



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. ° 272-2018-OEFA/DEAM-STE

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

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

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

KILMENIA LUNA CAMPOS
Tercero Evaluador

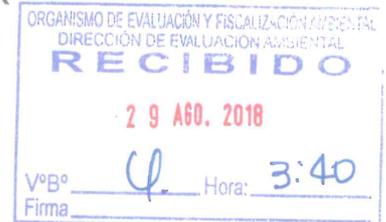
JACQUELINE JANNET PECHUGA MELGAR
Tercero Evaluador

JOSÉ SOCRATES PANCCA CHINO
Tercero Evaluador

RICHARD TEODORO JULCA CRUZ
Especialista de Evaluaciones Ambientales

JONATHAN BENJAMIN CASTILLO AVALOS
Tercero Evaluador

LUCILA NATHALI PINTO CIEZA
Tercero Evaluador



ASUNTO : Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja durante el 2017 y 2018

REFERENCIA : Planefa 2017 y Planefa 2018

FECHA : Lima, 29 AGO. 2018 2018-104-33038

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

1. INFORMACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA

Datos generales de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja

a.	Ubicación general	Distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia del proyecto minero La Granja
c.	Antecedentes	Planefa 2017 y Planefa 2018
d.	Objetivo general	Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero La Granja
e.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental temprana



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»

Cantidad de puntos evaluados por matriz en el área de influencia del proyecto minero La Granja de Río Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. durante el 2017 y 2018.

a.	Fecha de comisión	Primer monitoreo	2/09/2017 al 14/09/2017		
		Segundo monitoreo	7/02/2018 al 21/02/2018		
b.	Puntos evaluados	Primer monitoreo			
		Agua superficial	41		
		Hidrobiología	Perifiton	20	
			Macroinvertebrados	20	
		Sedimento	16		
		Suelo	25		
		Aire	02		
		Segundo monitoreo			
		Agua superficial	48		
		Hidrobiología	Perifiton	41	
			Macroinvertebrados	28	
			Peces	17	
		Sedimento	08		
Suelo	80				

Parámetros que incumplieron la normativa en el área de influencia del proyecto minero La Granja de Río Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. durante el 2017 y 2018 para agua superficial, sedimentos y suelo.

Matriz	Parámetro	Puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente ⁽¹⁾
Agua	pH	<p>Ríos y quebradas</p> <p><u>Primer monitoreo (época seca):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada de Los Derrumbes (QSnbr2) Río La Lima (RLLim2) Quebrada Tendal (QTend1) Quebrada sin nombre (QSnbr1) Quebrada Salada (QSald1) Río Paltic (RPalt2 y RPalt3) <p><u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada de Los Derrumbes (QSnbr2) Quebrada Chorro Blanco (QSnbr5) Quebrada Peña Brava (QPSol1) Quebrada Salada (QSald1) <p>Manantiales</p> <p><u>Primer monitoreo (época seca):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío La Palma (FLPal1) Manantial del centro poblado Paraguay (FPara1) Manantial del caserío Santa Isabel (FSIsa1) Manantial del caserío Checos (FNatu5) <p><u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío La Lima (FNatu6) Manantial del centro poblado Paraguay (FPara1) Manantial FNatu7 Manantial del caserío Checos (FNatu5)
	Oxígeno disuelto	<p>Manantiales</p> <p><u>Primer monitoreo (época seca):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío Checos (FNatu5) Manantial del caserío La Pampa (FLPam1) Manantial del caserío La Fila (FLFi1)



Handwritten notes and signatures in blue ink:

- 1
- K
- H
- P
- A
- +
- LPC



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

Matriz	Parámetro	Puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente ⁽¹⁾
		<u>Segundo monitoreo (época lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío La Lima (FNatu6) Manantial del caserío Checos (FNatu5) Manantial del caserío La Pampa (FLPam1) Manantial del caserío La Fila (FLFil1) Manantial del caserío El Sauce (FNatu4)
	Aluminio total	Ríos y quebradas <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Salada (QSald1) Río Paltic (RPalt6) <u>Segundo Monitoreo (época de lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Salada (QSald1) Quebrada Honda (QHond2) Manantiales <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío La Iraca (FNatu1)
	Cadmio total	Ríos y quebradas <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Salada (QSald1) <u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Peña Brava (QPSol1) Quebrada Salada (QSald1)
	Cobre total	Ríos y quebradas <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Salada (QSald1) <u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Peña Brava (QPSol1) Quebrada Salada (QSald1)
	Hierro total	Ríos y quebradas <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Río Paltic (RPalt6) <u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Honda (QHond2) Manantiales <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío La Iraca (FNatu1) <u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío La Iraca (FNatu1) Manantial del caserío Checos (FNatu5)
	Manganeso total	Ríos y quebradas <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Salada (QSald1) Río Paltic (RPalt6) <u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Peña Brava (QPSol1) Quebrada Salada (QSald1) Quebrada Honda (QHond2) Afloramiento <u>Primer monitoreo (época seca):</u> <ul style="list-style-type: none"> Afloramiento (PPerf2) <u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u>



↑

W

P

*

+

UPC



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

Matriz	Parámetro	Puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente ⁽¹⁾
		<ul style="list-style-type: none"> Afloramiento (PPerf2)
	Zinc total	<p>Ríos y quebradas</p> <p><u>Segundo Monitoreo (época de lluvia):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Peña Brava (QPSol1)
	Arsénico total	<p><u>Primer monitoreo (época seca):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1). Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Río La Lima (SED-RLLim2) Río La Ayraca (SED-RLIra1, SED-RLIra2, SED-RLIra3 y SED-RLIra4). Quebrada Salada (SED-QSald1) Quebrada Checos (SED-QChec3) Quebrada Honda (SED-QHond1 y SED-QHond2) Río Paltic (SED-RPalt1, SED-RPalt4, SED-RPalt5, SED-QMPas1 y SED-RPalt6) <p><u>Segundo monitoreo (época de lluvia):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada sin nombre 4 (SED-QSnbr4) Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Quebrada Tendal (SED-QTend1) Quebrada Salada (SED-QSald1) Quebrada sin nombre 1 (SED-QSnbr1) Quebrada Honda (SED-QHond1) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1)
		<p><u>Primer monitoreo (época seca):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1) Río La Ayraca (SED-RLIra2 y SED-RLIra4) Río Paltic (SED-RPalt5)
	Sedimento	
	Cadmio total	<p><u>Segundo monitoreo época de lluvia:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada sin nombre 4 (SED-QSnbr4) Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Quebrada sin nombre 1 (SED-QSnbr1) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1)
	Cobre total	<p><u>Primer monitoreo época seca:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Río La Lima (SED-RLLim2) Río La Ayraca (SED-RLIra1, SED-RLIra2, SED-RLIra3 y SED-RLIra4) Quebrada Salada (SED-QSald1) Quebrada Checos (SED-QChec3) Quebrada Honda (SED-QHond2) Río Paltic (SED-RPalt1, SED-RPalt4, SED-RPalt5 y SED-RPalt6) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1) <p><u>Segundo monitoreo época de lluvia:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada sin nombre 4 (SED-QSnbr4) Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Quebrada Tendal (SED-QTend1)



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, a star, and various initials.



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

Matriz	Parámetro	Puntos que incumplieron la norma
		Norma vigente ⁽¹⁾
		<ul style="list-style-type: none"> Quebrada sin nombre 1 (SED-QSnbr1) Quebrada Salada (SED-QSald1) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1)
	Mercurio total	<u>Primer monitoreo época seca:</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) <u>Segundo monitoreo época de lluvia:</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1)
	Plomo total	<u>Primer monitoreo época seca:</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Río La Lima (SED-RLLim2) Río La Ayraca (SED-RLIra2, SED-RLIra3 y SED-RLIra4) Quebrada Salada (SED-QSald1) Quebrada Honda (SED-QHond2) Río Paltic (SED-RPalt1, SED-RPalt4, SED-RPalt5 y SED-RPalt6) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1) <u>Segundo monitoreo época de lluvia:</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada sin nombre 4 (SED-QSnbr4) Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Quebrada Tendal (SED-QTend1) Quebrada sin nombre 1 (SED-QSnbr1) Quebrada Salada (SED-QSald1) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1)
	Zinc total	<u>Primer monitoreo época seca:</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Río La Ayraca (SED-RLIra2 y SED-RLIra4) Río Paltic (SED-RPalt1, SED-RPalt4 y SED-RPalt5) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1) <u>Segundo monitoreo época de lluvia:</u> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada sin nombre 4 (SED-QSnbr4) Quebrada Pampa Verde (SED-QPVer1) Quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) Quebrada sin nombre 1 (SED-QSnbr1) Quebrada Mal Paso (SED-QMPas1)
Suelo ⁽²⁾	Arsénico total	<ul style="list-style-type: none"> Microcuenca La Laja: SLG-41*, SLG-42, SLG-47, SLG-48*, SLG-49, SLG-50*, SLG-53*, SLG-58*, SLG-62* y SLG-63 Microcuenca Ayraca: SLG-43, SLG-44*, SLG-75, SLG-78. Microcuenca Checos: SLG-34*, SLG-35, SLG-36, SLG-37*, SLG-56, SLG-61 y SLG-74 Microcuenca Honda: SLG-45* y SLG-46* Subcuenca Paltic: SLG-01, SLG-02, SLG-03, SLG-04, SLG-05*, SLG-07, SLG-10, SLG-21, SLG-25, SLG-26, SLG-28, SLG-29.
	Cadmio total	<ul style="list-style-type: none"> Microcuenca La Laja: SLG-48, SLG-63, SLG-64, SLG-67y SLG-68. Microcuenca Ayraca: SLG-43, SLG-44 y SLG-75. Subcuenca Paltic: SLG-02, SLG-03, SLG-04, SLG-05, SLG-06, SLG-72 y SLG-10.



Handwritten signatures and initials: K, P, +, UC



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

Table with 3 columns: Matriz, Parámetro, and Puntos que incumplieron la norma Norma vigente(1). The parameter 'Plomo total' is listed with various sampling points (SLG-41*, SLG-47, SLG-48*, SLG-50, SLG-53, SLG-58, SLG-62, SLG-63 y SLG-65, etc.).

(1) Agua: D.S. N.º 004-2017-MINAM
Suelo: D.S. N.º 011-2017-MINAM
Sedimento: Comparado referencialmente con la «Guía de Calidad Ambiental Canadiense para Sedimentos de Aguas Continentales» (Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for freshwater)
(2) Los puntos señalados con asterisco (*) indican que superan el ECA para suelo de uso industrial y los demás puntos solo superan el ECA para suelo de uso agrícola.

2. PRINCIPALES CONCLUSIONES

- Para realizar el análisis de la evaluación ambiental se dividió el área de estudio en cuatro microcuencas y una subcuenca. Las principales conclusiones por zona se desarrollan a continuación.

Zona I: Microcuenca La Laja

- Los parámetros evaluados en la quebrada La Laja (QLLaj1 – RLLim1) y sus tributarios Pampa Verde (QPVer1) y Sin Nombre 4 (QSnbr4) cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (D.S. N.º. 004-2017-MINAM) cuyas aguas se clasifican como bicarbonatadas cálcicas, que podría estar relacionado a las características geológicas (rocas silicoclásticas de la formación Inca Chulec Pariatambo). Además, se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento de las quebradas (Pampa Verde y Sin Nombre 4) que superaron los valores de la norma de referencia (Canadian Environmental Quality Guidelines [CEQG]), los mismo que no influyen en la calidad del agua ni el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, debido a que presentaron una distribución homogénea de la riqueza, abundancia y diversidad del perifiton y los macroinvertebrados bentónicos.
Los parámetros analizados en el río La Lima (RLLim2), ubicado en la parte baja de la microcuenca, cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017), a excepción del valor de pH (6,36), que fue ligeramente ácido solo en la temporada seca; sin embargo, presentó los menores valores de riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas en comparación con los demás puntos.
Se debe considerar que la parte baja del río recibe el aporte de las quebradas de Los Derrumbes (QSnbr2) y Chorro Blanco (QSnbr5) afectadas por procesos de geodinámica externa, y quebrada Agua del Peón (QAPe01) que cumplió con el estándar de comparación con facie bicarbonatada cálcica y presentó el mejor desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, las que por sus características no estarían afectando la calidad biológica del agua en la parte baja; sin embargo, la calidad biológica de la quebrada Peña Brava (QPSol1) que es mala según el Índice Biótico Andino, podría tener influencia sobre la parte baja. Además, se debe considerar la cercanía de esta zona a plataformas de perforación y pasivos mineros.



Handwritten notes and initials in blue ink: 1, K, H, P, A, +, RC



- En la quebrada Peña Brava (QPSol1), aportante al río La Lima por la margen derecha, se evidencia la presencia de sólidos suspendidos totales en el agua y concentraciones de cadmio, cobre, manganeso y zinc que superan el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (2017), los cuales según el análisis de Tessier se encuentran biodisponibles en los sedimentos. Estas características tienen influencia sobre la riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas las que son menores en comparación con las demás quebradas, no encontrándose especies de macroinvertebrados calificadas como sensibles. Se debe considerar que, en su parte media existen plataformas ejecutadas y que en esta zona se presentan las mayores concentraciones de metales en suelo.
- Los parámetros evaluados en el afloramiento PPerf2, ubicado cerca de la plataforma ejecutada con código 317, cumplió el Estándar de Calidad para Agua categoría 3 (2017) comparada referencialmente, a excepción del manganeso que lo incumplió, además de clasificarse como sulfatada cálcica, y presentar características neutras y bajas concentraciones de metales según el diagrama de Fickling. Cabe señalar, que el afloramiento se emplaza sobre rocas dioríticas y dacíticas.
- De los 16 puntos evaluados para suelos en la microcuenca La Laja, las concentraciones de arsénico (8 puntos), cadmio (5 puntos), plomo (9 puntos) incumplen los ECA para suelo de uso agrícola, en tanto que para arsénico (6 puntos) y plomo (2 puntos) superaron el ECA para suelo de uso industrial; sin embargo, el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares mencionados. Además, para caracterización edáfica se evaluaron 4 puntos que presentaron una textura franco arcillosa, buen intercambio catiónico, ligera acidez y nivel de medio a alto contenido de materia orgánica.



Zona II: Microcuenca La Ayraca

- Los parámetros evaluados en el río La Granja (RLGra1), quebrada Tendal (QTend1), el río La Ayraca (RLIra1) y la quebrada sin nombre 1 (QSnbr1), ubicados en la parte alta de la microcuenca, no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua para la categoría 3 (2017), a excepción de valores de pH con carácter ligeramente ácido para la época seca en la quebrada Tendal y Sin nombre 1, presentando una buena calidad biológica (según el Índice Biótico Andino) y los mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces). Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia (CEQG) no influyen en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- La quebrada Salada (QSald1), ubicada aguas abajo del pasivo minero (bocamina BC-01), emplazada dentro de la zona mineralizada presentó valores de pH ácido y concentraciones de aluminio, cadmio, cobre y manganeso que incumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), clasificada como sulfatada cálcica y ácida con alta carga de metales con alta carga de metales de acuerdo al diagrama de Ficklin, además se evidenció la presencia de arsénico, cobre y plomo en sedimento que incumplen la norma de referencia (CEQG), los cuales se encuentran biodisponibles según el análisis de Tessier. Asimismo, según el Índice Biótico Andino (ABI) presenta una calidad mala, siendo la especie más abundante *Lopescladius* sp., cuya presencia indica afectación hídrica.



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

- Los parámetros analizados en los puntos RLlra2, RLlra3 y RLlra4 en el río La Ayraca, ubicados en la parte baja de la microcuenca, no superaron los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), a excepción del pH que solo supero en una época para el punto RLlra2; sin embargo presentaron una calidad biológica moderada (según el Índice Biótico Andino), en comparación con los puntos aguas arriba que presentaron calidad buena, lo que se debería al aporte de la quebrada Salada, la cual presenta una calidad biológica mala, y a las actividades propias de la exploración desarrolladas en esta zona. Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia (CEQG) no influye en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- De los 8 puntos evaluados para suelos en la microcuenca La Ayraca, las concentraciones de arsénico (3 puntos), cadmio (3 puntos), plomo (2 puntos) incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que solo las concentraciones de arsénico (1 punto) y plomo (1 punto) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Cabe señalar, que el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares mencionados.

Zona III: Microcuenca Checos

- Los parámetros evaluados en la quebrada Checos (QChec1, QChec2 y QChec3) y en su tributario (quebrada sin nombre 3 [QSnbr3]) no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017) presentando un comportamiento similar en cuanto a la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas, y una calidad biológica moderada (según el Índice Biótico Andino). Además, se debe destacar que las concentraciones de arsénico y cobre en sedimentos, que superaron los valores de la norma de referencia CEQG, no influyen en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- Los parámetros evaluados en el manantial del caserío Checos (FNatu5) cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 1, subcategoría A1 (2017); a excepción de los parámetros pH (época seca= 6,26 y época de lluvia= 6,22), oxígeno disuelto y hierro que lo incumplieron. Según el análisis hidroquímico se clasifica como sulfatada cálcica y cercano a la neutralidad con baja carga de metales de acuerdo al diagrama de Ficklin. La ligera acidez del manantial podría estar relacionado con su cercanía a los cuerpos intrusivos ígneos; y las concentraciones de hierro estarían relacionadas a los diferentes mecanismos de transporte como la escorrentía e infiltración que a través de la interacción agua-roca aportarían hierro al manantial, siendo el cerro Paja Blanca la mayor fuente de aporte, al ser parte de la zona mineralizada (zona óxidos).
- De los 15 puntos evaluados para suelos en la microcuenca Checos las concentraciones de arsénico (5 puntos) y plomo (2 puntos), incumplen los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que el arsénico (2 puntos) y plomo (1 punto) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Sin embargo, el bario, cromo, cadmio y mercurio no superaron los estándares mencionados. Además, solo para la caracterización edáfica se evaluaron 2 puntos que presentaron textura franca, no salino, materia orgánica de medio a alto y ligera acidez.



↓
K
HA
D
A
T
RE

**Zona IV: Microcuenca Honda**

- Los parámetros evaluados en la parte alta de la quebrada Honda (QHond1) no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017) y se encuentra clasificada como bicarbonatada cálcica; sin embargo, presenta una baja riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas en ambas épocas, y calidad biológica mala (según el Índice Biótico Andino), provocada por las características geomorfológicas (ladera de montañas con pendientes de moderada a alta) y por el tipo de sustrato del cauce (grava y arena).
- La parte baja de la quebrada Honda (QHond2) clasificada como bicarbonatada cálcica, superó los valores de manganeso, hierro y aluminio establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017) solo en época de lluvia; asimismo de acuerdo al análisis del comportamiento de metales disueltos y suspendidos, los metales que superaron el estándar presentaron porcentajes predominantes (mayores al noventa por ciento) en su forma suspendida, que se relaciona con elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales. Cabe resaltar que el punto presenta calidad biológica mala (según el Índice Biótico Andino) al igual que la parte alta de la quebrada (QHond1), al presentar las mismas características geomorfológicas.
- Los parámetros evaluados en los manantiales ubicados en los caseríos Paraguay (FPara1), Santa Isabel (FSIsa1) y La Palma (FPal1 y FNatu7) cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 1, subcategoría A1 (2017); a excepción del pH en todos los puntos (ligeramente ácido [5,96 – 6,28]) que incumplió en al menos una época. Asimismo, según el análisis hidroquímico, las aguas de los manantiales (FPara1, FSIsa1 y FPal1) se clasifican como bicarbonatadas cálcicas, a excepción del punto FNatu7 (evaluado solo en época de lluvia) que presentó una facie sulfatada cálcica, debido a su cercanía al afloramiento de roca diorítica. Por otro lado, los manantiales fueron clasificados con pH cercano a la neutralidad y baja carga de metales de acuerdo al diagrama de Ficklin.
- De los 5 puntos evaluados para suelos en la microcuenca Honda las concentraciones de arsénico (2 puntos) superó el ECA para suelo de uso agrícola e industrial; sin embargo el bario, cromo, cadmio, mercurio y plomo cumplieron con el estándar mencionado. Además, solo para la caracterización edáfica se evaluaron 8 puntos que presentan textura franco arcilloso principalmente, pH ácido, buena capacidad de intercambio catiónico y un nivel medio a alto de materia orgánica



↑
K
H
D

A
T
LA

Zona V: Subcuenca Paltic

- La parte alta del río Paltic (RPalt1) recibe el aporte de los ríos La Ayraca (RLIra4) y La Lima (RLLim2), este último presentó un valor de pH con carácter ligeramente ácido en época seca y una calidad biológica mala en ambas épocas (según el Índice Biótico Andino). Sin embargo, no se observó una alteración sobre la calidad del agua en el punto RPalt1, presentando una facie sulfatada cálcica y cumpliendo con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3 (2017) en ambas épocas. Además, permitió el buen desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, a pesar de presentar concentraciones de plomo, zinc, arsénico y cobre en sedimentos. Esto se debería al aporte del río La Ayraca, que presentó una alta abundancia y diversidad de especies, y una calidad biológica buena para ambas épocas, lo que favoreció a que el río Paltic presente condiciones



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

adecuadas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, presentando alta diversidad y abundancia.

- Siguiendo el cauce del río Paltic, en los parámetros evaluados en los puntos RPalt2 y RPalt3 no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), a excepción de pH (6.46) que solo incumplió en época seca; asimismo, las aguas se clasifican como sulfatadas cálcicas. Además, se observó un incremento de sólidos suspendidos totales (de 3 a 142 mg/L) en época de lluvia, que se debería a los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce, lo que se vio reflejado en la calidad biológica del agua que varió de moderada (época seca) a mala (época de lluvia), según el Índice Biótico Andino.
- Otro aportante al río Paltic es la quebrada Checos (QChec3), que estaría influenciando en la reducción de la concentración de sólidos suspendidos totales con respecto al punto RPalt3, lo que se ve reflejado en la recuperación del río Paltic en los puntos RPalt4 y RPalt5. Por otro lado, los parámetros evaluados en el río Paltic (RPalt4 y RPalt5) no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017) y se presentó una mejora en la calidad biológica de moderada (época seca) a buena (época de lluvia) en el punto RPalt4; mientras que en el punto RPalt5 presentó una calidad biológica de moderada (época seca) a mala (época de lluvia), según el Índice Biótico Andino. Además, la presencia de arsénico, cobre, plomo y zinc en sedimento no influenciaron en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- La quebrada Honda (QHond2), tributaria del río Paltic por la margen derecha, presentó concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que incumplieron el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017) en época de lluvia, clasificada como bicarbonatada cálcica según el diagrama de Piper y presentó calidad biológica mala. Asimismo, los parámetros evaluados en la quebrada Mal Paso (QMpas1), aportante del río Paltic (margen izquierda), no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), clasificada como bicarbonatada cálcica según el diagrama de Piper; y presentó la más alta riqueza, abundancia y diversidad, así como la mejor calidad biológica (según el Índice Biótico Andino) en comparación con las demás quebradas.
- En la parte baja del río Paltic (RPalt6) todos los parámetros evaluados cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), a excepción de aluminio, hierro y manganeso que incumplió solo en época seca; posiblemente debido al desarrollo de actividades de remoción de cauce. Además, el análisis del comportamiento de metales disueltos y suspendidos, de los metales que superaron el ECA presentaron porcentajes predominantes en su forma suspendida, que se relaciona con las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales. En toda esta zona la calidad biológica es buena, debido a la influencia de la quebrada Mal Paso, que contribuye en la recuperación de la calidad en este tramo del río.
- De los 36 puntos evaluados para suelos en la subcuenca Paltic las concentraciones de arsénico (11 puntos), cadmio (7 puntos) y plomo (12 puntos) superaron el ECA para suelo de uso agrícola, en tanto que solo el arsénico (1 punto) superó el ECA para suelo de uso industrial; sin embargo, el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares en mención. Además, solo para la caracterización edáfica se evaluaron 8 puntos que presentan textura franco arcillosa, acidez, buena cantidad



↑
R
H
P
A
↑
JPC



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»

de materia orgánica, no salinos y presentan de moderada a buena capacidad de intercambio catiónico.

- De la comparación referencial de los resultados de metales en sedimento y suelo (todos los puntos evaluados) con los valores de la corteza terrestre, presentaron la misma tendencia; a excepción del cobre, molibdeno, plomo, zinc y arsénico que fueron mayores a los valores de la corteza. Lo que estaría relacionado a la mineralización que presenta el yacimiento «La Granja», el mismo que se encuentra en la franja «Metalogenética XX de pórfidos Cu-Mo del cretácico superior». Observándose que la mayor concentración de los metales en mención se encuentran en los cerros Paja Blanca y El Mirador.
- Las concentraciones de material particulado menores a 10 micras, en los centros poblado La Granja (CA-LGran1) y Paraguay (CA-Parag1), cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para aire (Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM); además, las concentraciones de los metales totales evaluados en los 2 puntos cumplieron la normativa canadiense comparada referencialmente (AAQC, 2012). Sin embargo, las mayores concentraciones de material particulado y metales en el aire se encuentran en el centro poblado La Granja (CA-LGran1), lo que estaría asociado a su cercanía con la zona mineralizada, resuspensión del material particulado de los suelos posiblemente ocasionados por el tránsito vehicular en las zonas de acceso y áreas sin cobertura vegetal.
- El desarrollo completo del análisis de resultados se encuentra en el informe adjunto al presente documento.

3. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero La Granja de Río Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. durante el 2017 y 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.
- Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental para los fines que se estimen convenientes.

Atentamente:

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

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



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»

KILMENIA LUNA CAMPOS
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

JACQUELINE JANNET PECHUGA MELGAR
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

JOSÉ SOCRATES PANCCA CHINO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

RICHARD TEODORO JULCA CRUZ
Especialista de Evaluaciones Ambientales
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

JONATHAN BENJAMÍN CASTILLO ÁVALOS
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

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

Lima, 29 AGO. 2018

Visto el Informe n.º 212 -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»

Oefa

Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO MINERO LA GRANJA – DURANTE EL 2017 Y 2018



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2018

↑
✗
✗
P
A
+
UPC



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.....	1
2.1.	Actividad de exploración.....	2
2.2.	Recopilación, revisión y análisis de la información.....	2
2.1.1.	Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA).....	2
2.1.2.	Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora.....	3
2.1.3.	Estudios realizados por otras entidades del sector.....	3
2.1.4.	Denuncias ambientales.....	3
3.	OBJETIVOS.....	3
3.1.	Objetivo general.....	3
3.2.	Objetivos específicos.....	4
4.	ÁREA DE ESTUDIO.....	4
5.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	5
5.1	Etapas previas a la ejecución del monitoreo.....	6
5.1.1.	Visita de reconocimiento.....	6
5.1.2.	Coordinación previa con los actores involucrados y convocatoria e inscripción a los programas de inducción.....	6
5.1.3.	Realización de la inducción y taller para la presentación de la propuesta del plan de la evaluación ambiental temprana.....	7
5.2	Ejecución de la evaluación ambiental temprana.....	8
5.3	Actores involucrados.....	10
6.	METODOLOGÍA.....	11
6.1	Calidad de agua.....	11
6.1.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	12
6.1.2	Ubicación de puntos.....	12
6.1.3	Parámetros y métodos de análisis.....	17
6.1.4	Equipos utilizados.....	20
6.1.5	Aseguramiento de la calidad.....	20
6.1.6	Criterios de comparación.....	21
6.1.7	Análisis de datos.....	22
6.2	Suelo.....	29
6.2.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	30
6.2.2	Ubicación de puntos.....	30
6.2.3	Parámetros y métodos de análisis.....	35
6.2.4	Equipos utilizados.....	36
6.2.5	Criterios de comparación.....	36
6.3	Aire.....	37
6.3.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	37
6.3.2	Ubicación de puntos.....	37
6.3.3	Parámetros y métodos de análisis.....	38
6.3.4	Equipos utilizados.....	39
6.3.5	Criterios de comparación.....	40
6.4	Sedimento.....	40
6.4.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	40
6.4.2	Ubicación de puntos.....	41
6.4.3	Parámetros y métodos de análisis.....	43
6.4.4	Equipos utilizados.....	43
6.4.5	Criterios de comparación.....	44
6.5	Comunidades hidrobiológicas.....	44
6.5.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	44
6.5.2	Ubicación de puntos.....	45



Handwritten marks and initials on the left margin: an arrow pointing up, a checkmark, a hash symbol, the letter 'P', a plus sign, and the initials 'UC'.



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»

6.5.3	Parámetros y métodos de análisis	49
6.5.4	Equipos utilizados.....	49
6.5.5	Aseguramiento de la calidad	50
6.5.6	Análisis de datos.....	50
7.	RESULTADOS	56
7.1	Comparación con la norma vigente.....	58
7.1.1.	Zona I: Microcuenca La Laja	58
7.1.2.	Zona II: Microcuenca La Ayraca.....	77
7.1.3.	Zona III: Microcuenca Checos.....	92
7.1.4.	Zona IV: Microcuenca Honda.....	104
7.1.5.	Zona V: Subcuenca Paltic.....	117
7.2.	Comparación referencial con otros estándares para calidad de sedimentos.....	138
7.2.1.	Zona I: Microcuenca La Laja	138
7.2.2.	Zona II: Microcuenca La Ayraca.....	143
7.2.3.	Zona III: Microcuenca Checos.....	147
7.2.4.	Zona IV: Microcuenca Honda.....	147
7.2.5.	Zona V: Subcuenca Paltic.....	149
7.3.	Estudios especializados	152
7.3.1.	Zona I: Microcuenca La Laja	152
7.3.2.	Zona II: Microcuenca La Ayraca.....	179
7.3.3.	Zona III: Microcuenca Checos.....	212
7.3.4.	Zona IV: Microcuenca Honda.....	240
7.3.5.	Zona V: Subcuenca Paltic.....	256
7.3.6.	Manantiales	293
8.	DISCUSIÓN.....	301
8.1	Zona I: Microcuenca La Laja	309
8.2	Zona II: Microcuenca La Ayraca.....	324
8.3	Zona III: Microcuenca Checos.....	334
8.4	Zona IV: Microcuenca Honda.....	340
8.5	Zona V: Subcuenca Paltic.....	346
9.	CONCLUSIONES.....	361
9.1	Zona I: Microcuenca La Laja	361
9.2	Zona II: Microcuenca La Ayraca.....	362
9.3	Zona III: Microcuenca Checos.....	363
9.4	Zona IV: Microcuenca Honda.....	364
9.5	Zona V: Subcuenca Paltic.....	364
10.	RECOMENDACIONES	366
11.	ANEXOS	366
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	366



↑
K
GA
P
A
+
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto minero La Granja	2
Tabla 5-1. Actores sociales que participaron en el desarrollo de la EAT	10
Tabla 6-1. Referencias para el monitoreo de agua superficial, afloramientos, y efluentes. 12	
Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua	14
Tabla 6-3. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua proveniente de afloramientos cercanos a plataformas de perforación	17
Tabla 6-4. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua	18
Tabla 6-5. Equipos utilizados para el muestreo de agua en el área de influencia del proyecto minero La Granja	20
Tabla 6-6. Estándares de comparación de la calidad de agua	21
Tabla 6-7. Referencias para el muestreo de la calidad del suelo	30
Tabla 6-8. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja en época seca (septiembre 2017)	30
Tabla 6-9. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja en época de lluvia (febrero 2018)	31
Tabla 6-10. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio	35
Tabla 6-11. Equipos empleados para el muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja	36
Tabla 6-12. Referencias para el monitoreo de agua superficial, afloramientos, y efluentes	37
Tabla 6-13. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire en septiembre del 2017	38
Tabla 6-14. Métodos de ensayo utilizados por el laboratorio para el análisis de calidad de aire	38
Tabla 6-15. Características de los equipos y accesorios para el monitoreo de calidad de aire en el área de influencia del proyecto minero La Granja.	39
Tabla 6-16. Estándares nacionales de calidad ambiental del aire (2017)	40
Tabla 6-17. Estándar canadiense de calidad de aire	40
Tabla 6-18. Guías y protocolos de monitoreo para sedimentos en el proyecto minero La Granja	41
Tabla 6-19. Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos en el área de influencia del proyecto minero La Granja	41
Tabla 6-20. Parámetros y cantidad de puntos muestreo para sedimentos en el área de influencia del proyecto minero La Granja	43
Tabla 6-21. Equipos empleados para el muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja	43
Tabla 6-22. Guías de muestreo de comunidades hidrobiológicas en el proyecto minero La Granja	44
Tabla 6-23. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas	46
Tabla 6-24. Ubicación de los puntos de muestreo de manantiales para la colecta de perifiton	48
Tabla 6-25. Parámetros y métodos de ensayo utilizados para los análisis hidrobiológicos	49
Tabla 6-26. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas	49
Tabla 6-27. Características y puntuaciones hidromorfológica según el protocolo CERA-S	53
Tabla 6-28. Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S	54
Tabla 6-29. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI	54
Tabla 6-30. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI	55
Tabla 6-31. Escala de calidad ecológica de un río	56
Tabla 7-1. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca La Laja	65



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical line, a checkmark, 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»

Tabla 7-2. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca La Laja	65
Tabla 7-3. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en el afloramiento en la microcuenca La Laja	65
Tabla 7-4. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en ríos y quebradas en la microcuenca La Laja	66
Tabla 7-5. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca La Laja	66
Tabla 7-6. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en el afloramiento cercano a una plataforma de perforación en la microcuenca La Laja	66
Tabla 7-7. Metales en porcentajes variables en ríos y quebradas en la microcuenca La Laja	66
Tabla 7-8. Metales en porcentajes variables en manantiales en la microcuenca La Laja ..	67
Tabla 7-9. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca Laja.....	70
Tabla 7-10. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos en la microcuenca La Laja	71
Tabla 7-11. Clasificación de suelos según uso actual de suelos	72
Tabla 7-12. Resultados de análisis textural del suelo en el ámbito de influencia de la microcuenca La Laja	73
Tabla 7-13. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos en el ámbito de influencia de la microcuenca La Laja	74
Tabla 7-14. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC de los suelos de la microcuenca La Laja	74
Tabla 7-15. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca La Ayraca.....	82
Tabla 7-16. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca La Ayraca.....	82
Tabla 7-17. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en el afloramiento cercano a un pasivo ambiental en la microcuenca La Ayraca.....	82
Tabla 7-18. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca La Laja	83
Tabla 7-19. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en el afloramiento cercano a una plataforma de perforación en la microcuenca La Ayraca	83
Tabla 7-20. Metales en porcentajes variables en ríos y quebradas en la microcuenca La Ayraca.....	83
Tabla 7-21. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca La Ayraca.....	86
Tabla 7-22. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos	88
Tabla 7-23. Clasificación de suelos según uso actual de suelos	89
Tabla 7-24. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca Checos.....	95
Tabla 7-25. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca Checos.....	95
Tabla 7-26. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca Checos.....	95
Tabla 7-27. Metales en porcentajes variables en quebradas en la microcuenca de la quebrada Checos	96
Tabla 7-28. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca Checos	99
Tabla 7-29. Clasificación según la capacidad de uso mayor de suelos el ámbito de la microcuenca Checos.....	100
Tabla 7-30. Clasificación de uso actual de suelos para el ámbito de la microcuenca Checos	101



↑

K

ltk

P

★

+

LRC



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 7-31. Resultados de análisis textural del suelo en el ámbito de la microcuenca Checos.....	102
Tabla 7-32. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos en el ámbito de la microcuenca Checos.....	103
Tabla 7-33. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC en el ámbito de la microcuenca Checos.....	103
Tabla 7-34. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca Honda.....	108
Tabla 7-35. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca Honda.....	108
Tabla 7-36. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en quebradas en la microcuenca Honda.....	108
Tabla 7-37. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca Honda.....	109
Tabla 7-38. Metales en porcentajes variables en quebradas en la microcuenca Honda..	109
Tabla 7-39. Metales en porcentajes variables en manantiales en la microcuenca Honda	109
Tabla 7-40. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca Honda.....	112
Tabla 7-41. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos	113
Tabla 7-42. Clasificación de suelos según uso actual de suelos	114
Tabla 7-43. Resultados de análisis textural del suelo	115
Tabla 7-44. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos	116
Tabla 7-45. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC.....	116
Tabla 7-46. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la subcuenca del río Paltic	122
Tabla 7-47. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales de la subcuenca del río Paltic	122
Tabla 7-48. Metales en porcentajes variables en ríos y quebradas en la subcuenca Paltic	123
Tabla 7-49. Metales en porcentajes variables en manantiales en la subcuenca Paltic....	123
Tabla 7-50. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la subcuenca Paltic...	126
Tabla 7-51. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos en la subcuenca Paltic	128
Tabla 7-52. Clasificación de suelos según uso actual de suelos	129
Tabla 7-53. Resultados de análisis textural del suelo	130
Tabla 7-54. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos de la subcuenca Paltic...	131
Tabla 7-55. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC.....	131
Tabla 7-56. Parámetros meteorológicos de las estaciones de monitoreo	134
Tabla 7-57. Concentraciones de 24 horas de metales en la estación de monitoreo del centro poblado de la Granja - CA-LGran1	137
Tabla 7-58. Concentraciones de 24 horas de metales en la estación de monitoreo del centro poblado de Paraguay - CA-Parag1	137
Tabla 7-59. Resultados del análisis de metales totales para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Checos	147
Tabla 7-60. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca La Laja	154
Tabla 7-61. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Laja, evaluados en la época seca	156
Tabla 7-62. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Laja, evaluados en la época de lluvia.....	157



Handwritten notes and signatures in blue ink: an upward arrow, a checkmark, a signature, the letter 'P', a plus sign, and the initials 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-63. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja evaluado en la época seca 158

Tabla 7-64. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en la época de lluvia..... 159

Tabla 7-65. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca La Laja 161

Tabla 7-66. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca La Laja 164

Tabla 7-67. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época seca..... 166

Tabla 7-68. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época de lluvia 167

Tabla 7-69. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca La Laja..... 169

Tabla 7-70. Error de balance iónico de la microcuenca La Laja en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca 172

Tabla 7-71. Error de balance iónico de la microcuenca La Laja en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia..... 172

Tabla 7-72. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca La Ayraca..... 182

Tabla 7-73. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Ayraca, evaluados en época de lluvia 183

Tabla 7-74. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Ayraca, evaluados en el mes de febrero de 2018..... 184

Tabla 7-75. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época seca 185

Tabla 7-76. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja en la época de lluvia 186

Tabla 7-77. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca La Ayraca 188

Tabla 7-78. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca La Ayraca 191

Tabla 7-79. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época seca 193

Tabla 7-80. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca evaluados en la época de lluvia 194

Tabla 7-81. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca La Ayraca. 196

Tabla 7-82. Composición, riqueza y abundancia de peces (necton) en la microcuenca La Ayraca..... 198

Tabla 7-83. Error de balance iónico de la microcuenca La Ayraca en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca 204

Tabla 7-84. Error de balance iónico de la microcuenca La Ayraca en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia..... 204

Tabla 7-85. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca Checos..... 214

Tabla 7-86. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca Checos, evaluados en época seca..... 216



↑
x
H
P
f
+
LPC



Tabla 7-87. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca Checos, evaluados época de lluvia 217

Tabla 7-88. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época seca..... 217

Tabla 7-89. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época de lluvia 219

Tabla 7-90. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca Checos 221

Tabla 7-91. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca Checos 223

Tabla 7-92. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época seca 225

Tabla 7-93. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos evaluados en la época de lluvia 226

Tabla 7-94. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca Checos. 228

Tabla 7-95. Composición, riqueza y abundancia de peces (necton) en la microcuenca Checos..... 230

Tabla 7-96. Error de balance iónico de la microcuenca Checos en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca 231

Tabla 7-97. Error de balance iónico de la microcuenca Checos en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia..... 231

Tabla 7-98. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca Honda..... 242

Tabla 7-99. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca Honda..... 243

Tabla 7-100. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca Honda..... 246

Tabla 7-101. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca Honda 247

Tabla 7-102. Error de balance iónico de la microcuenca Honda en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca 249

Tabla 7-103. Error de balance iónico de la microcuenca Checos en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia..... 249

Tabla 7-104. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la subcuenca Paltic 261

Tabla 7-105. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la subcuenca Paltic, evaluados en la época seca 263

Tabla 7-106. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la subcuenca Paltic, evaluados en la época de lluvia..... 264

Tabla 7-107. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época seca 264

Tabla 7-108. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época de lluvia..... 266

Tabla 7-109. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la subcuenca Paltic..... 273

Tabla 7-110. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época seca 275



Handwritten blue marks: an arrow pointing up, a checkmark, a plus sign, and the letters 'P', '+', '+', and 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-111. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic evaluados en la época de lluvia..... 276

Tabla 7-112. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la Subcuenca Paltic..... 278

Tabla 7-113. Composición, riqueza y abundancia de peces (necton) en la subcuenca Paltic..... 281

Tabla 7-114. Error de balance iónico de la subcuenca Paltic en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca..... 284

Tabla 7-115. Error de balance iónico de la subcuenca Paltic en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia..... 284

Tabla 7-116. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en los manantiales..... 295

Tabla 7-117. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en los manantiales, evaluados en época de lluvia..... 297

Tabla 7-118. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en los manantiales, evaluados en época de lluvia.... 297

Tabla 7-119. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en los manantiales..... 300

Tabla 7-120. Diversidad alfa de los microorganismos de los manantiales..... 300



↑

✗

✗

P

✗

+

LC



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 FIGURAS

Figura 4-1. Ubicación del proyecto minero La Granja	5
Figura 5-1. Reunión de coordinación con los actores involucrados de los caseríos en el centro poblado La Granja.....	7
Figura 5-2. Personal del OEFA presentando la propuesta del plan de monitoreo de la evaluación ambiental temprana, en el local comunal del centro poblado de La Granja.....	8
Figura 5-3. Personal del OEFA y representante del caserío Nuevo Amanecer realizando la medición de los parámetros de campo	9
Figura 5-4. Personal del OEFA y representantes del caserío Santa Isabel realizando la medición de los parámetros de campo	10
Figura 6-1. Diagrama de Piper	24
Figura 6-2. Diagrama de Piper	25
Figura 6-3. Diagrama de Stiff	26
Figura 6-4. Diagrama de Stiff en relación a la mineralización	26
Figura 6-5. Diagrama de Schöeller – Berkaloff.....	27
Figura 6-6: Diagrama de Schöeller – Berkaloff.....	27
Figura 6-7. Casos de relaciones iónicas.....	28
Figura 6-8. Diagrama de Ficklin	29
Figura 7-1. Mapa de ubicación de microcuencas en el área de influencia del proyecto minero La Granja	57
Figura 7-2. Representación gráfica del modelo conceptual de los posibles mecanismos de transporte y el área recepción del contaminante.....	58
Figura 7-3. Valores de a) pH y concentraciones de b) oxígeno disuelto, c) aluminio total y d) hierro total en los manantiales de la microcuenca La Laja.....	59
Figura 7-4. Resultados de pH en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja.....	61
Figura 7-5. Concentración de cadmio total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja	61
Figura 7-6. Concentración de cobre total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja	62
Figura 7-7. Concentración de manganeso total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja.....	62
Figura 7-8. Concentración de zinc total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja	63
Figura 7-9. Concentración de manganeso total en el punto PPerf2.....	63
Figura 7-10. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja en época seca	68
Figura 7-11. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja en época de lluvia.....	68
Figura 7-12. Relación de calcio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja en época seca	69
Figura 7-13. Relación de calcio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja (época lluviosa).....	69
Figura 7-14. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca La Laja	71
Figura 7-15. Clasificación según capacidad de uso mayor de suelos en la microcuenca La Laja	72
Figura 7-16. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca La Laja	73
Figura 7-17. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja.....	75
Figura 7-18. Resultados de la concentración de cadmio total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja.....	76
Figura 7-19. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja	76



↑
K
H
P
A
+
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 7-20. Resultados de pH en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca	78
Figura 7-21. Concentración de aluminio total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca.....	78
Figura 7-22. Concentración de cadmio total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca.....	79
Figura 7-23. Concentración de cobre total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca.....	79
Figura 7-24. Concentración de manganeso total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca.....	80
Figura 7-25. Concentración de pH en el punto PPerf1	80
Figura 7-26. Relación de la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época seca	84
Figura 7-27. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época de lluvia	85
Figura 7-28. Relación de bario disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época seca.....	85
Figura 7-29. Relación de bario disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época de lluvia	86
Figura 7-30. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca La Ayraca	88
Figura 7-31. Clasificación según la capacidad mayor de suelos en la microcuenca Ayraca	89
Figura 7-32. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca La Ayraca.....	90
Figura 7-33. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca	91
Figura 7-34. Resultados de la concentración de cadmio total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca	91
Figura 7-35. Resultados de la concentración de plomo total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca	92
Figura 7-36. Concentraciones de calidad de agua en manantiales de la microcuenca Checos. a. pH, b. Oxígeno disuelto y c. Hierro total.	93
Figura 7-37. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época seca.....	97
Figura 7-38. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época de lluvia	97
Figura 7-39. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época seca	98
Figura 7-40. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época de lluvia.....	98
Figura 7-41. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca Checos	100
Figura 7-42. Clasificación de capacidad de uso mayor de suelos en la microcuenca Checos	101
Figura 7-43. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca Checos.....	102
Figura 7-44. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Checos	104
Figura 7-45. Resultados de la concentración de plomo total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Checos	104
Figura 7-46. Concentraciones de pH en manantiales de la microcuenca Honda	105
Figura 7-47. Concentraciones de a) aluminio total, b) hierro total y c) manganeso total de agua en ríos y quebradas de la microcuenca Honda	106
Figura 7-48. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) microcuenca Honda en época seca	110



↓

↓

↓

P

↓

↓

40



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. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Honda en época de lluvia..... 110

Figura 7-50. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Honda en época seca..... 111

Figura 7-51. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Honda en época de lluvia 111

Figura 7-52. Clasificación del mapa de unidades de suelo en la microcuenca Honda..... 113

Figura 7-53. Clasificación de capacidad de uso mayor de suelo en la microcuenca Honda 114

Figura 7-54. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca Honda 115

Figura 7-55. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Honda 117

Figura 7-56. Concentraciones de oxígeno disuelto en los manantiales de la subcuenca Paltic 118

Figura 7-57. Resultado de pH en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic..... 119

Figura 7-58. Concentración de aluminio total en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic 120

Figura 7-59. Concentración de hierro total en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic 120

Figura 7-60. Concentración de manganeso total en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic 120

Figura 7-61. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época seca 124

Figura 7-62. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época de lluvia..... 125

Figura 7-63. Relación de estroncio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época seca 125

Figura 7-64. Relación de estroncio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época de lluvia..... 126

Figura 7-65. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca La Laja Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIA_{sd} del proyecto de exploración La Granja (2017) 127

Figura 7-66. Representación de capacidad de uso mayor de suelo en la subcuenca Paltic 129

Figura 7-67. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca La Laja 130

Figura 7-68. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic..... 132

Figura 7-69. Resultados de la concentración de cadmio total para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic 133

Figura 7-70. Resultados de la concentración de plomo total para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic 133

Figura 7-71. Rosa de viento de las estación de monitoreo del C.P. de Paraguay (CA-Parag1) 134

Figura 7-72. Rosa de viento de las estación de monitoreo del C.P. La Granja (CA-LGran1) 135

Figura 7-73. Ubicación de las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1 y sus rosas de vientos 135

Figura 7-74. Resultados de PM₁₀ en la estación de monitoreo del centro poblado Paraguay (CA-Parag1), según ECA vigente 136

Figura 7-75. Resultados de PM₁₀ en la estación de monitoreo del centro poblado La Granja (CA-LGran1), según ECA vigente..... 136

Figura 7-76. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja..... 139



Handwritten marks: an arrow pointing up, a star, a checkmark, a plus sign, and the letters 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 7-77. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja..... 140

Figura 7-78. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja 140

Figura 7-79. Resultados de la concentración de mercurio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja..... 141

Figura 7-80. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja 141

Figura 7-81. Resultados de la concentración de zinc para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja 142

Figura 7-82. Extracciones secuenciales de zinc soluble, plomo soluble, cobre soluble, cadmio soluble y arsénico soluble; para el punto de muestreo SED-QPSol1 ubicado en la microcuenca La Laja 143

Figura 7-83. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca 144

Figura 7-84. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca 144

Figura 7-85. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca..... 145

Figura 7-86. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca..... 145

Figura 7-87. Resultados de la concentración de zinc para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca..... 146

Figura 7-88. Extracciones secuenciales de zinc soluble, plomo soluble, manganeso soluble, cobre soluble, cadmio soluble y arsénico soluble; para el punto de muestreo SED-QPSald1 ubicado en la microcuenca La Ayraca 147

Figura 7-89. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda..... 148

Figura 7-90. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda..... 148

Figura 7-91. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda..... 149

Figura 7-92. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic..... 149

Figura 7-93. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic..... 150

Figura 7-94. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic 150

Figura 7-95. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic 151

Figura 7-96. Resultados de la concentración de zinc para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic 151

Figura 7-97. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Laja. 153

Figura 7-98. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Laja 154

Figura 7-99. Dendrograma de similitud de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Laja 155

Figura 7-100. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja evaluados en la época seca 159



↑

α

H

P

A

f

4C



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 7-101. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en el mes de febrero de 2018..... 161

Figura 7-102. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca La Laja..... 162

Figura 7-103. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca La Laja..... 163

Figura 7-104. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Laja..... 165

Figura 7-105. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época seca..... 167

Figura 7-106. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época de lluvia..... 169

Figura 7-107. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca La Laja..... 170

Figura 7-108. Diagrama de Piper de manantiales, afloramiento, quebradas y ríos de la microcuenca La Laja a. época seca y b. época de lluvia..... 174

Figura 7-109. Diagrama de Stiff en manantiales, afloramiento, quebradas y ríos de la microcuenca La Laja a) época seca y b) época de lluvia..... 176

Figura 7-110. Diagrama de Schöeller Berkalooff en la microcuenca La Laja a) época seca y b) época de lluvia..... 177

Figura 7-111. Relación calcio (Ca_2^+) y carbonatos (HCO_3^-), a. época seca y b. época de lluvia..... 178

Figura 7-112. Relación sulfato (SO_4^{2-}) y manganeso (Mn), a) época seca y b) época de lluvia..... 178

Figura 7-113. Diagrama Ficklin en la microcuenca del río La Laja..... 179

Figura 7-114. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Ayraca..... 180

Figura 7-115. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Ayraca..... 181

Figura 7-116. Dendrograma de similitud perifiton (microalgas) en la microcuenca la Ayraca..... 183

Figura 7-117. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época seca..... 186

Figura 7-118. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época de lluvia.. 188

Figura 7-119. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Ayraca..... 189

Figura 7-120. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Ayraca..... 190

Figura 7-121. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca la Ayraca..... 192

Figura 7-122. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca evaluados en la época seca..... 194

Figura 7-123. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca evaluados en la época de lluvia..... 196



Handwritten notes and signatures in blue ink: 1, a signature, a checkmark, P, A, f, and WDC.



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 7-124. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca La Ayraca..... 197

Figura 7-125. Representación de las formaciones geológicas en el área de influencia de la microcuenca Laja, Paltic, Granja, Checos y Honda 199

Figura 7-126. Litoestratigrafía en el área de influencia de la microcuenca Laja, Paltic, Granja, Checos y Honda. 200

Figura 7-127. Sección geológica esquemática de la microcuenca La Laja 201

Figura 7-128. Imágen que muestra las dos zonas de mayor interés de explotación minera en el proyecto minero La Granja, (1) Zonas Paja Blanca (2) El Mirador..... 202

Figura 7-129. Diagrama de Piper en los manantiales, afloramiento, quebradas y ríos en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 206

Figura 7-130. Diagrama de Stiff en los manantiales, afloramiento, quebradas y ríos en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 208

Figura 7-131. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la microcuenca del río La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 209

Figura 7-132. Relación calcio (Ca_2^+) y manganeso (Mn) en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 210

Figura 7-133. Relación calcio (Ca_2^+) y estroncio (Sr) en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 210

Figura 7-134. Relación de sulfato (SO_4^{2-}) y sodio (Na) en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 211

Figura 7-135. Relación sulfato (SO_4^{2-}) y estroncio (Sr) en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia..... 211

Figura 7-136. Diagrama Ficklin en la microcuenca del río La Ayraca..... 212

Figura 7-137. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Checos 213

Figura 7-138. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Checos 214

Figura 7-139. Dendrograma de similitud perifiton (microalgas) en la microcuenca Checos 215

Figura 7-140. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época seca 219

Figura 7-141. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época de lluvia 220

Figura 7-142. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Checos. 222

Figura 7-143. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Checos 223

Figura 7-144. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Checos..... 224

Figura 7-145. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos evaluados en la época seca..... 226

Figura 7-146. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos evaluados en la época de lluvia 228

Figura 7-147. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca Checos 229

Figura 7-148. Diagrama de Piper del manantial y las quebradas en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia..... 234



Handwritten notes in blue ink: a vertical line, 'dk', 'lt', 'p', 'f', 't', 'uc'



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 7-149. Diagrama de Stiff en el manantial y quebradas de la microcuenca Checos a) época sec y b) época de lluvia..... 236

Figura 7-150. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia 237

Figura 7-151. Relacion calcio (Ca_2^+) y magnesio (Mg) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia..... 238

Figura 7-152. Relacion calcio (Ca_2^+) y sulfato (SO_4^{2-}) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia..... 238

Figura 7-153. Relacion calcio (Ca_2^+) y estroncio (Sr) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia..... 239

Figura 7-154. Relacion sulfato (SO_4^{2-}) y cloruros (Cl) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia..... 239

Figura 7-155. Diagrama Ficklin en la microcuenca Checos 240

Figura 7-156. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Honda..... 241

Figura 7-157. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Honda..... 242

Figura 7-158. Dendrograma de similitud de perifiton (microalgas) en la microcuenca Honda 243

Figura 7-159. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Honda..... 244

Figura 7-160. Abundancia (número de organismos) de la comunidad macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Honda..... 245

Figura 7-161. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Honda..... 246

Figura 7-162. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca Honda 247

Figura 7-163. Diagrama de Piper en los manantiales y quebradas de la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia..... 251

Figura 7-164. Diagrama de Stiff en los manantiales y quebradas de la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia 253

Figura 7-165. Diagrama de Schöeller Berkaloff manantiales y quebradas de la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia..... 254

Figura 7-166. Relacion calcio (Ca_2^+) y magnesio (Mg) en la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia..... 255

Figura 7-167. Relacion sulfato (SO_4^{2-}) y potasio (K) en la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia 255

Figura 7-168. Diagrama Ficklin en la microcuenca Honda..... 256

Figura 7-169. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la subcuenca Paltic. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios..... 258

Figura 7-170. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la subcuenca Paltic. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios 260

Figura 7-171. Dendrograma de similitud perifiton (microalgas) en la subcuenca Paltic ... 262

Figura 7-172. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época seca 266

Figura 7-173. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época de lluvia..... 268

Figura 7-174. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca Paltic. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios..... 270



Handwritten blue ink marks on the left margin: an arrow pointing up, a checkmark, a plus sign, a letter 'P', and some scribbles.



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 7-175. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca Paltic. . Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios..... 272

Figura 7-176. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca Paltic..... 274

Figura 7-177. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic evaluados en la época seca 276

Figura 7-178. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic evaluados en la época de lluvia..... 278

Figura 7-179. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la subcuenca Paltic 280

Figura 7-180. Sección geológica esquemática de la microcuenca La Laja 282

Figura 7-181. Diagrama de Piper en los manantiales, quebradas y ríos de la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia..... 287

Figura 7-182. Diagrama de Stiff en manantiales, quebradas y ríos la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia..... 289

Figura 7-183. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la subcuenca Paltic en época seca a) quebradas y ríos y b) en manantiales..... 290

Figura 7-184. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la subcuenca Paltic en época de lluvia a) quebradas y ríos y b) manantiales..... 291

Figura 7-185. Relación calcio (Ca_2^+) y bicarbonato (HCO_3^-) en la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia..... 292

Figura 7-186. Relación calcio (Ca_2^+) y estroncio (Sr) en la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia 292

Figura 7-187. Diagrama Ficklin en la subcuenca Paltic..... 293

Figura 7-188. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en los manantiales..... 294

Figura 7-189. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en los manantiales..... 295

Figura 7-190. Dendrograma de similitud de perifiton (microalgas) en los manantiales 296

Figura 7-191. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en los manantiales, evaluados en época de lluvia 299

Figura 7-192. Dendrograma de similitud perifiton (microorganismos) en los manantiales 301

Figura 8-1. Concentración de metales mena en las microcuencas y subcuenca a) cobre, b) arsénico, c) plomo, d) molibdeno y e) zinc 302

Figura 8-2. Evaluación de la concentración de los metales en sedimentos con la concentración en la corteza terrestre en las microcuencas a) La Laja, b) La Ayraça, c) Checos, d) Honda y e) subcuenca Paltic..... 306

Figura 8-3. Evaluación de la concentración de los metales en suelo con la concentración en la corteza terrestre en las microcuencas a) La Laja, b) La Ayraça, c) Checos, d) Honda y e) subcuenca Paltic 308

Figura 8-4. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca La Laja 309

Figura 8-5. Esquema de interacción de agua y roca en la microcuenca La Laja 310

Figura 8-6. Análisis multitemporal de los fenómenos de geodinámica externa en la quebrada Los Derrumbes 311

Figura 8-7. Análisis multitemporal de la instalación de las plataformas de perforación de los años 2010, 2013 y 2018 cercanas a la quebrada Peña Brava..... 313

Figura 8-8. Quebrada Peña Brava (QPSol1) 313



↑
K
W
P
A
+
LRC



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 8-9. Comparación de los resultados de la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) manganeso, y d) zinc entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época seca 315

Figura 8-10. Comparación de los resultados de la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) manganeso, y d) zinc entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época de lluvia..... 316

Figura 8-11. Calidad biológica en la microcuenca La Laja mediante el ABI a) época seca y b) época de lluvia 318

Figura 8-12. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Laja 319

Figura 8-13. Comparación de resultados de la abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Laja 320

Figura 8-14. Manantial natural (FNatu6)..... 320

Figura 8-15. Relación de concentraciones de a) aluminio, b) hierro y c) manganeso con el pH en los manantiales de la microcuenca La Laja 321

Figura 8-16. Variación de las concentraciones de iones en base al diagrama de Stiff a) época seca y b) época de lluvia..... 322

Figura 8-17. Agua captada de un afloramiento (PPerf2) cercano a la plataforma ejecutada con código 317 322

Figura 8-18. Diagrama de puntos de sedimentos que incumplen los estándares en la microcuenca La Laja 323

Figura 8-19. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca La Laja 324

Figura 8-20. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca La Ayraca..... 325

Figura 8-21. Esquema de interacción de agua y roca en la microcuenca Ayraca en la época seca. 326

Figura 8-22. Facie hidroquímica en el punto RLLra2 en 326

Figura 8-23. Comparación de los resultados de la concentración de a) Aluminio, b) Cadmio, c) Cobre, y d) Manganeso entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época seca 328

Figura 8-24. Comparación de los resultados de la concentración de a) aluminio, b) cadmio, c) cobre, y d) manganeso entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época de lluvia..... 329

Figura 8-25. Calidad biológica en la microcuenca La Ayraca mediante el ABI a) época seca y b) época de lluvia..... 330

Figura 8-26. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Ayraca 331

Figura 8-27. Comparación de resultados de la abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Ayraca 332

Figura 8-28. Afloramiento (PPerf1) cercano a una plataforma ejecutada, aportante al río La Ayraca..... 332

Figura 8-29. Variación de las concentraciones de iones en base al diagrama de Stiff a) época seca y b) época de lluvia..... 333

Figura 8-30. Diagrama de puntos de sedimentos que incumplen los estándares en la microcuenca La Ayraca..... 333

Figura 8-31. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca La Ayraca..... 334

Figura 8-32. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca Checos..... 335



Handwritten blue marks: an arrow pointing up, and several illegible initials or symbols.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 8-33. Relación de concentración de con el pH en el manantial FNatu5 de microcuenca La Laja 336

Figura 8-34. Transporte de partículas, de materiales finos y gruesos, desde los cerros Chucate y Paja Blanca 336

Figura 8-35. Calidad biológica en la microcuenca Checos mediante el ABI a) época seca y b) época de lluvia 337

Figura 8-36. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea base y el OEFA en la microcuenca Checos 338

Figura 8-37. Comparación de resultados de la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Ayraca 339

Figura 8-38. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca Checos 340

Figura 8-39. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca Honda 341

Figura 8-40. Concentraciones de manganeso, hierro y aluminio en suelos en la microcuenca Honda 342

Figura 8-41. Comparación de los resultados de la concentración de a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganeso entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época seca. 343

Figura 8-42. Comparación de los resultados de la concentración de a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganeso entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época de lluvia. 343

Figura 8-43. Calidad biológica en la microcuenca Honda mediante el ABI en ambas épocas 344

Figura 8-44. Representación gráfica de la calidad de agua en la quebrada Honda 344

Figura 8-45. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) y macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca Honda 345

Figura 8-46. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca Honda 346

Figura 8-47. a) Manantial del caserío La Pampa (FLPam1), b) Manantial del caserío La Fila (FLFil1) y c) Manantial del caserío El Sauce (FNatu4). 347

Figura 8-48. Diagrama de puntos de muestreo para agua que incumplen los estándares en la subcuenca Paltic 348

Figura 8-49. Diagrama de puntos de muestreo para sedimentos que incumplen los estándares en la subcuenca Paltic 348

Figura 8-50. Análisis multitemporal de la presencia de trabajos de extracción de acarreo de material 349

Figura 8-51. Río Paltic (RPalt6) en época seca 350

Figura 8-52. Calidad biológica en la subcuenca Paltic mediante el ABI en época seca . 351

Figura 8-53. Calidad biológica en la subcuenca Paltic mediante el ABI en época de lluvia 351

Figura 8-54. Comparación de los resultados entre la línea base y el OEFA en época seca a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganeso 353

Figura 8-55. Comparación de los resultados entre la línea base y el OEFA en época de lluvia, a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganeso 354

Figura 8-56. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea de base y el OEFA en la subcuenca Paltic 355

Figura 8-57. Comparación de resultados de la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos entre la línea de base y el OEFA en la subcuenca Paltic 356

Figura 8-58. Especies del género Astrobalepus «bagres» en la subcuenca Paltic 356

Figura 8-59. Diagrama de resultados de calidad de suelos en la subcuenca Paltic 357



↑
K
W
P
f
+



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 8-60. Rosa de vientos con los promedios mensuales de velocidad y dirección de las estaciones meteorológicas, ubicados en el proyecto minero La Granja y en el poblado La Pampa entre el 2007-2016..... 358

Figura 8-61. Diagrama de cajas de los resultados de PM10 de las (5) estaciones de monitoreo de la línea base de los IGA y los resultados de los dos (2) puntos de monitoreo del OEFA..... 359

Figura 8-62. Diagrama de cajas de los resultados de a) arsénico b) plomo y c) cobre, de las 5 estaciones de monitoreo de la línea base de los IGA y los resultados de los 2 puntos de monitoreo del OEFA..... 361



↑

K

H

P

A

UC

f



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la evaluación ambiental temprana (en adelante, EAT) realizada durante el 2017 y 2018 en el ámbito de influencia del proyecto minero La Granja, el que contiene los resultados, análisis, discusiones y conclusiones de los estudios realizados por la Subdirección Técnica Científica de la Dirección de Evaluación Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), como parte de Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 y 2018 (Planefa 2017 y 2018).

El proyecto minero, que se encuentra actualmente en fase de exploración, es administrado por Río Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. y se ubica en el caserío La Granja, distrito de Querocoto, provincia de Chota y departamento de Cajamarca, a una altitud entre 2000 y 2800 m s. n. .m., en el flanco oeste de la cordillera occidental de los andes.

La EAT contempló la realización de dos evaluaciones ambientales en dos épocas, seca y de lluvia. Del 2 al 14 de septiembre de 2017 (época seca) se ejecutó los monitoreos de los componentes ambientales: agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo y aire; y del 7 al 21 de febrero de 2018 (época de lluvia) se ejecutó el monitoreo de los componentes ambientales: agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelo.

Con la finalidad de realizar la interpretación, el análisis de los resultados y evidenciar la posible alteración que tiene el proyecto minero sobre los componentes ambientales evaluados; el estudio se dividió en cinco zonas, las mismas que se nombran a continuación: microcuenca La Laja, microcuenca La Ayraca, microcuenca Checos, microcuenca Honda y subcuenca Paltic.

Para el análisis se realizó la comparación de los resultados obtenidos por el OEFA con los resultados presentados en la línea base ambiental del último instrumento de gestión ambiental (IGA) aprobado, que corresponde a la «Décimo segunda modificación del EIA_{sd} del proyecto de exploración La Granja», aprobado mediante Resolución Directoral N.º 115-2018-MEM/DGAAM. Asimismo, los resultados fueron comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) con los que fue aprobada esta modificatoria del EIA_{sd} del proyecto, que corresponde a los ECA actualmente vigentes.

El motivo de la realización de la EAT fue verificar el estado de los componentes ambientales, a través de acciones de monitoreo ambiental. La información contenida en este informe, constituirá una fuente informativa, completa y confiable para las acciones posteriores de fiscalización y supervisión ambiental a cargo del OEFA

2. ANTECEDENTES

Para conocer el estado de la calidad ambiental relacionada al área de influencia del proyecto minero La Granja se procedió a identificar las actividades exploratorias del proyecto y otras de importancia, que se desarrollan en la zona. De esta manera, se realizó la recopilación, revisión, análisis y síntesis de información ambiental existente en el proyecto y su área de influencia.



Handwritten notes and initials: an upward arrow, 'K', 'H', 'P', a star-like symbol, 'f', and 'JRC'.



2.1. Actividad de exploración

El proyecto minero La Granja tiene como finalidad realizar trabajos de exploración que permitan cuantificar las reservas de cobre existentes en el área de las concesiones mineras de la empresa Río Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. La propiedad cubre 3900 ha. El yacimiento tiene un recurso indicado de 130 Mt con una ley de 0,89 % y un recurso inferido de 4,29 Mt con una ley de 0,51 %.

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

2.1.1. Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA)

Para el cumplimiento de los objetivos y la elaboración de presente informe se realizó una revisión, análisis y sistematización de la información del área de influencia del proyecto minero La Granja, consignada en los IGA. Este procedimiento permitió identificar zonas críticas en los cuerpos de agua, los que servirán como fuente de referencia para el análisis del informe. Los IGA más recientes se detallan en la Tabla 2-1, mientras que en el Anexo 5 se detallan el total de los instrumentos revisados.

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto minero La Granja

N.º	Compañía minera	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Río Tinto Minera Perú S.A.C.	Décimo Segunda Modificación del EIASd Proyecto de Exploración La Granja	R.D. N.º 115-2018-MEM/DGAAM	05 de junio de 2018	Ministerio de Energía y Minas
2		Cuarto Informe Técnico Sustentatorio de la 11ra MEIASd Proyecto de Exploración La Granja	R.D. N.º 456-2017-MEM/DGAAM/C	03 de septiembre de 2017	Ministerio de Energía y Minas

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (Minem)



En relación a la información descrita en el IGA, los componentes evaluados, ubicados en el área de influencia, presentaron características que en algunos casos han excedido las normas de comparación vigentes en la época. A continuación, se presenta un breve resumen de los monitoreos entre el 2012 y 2015.

Los resultados de calidad de agua en el río Paltic, quebrada Honda, quebrada S/N (ubicado a 500 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia entre el río Paltic y quebrada Honda) y quebrada S/N (ubicado a 200 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia entre el río Paltic y quebrada Honda) presentaron valores de pH, fenoles y hierro, que incumplieron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua en la Categoría 3¹ vigentes en la época, a excepción del río Paltic (aguas abajo de la confluencia con la quebrada Honda) que solo excedió en fenoles y hierro².

El río Paltic (aguas abajo del río La Lima) excedió en hierro y mercurio; además, quebrada S/N (ubicado a 500 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia entre el río Paltic y quebrada Honda), quebrada S/N (ubicado a 200 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia entre el río Paltic y quebrada Honda) y quebrada S/N (afluente por la margen izquierda del río Paltic, a 200 m de El Sauce) incumplieron los valores de aluminio, nitrito y hierro, respectivamente².

1 Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación

2 Segundo Informe Técnico Sustentatorio de la 11ra MEIASd Proyecto de Exploración La Granja – Línea Base. Aprobado mediante R.D. N.º 144-2016-MEM/DGAAM

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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Los resultados de calidad de aire muestran concentraciones de material particulado PM_{2,5} con valores de 25,9 µg/m³ (ubicado en el Caserío El Sauce) y 34,12 µg/m³ (ubicado en el Caserío La Pampa), que excedieron de manera puntual los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire³. Los parámetros de material particulado PM₁₀, gases, arsénico y plomo no excedieron el estándar mencionado.

2.1.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora

Se realizó una evaluación ambiental del 2 al 14 de septiembre de 2017 correspondiente a la época seca o de estiaje, la que abarcó los componentes agua, aire, suelo, fauna y comunidades hidrobiológicas, la que fue aprobada mediante Informe N.º 090-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA y cuyos resultados forman parte de este informe.

2.1.3. Estudios realizados por otras entidades del sector

La Autoridad Administrativa del Agua IV Marañón, de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realizó un monitoreo de calidad de agua superficial en la cuenca del río Chamaya en el 2016.

Los resultados de calidad de agua en los ríos Paltic y La Ayraca, este último aguas arriba y abajo del vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la empresa minera Rio Tinto, presentó valores de *Escherichia coli* que excedieron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua para la Categoría 3 vigentes a la época⁴.

La misma autoridad realizó un monitoreo en la cuenca del río Llaucano en el 2015, en el que se obtuvo como resultado que la quebrada Chorro Blanco presentó valores de coliformes fecales por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua para la Categoría 3 vigentes a la época⁵.

2.1.4. Denuncias ambientales

El Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada) del OEFA, en su portal institucional, atendió una denuncia ambiental relacionada a Rio Tinto Minera Perú Limitada S.A.C. en el 2015. La denuncia corresponde a la presunta contaminación de la quebrada Cayaltí, tributario al río La Ayraca por actividades de la minera.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero La Granja, en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.

³ Decreto supremo N.º 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire.

⁴ Informe N.º 059-2016-ANA-AAA.M-SDGCRH «II Monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Chamaya».

⁵ Informe N.º 063-2015-ANA-AAA.M-SDGCRH «IV Monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Llaucano, región Cajamarca».



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical line, a star-like symbol, and the letters 'P', 'A', and 'LPC'.



3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas en las microcuencas La Laja, La Ayraca, Checos, Honda y en la subcuenca Paltic.
- Evaluar la calidad de suelo en el área de influencia del proyecto minero La Granja.
- Evaluar la calidad del aire en los centros poblados La Granja y Paraguay.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la zona de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto minero La Granja, que se encuentra en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Esta área se encuentra dentro de los bosques montanos sudamericanos que se inician en las primeras estribaciones andinas y llegan a considerables altitudes (Young & Valencia, 1992). Los bosques húmedos de montaña denominados también como selva alta, montañas húmedas y cejas de montaña, se encuentran entre los 800 m s. n. m. y 3200 m s. n. m (llegando incluso hasta los 3700 m s. n. m.) de las vertientes orientales andinas (Brack, 2008).

La zona de estudio está enmarcada en la cuenca Chamaya y la hidrografía está definida por el área geográfica que comprende los ríos Paltic, La Ayraca y La Lima, y las quebradas Checos, Honda y otros afluentes del río Paltic. Este último, se une al río Chongoyapito, formando el río Ingueryacu para finalmente desembocar en el río Chotano, aproximadamente a unos 25 km aguas abajo del área del proyecto. El río Chotano es afluente del río Huancabamba y éste del río Chamaya.

El área de estudio comprende la zona de influencia del proyecto minero La Granja. El área de influencia directa social, incluye los caseríos La Granja, La Iraca, La Pampa y Paraguay; así como los anexos El Sauce, La Fila, Cundín y La Lima, ubicados dentro o muy cercano a la huella del proyecto, tomando en cuenta la ubicación de las plataformas de perforación, las vías de acceso a las plataformas y los demás componentes auxiliares, los cuales se ubicarían en las proximidades de estos caseríos, anexos y en terrenos utilizados por los habitantes de estos para el desarrollo de sus actividades productivas⁶ (ver Figura 4-1).



Handwritten blue initials and marks: a checkmark, 'W', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'DC'.

⁶ Área de Influencia Social Aprobada en la 11va Modificatoria del EIASd del proyecto de exploración minero "La Granja" aprobado mediante R.D. N° 432-2015-MEN/DGAAM



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

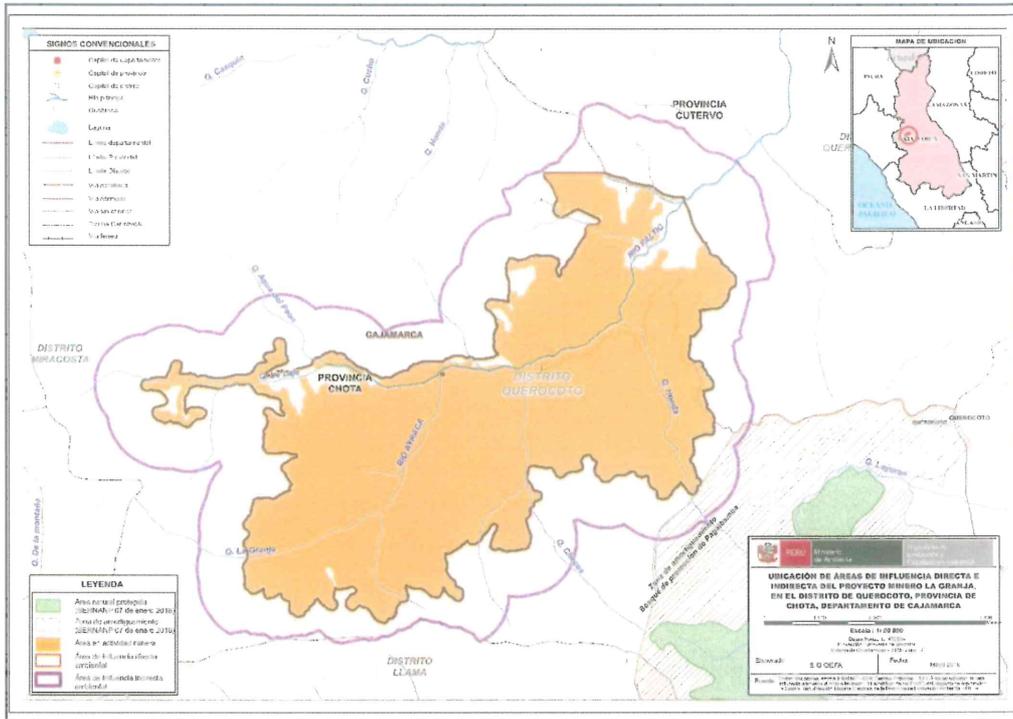


Figura 4-1. Ubicación del proyecto minero La Granja

5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La información del contexto social fue obtenida mediante la revisión de los instrumentos de gestión ambiental y complementada con la información recopilada durante la visita de reconocimiento previa al desarrollo de la evaluación ambiental temprana.

En el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del OEFA⁷ se describen las etapas para la ejecución del monitoreo ambiental participativo (MAP), instrumento utilizado para la realización de las evaluaciones ambientales tempranas, las cuales son las siguientes:

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

A continuación, se detalla el desarrollo de dichas etapas, incluyendo la visita de reconocimiento, y se consignan los actores involucrados en la evaluación ambiental.



Handwritten notes and signatures: an arrow pointing up, 'A', 'W', 'P', a star-like symbol, 't', and 'HC'.

⁷ Resolución de Consejo Directivo N° 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 septiembre de 2014, modificada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.



5.1 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.

5.1.1. Visita de reconocimiento

La visita de reconocimiento es una etapa adicional, previa al inicio de la evaluación ambiental temprana, la cual se realizó del 4 al 9 de junio de 2017. Su objetivo fue establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, conocer su percepción respecto a la realización de la EAT, y reconocer técnica y logísticamente el área de estudio. Toda esta información, junto con el conocimiento de la situación social y ambiental del área de monitoreo, la existencia de conflictos, y las principales actividades económicas facilitó el desarrollo de la EAT.

Durante la visita de reconocimiento se identificaron a los principales actores involucrados, sosteniendo reuniones con representantes de los centros poblados de La Granja y Paraguay, distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca; asimismo, con representantes del proyecto minero La Granja de Rio Tinto Minera Perú Limitada S.A.C (ver Anexo 4.1: Lista de actores sociales).

Esta visita también sirvió para definir el área y los objetivos del estudio, lo que permitió identificar los componentes ambientales a evaluar, determinar la red y los parámetros de muestreo y establecer las herramientas de análisis que ayudarían a diagnosticar las condiciones ambientales de la zona.

5.1.2. Coordinación previa con los actores involucrados y convocatoria e inscripción a los programas de inducción

Estas etapas fueron desarrolladas del 4 al 14 de julio de 2017, periodo durante el cual se realizaron reuniones de coordinación previa en las municipalidades de los centros poblados de La Granja y Paraguay, de igual manera se coordinó la difusión de la invitación a los talleres de inducción (ver Figura 5-1, para más detalles revisar el Anexo 4.3: Registro fotográfico).

La difusión fue realizada mediante comunicaciones formales (cartas y oficios) e instalación de pancartas en los locales comunales de cada caserío que conforman los centros poblados de Paraguay y La Granja. Fueron convocados los principales actores sociales, tales como representantes de los caseríos, alcaldes, presidente de la Federación de Rondas Campesinas del Distrito de Querocoto, Tenientes Gobernadores y Comités de Vigilancias Ambiental.



↑
α
✖
P
✖
†
UC



Figura 5-1. Reunión de coordinación con los actores involucrados de los caseríos en el centro poblado La Granja

En dichas reuniones, se determinó lo siguiente:

- La EAT se realizaría solo con la participación de la población y representantes de los caseríos de los centros poblados de Paraguay y La Granja.
- En los centros poblados de Paraguay y La Granja se concretaron las fechas y lugares para la convocatoria, inscripción, taller de inducción, presentación de la propuesta del plan y ejecución de la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera La Granja (ver Anexo 4.2: Actas).

Por último, se reconocieron algunos puntos propuestos para el monitoreo de calidad de agua e hidrobiología en el área de influencia del proyecto de exploración minera La Granja.

5.1.3. Realización de la inducción y taller para la presentación de la propuesta del plan de la evaluación ambiental temprana

Dichas etapas tuvieron lugar del 20 al 26 de julio de 2017 en los centros poblados de La Granja y Paraguay, en las que participaron 87 personas, de las cuales 69 fueron varones y 18 mujeres.

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 (ver Figura 5-2). Durante la misma, se explicó lo siguiente:



1
ok
W
P
★
+
LPC



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

- 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.



Figura 5-2. Personal del OEFA presentando la propuesta del plan de monitoreo de la evaluación ambiental temprana, en el local comunal del centro poblado de La Granja

Finalizando cada una de estas reuniones se validaron puntos de muestreo propuestos con acompañamiento de la población.

Los acuerdos tomados estuvieron relacionados principalmente con las fechas de ejecución del monitoreo y los participantes que acompañarían al OEFA durante la misma. Las actas y listas de participantes, correspondientes a cada una de las etapas del EAT, se presentan en el Anexo 4.2.

5.2 Ejecución de la evaluación ambiental temprana

Esta etapa se llevó a cabo en 2 partes: La primera, correspondiente a la evaluación en época seca, se desarrolló del 2 al 14 de septiembre de 2017, donde se realizó la toma de muestras de agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, aire, suelo y fauna silvestre, teniendo en cuenta los puntos de muestreo validados previamente. La segunda etapa, correspondiente a la época de lluvia, se desarrolló del 7 al 21 de febrero de 2018, donde se realizó la toma de muestras de agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelo. Además, se realizó la entrega del informe correspondiente a la evaluación del año 2017 (aprobado mediante Informe N.º 090-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA) a las autoridades de los principales caseríos ubicados



↑
α
β
P
A
T
RC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

en el área de influencia social directa del proyecto (ver Anexo 4.4: Cargo de entrega del informe N.º 090-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA).

La ejecución de la EAT se realizó, en las dos temporadas, con la participación de los representantes de cada caserío de los centros poblados de Paraguay y La Granja (ver Figura 5-3 y 5-4), los que participaron junto a los especialistas de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA en el monitoreo de los componentes ambientales mencionados (ver Anexo 4.2: Actas). De los 33 participantes en las 2 evaluaciones, 28 fueron varones y 5 mujeres.



Figura 5-3. Personal del OEFA y representante del caserío Nuevo Amanecer realizando la medición de los parámetros de campo



1
K
GK
P
★
f
LRC

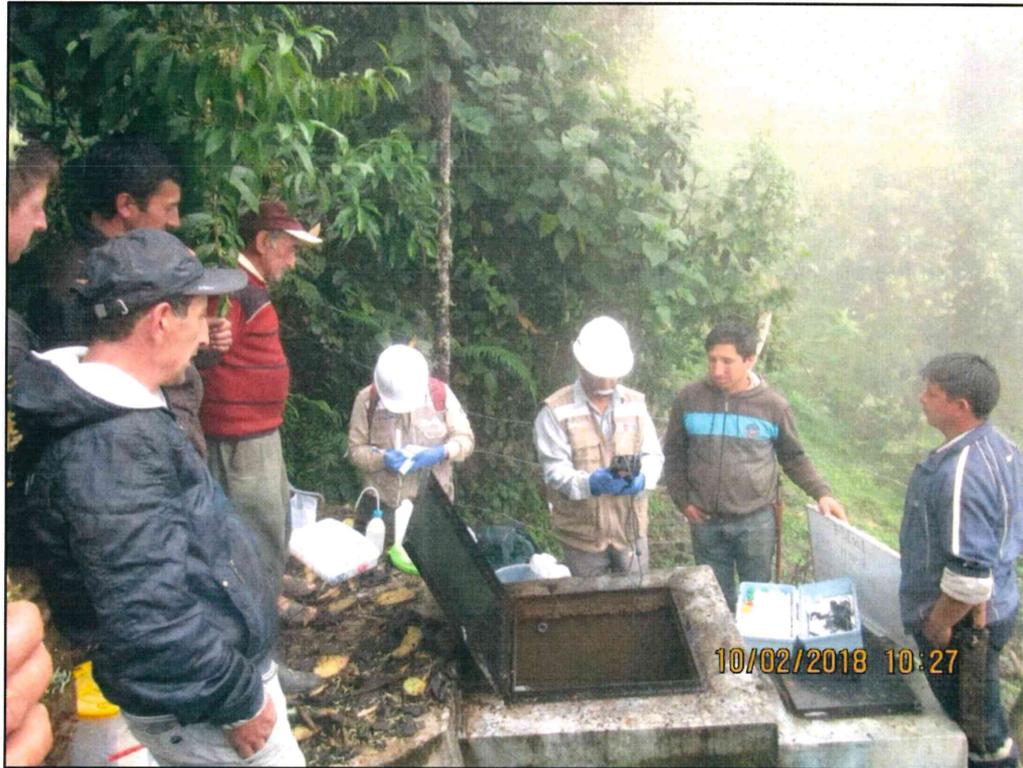


Figura 5-4. Personal del OEFA y representantes del caserío Santa Isabel realizando la medición de los parámetros de campo

5.3 Actores involucrados

Los actores sociales que participaron en el desarrollo de la EAT fueron identificados en gabinete y durante la visita de reconocimiento, lo que se consignan en la Tabla 5-1, estos se encuentran especificados en el Anexo 4.1: Lista de actores sociales.

Tabla 5-1. Actores sociales que participaron en el desarrollo de la EAT

N.º	Actores	Distrito	Provincia	Departamento
1	Municipalidad Distrital de Querocoto	Querocoto	Chota	Cajamarca
2	Municipalidad del Centro Poblado de Paraguay	Querocoto	Chota	Cajamarca
3	Municipalidad del Centro Poblado de La Granja	Querocoto	Chota	Cajamarca
4	Comité de vigilancia ambiental del centro poblado de Paraguay	Querocoto	Chota	Cajamarca
5	Comité de Vigilancia Ambiental del centro poblado de La Granja	Querocoto	Chota	Cajamarca
6	Ronda Campesina de la Zonal II (Centro Poblado La Granja)	Querocoto	Chota	Cajamarca
7	Ronda Campesina de la Zonal III (Centro Poblado de Paraguay)	Querocoto	Chota	Cajamarca
8	Federación de rondas del distrito de Querocoto	Querocoto	Chota	Cajamarca
9	Subprefectura del distrito de Querocoto	Querocoto	Chota	Cajamarca
10	Ronda campesina del caserío La Iraca	Querocoto	Chota	Cajamarca
11	Ronda femenina del caserío La Iraca	Querocoto	Chota	Cajamarca
12	Tenencia de Gobernación ⁸ del caserío de La Iraca	Querocoto	Chota	Cajamarca

⁸ Ley 30438, Ley que modifica el Decreto Legislativo 1140, Decreto Legislativo que crea la Oficina Nacional de Gobierno del Interior, "Artículo 17, Tenencias de Gobernación".



↑
d
w
P
f
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Actores	Distrito	Provincia	Departamento
13	Agente Municipal del caserío La Iraca	Querocoto	Chota	Cajamarca
14	Ronda campesina del caserío de Checos	Querocoto	Chota	Cajamarca
15	Agente Municipal del caserío de Checos	Querocoto	Chota	Cajamarca
16	Ronda femenina del caserío de Checos	Querocoto	Chota	Cajamarca
17	Ronda femenina del caserío El Sauce	Querocoto	Chota	Cajamarca
18	Tenencia de Gobernación del caserío El Sauce	Querocoto	Chota	Cajamarca
19	Agente Municipal del caserío El Sauce	Querocoto	Chota	Cajamarca
20	Ronda campesina del caserío La Granja	Querocoto	Chota	Cajamarca
21	Tenencia de Gobernación del caserío La Granja	Querocoto	Chota	Cajamarca
22	Ronda femenina del caserío La Granja	Querocoto	Chota	Cajamarca
23	Ronda femenina del caserío La Lima	Querocoto	Chota	Cajamarca
24	Ronda campesina del caserío La Lima	Querocoto	Chota	Cajamarca
25	Tenencia de Gobernación del caserío La Lima	Querocoto	Chota	Cajamarca
26	Agente Municipal del caserío La Lima	Querocoto	Chota	Cajamarca
27	Agente Municipal del caserío La Pampa	Querocoto	Chota	Cajamarca
28	Ronda campesina del caserío La Pampa	Querocoto	Chota	Cajamarca
29	La Asociación de Padres de Familia (APAF) del caserío de La Pampa	Querocoto	Chota	Cajamarca
30	Ronda femenina del caserío La Uñiga	Querocoto	Chota	Cajamarca
31	Ronda campesina del caserío La Uñiga	Querocoto	Chota	Cajamarca
32	Tenencia de Gobernación del caserío de Cundín	Querocoto	Chota	Cajamarca
33	Agente Municipal del caserío de Cundín	Querocoto	Chota	Cajamarca
34	Ronda femenina del caserío de Cundín	Querocoto	Chota	Cajamarca
35	Tenencia de Gobernación del caserío La Palma	Querocoto	Chota	Cajamarca
36	Agente Municipal del caserío La Palma	Querocoto	Chota	Cajamarca
37	Ronda femenina del caserío La Palma	Querocoto	Chota	Cajamarca
38	Ronda campesina del caserío de Paraguay	Querocoto	Chota	Cajamarca
39	Ronda femenina del caserío de Paraguay	Querocoto	Chota	Cajamarca
40	Ronda campesina del caserío Santa Isabel	Querocoto	Chota	Cajamarca
41	Ronda femenina del caserío Santa Isabel	Querocoto	Chota	Cajamarca
42	Tenencia de Gobernación del caserío Santa Isabel	Querocoto	Chota	Cajamarca
43	Tenencia de Gobernación del caserío El Verde	Querocoto	Chota	Cajamarca
44	Tenencia de Gobernación del caserío El Verde	Querocoto	Chota	Cajamarca
45	Ronda campesina del caserío El Verde	Querocoto	Chota	Cajamarca
46	Ronda campesina del caserío Vista Alegre	Querocoto	Chota	Cajamarca



La ejecución de la evaluación ambiental temprana, se realizó con el acompañamiento de los representantes designados por las autoridades de los centros poblados de Paraguay y La Granja.

6. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología empleada en la evaluación ambiental en el área de influencia del proyecto La Granja. Dicha metodología está dividida para cada uno de los componentes ambientales evaluados.

6.1 Calidad de agua

En los apartados siguientes se muestra la metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente agua, que comprende los protocolos utilizados para la toma de muestra de calidad de agua, la ubicación de los puntos de muestreo, los parámetros evaluados, los métodos de análisis, los equipos utilizados y los estándares de comparación.



6.1.1 Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la evaluación de agua superficial, que comprenden ríos, quebrabas y manantiales se enmarcó en el Capítulo 6: Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales del «Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales»⁹. En el mencionado capítulo se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua, como la logística mínima necesaria, el establecimiento de las redes 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, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, así como el aseguramiento de la calidad, llenado de la cadena de custodia, entre otros.

Para la evaluación de los afloramientos cercanos a las pozas de perforación se utilizó los procedimientos enmarcados en el capítulo 4.0 del «Protocolo de monitoreo de calidad de agua sector – minería». El detalle se muestra en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Referencias para el monitoreo de agua superficial, afloramientos, y efluentes

Autoridad emisora	País	Dispositivo legal	Referencia	Año	Sección
Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Perú	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	2016	6.4 Planificación del monitoreo. 6.5 Establecimiento de la red de puntos de monitoreo. 6.8 Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección. 6.14 Medición de parámetros de campo. 6.17 Aseguramiento de la calidad de muestreo.
Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del Minem	Perú	Resolución Directoral N.º 004-94-EM/DGAA	Protocolo de monitoreo de calidad de agua sub sector - minería	1994	4.0 Muestreo de Campo. 4.2 Preparación 4.3 Tipos de muestras 4.5 Programa de Campo



↑
ok
w
P
A
+
LC

6.1.2 Ubicación de puntos

Los puntos de monitoreo fueron ubicados considerando la información obtenida en la visita de reconocimiento y de los instrumentos de gestión ambiental aprobados para el proyecto minero La Granja.

Los recursos hídricos a ser evaluados comprenden los ríos Paltic, La Lima y La Ayraca, así como las quebradas La Laja, Salada, Agua del Peón, Checos, Honda, Peña Brava, La Granja, Tendal, Chorro Blanco, Pampa Verde y Mal Paso, los cuales forma parte de la cuenca Chamaya.

Asimismo, se realizó la evaluación ambiental de manantiales encontrados en el área de influencia del proyecto minero La Granja y se tomaron muestras de agua de 2

⁹ Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. «Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales».



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

afloramientos¹⁰ cercanos a plataformas de perforación ubicados en el área de influencia del proyecto minero La Granja.

La ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua se estableció de acuerdo a los siguientes criterios:

- El nacimiento de cuerpos hídricos.
- Puntos de monitoreo establecidos en los instrumentos de gestión ambiental y otros informes.
- Aguas arriba y agua abajo de los componentes ambientales de las unidades mineras (existentes o futuras), con características de potencial fuente de contaminación como tajos, labores subterráneas, presas de relaves, depósitos de desmonte, etc.
- Aguas arriba de centros poblados y comunidades que podrían ser afectadas por influencia de actividades antropogénicas en cuerpos de agua aledaños a su ubicación.
- Manantiales usados por las comunidades, para el consumo humano y riego.
- Entrevistas y observaciones recopiladas durante la visita de reconocimiento al área de estudio y demás etapas del monitoreo ambiental participativo para la evaluación ambiental temprana.

La primera evaluación se desarrolló en el mes de septiembre de 2017 correspondiente a la época seca o de estiaje, donde se evaluaron un total 41 puntos de muestreo, de los cuales 13 son quebradas, 12 en ríos, 14 en manantiales¹¹ y 2 afloramientos provenientes de pozas de perforación.

La segunda evaluación se desarrolló en el mes de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia o de avenida, donde se evaluaron un total de 48 puntos de muestreo, de los cuales 17 son quebradas, 13 en ríos, 16 en manantiales y 2 afloramientos ubicados cerca de plataformas de perforación.

Para la calidad de agua superficial se muestrearon en ríos y quebradas 25 puntos en la evaluación de época seca y 30 puntos en la evaluación de época de lluvia, en manantiales se muestrearon 14 puntos en época seca y 16 en época húmeda. Los puntos de muestreo de ríos, quebradas y manantiales se agruparon según su ubicación en 4 microcuencas (La Laja, La Ayraca, Checos y Honda) y 1 subcuenca (Paltic) para un mejor análisis de los resultados. De acuerdo con los criterios señalados para cada época de evaluación, la ubicación y coordenadas de los puntos de muestreo para manantiales se presenta en la Tabla 6-2.



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, a checkmark, a 'W' symbol, a 'P', a star-like symbol, a plus sign, and the initials 'SUC'.

¹⁰ Se denominó afloramiento a las surgencias de aguas producto de las posibles actividades de perforación realizadas en la zona.

¹¹ Para el informe se considerará el concepto de manantiales establecido en el Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos

Artículo 226°.- De los manantiales

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.



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 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época húmeda (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca La Laja							
1	FLIra1	X	X	703654	9295777	2909	Manantial ubicado en el caserío La Iraca.
2	FNatu1	X	X	704724	9296925	2606	Manantial ubicado en el caserío La Iraca a 300 m de una plataforma de perforación (exploración de proyecto minero La Granja).
3	FNatu6 ^a	X	X	705783	9298629	2401	Manantial del caserío de La Lima, centro poblado La Granja, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
4	QLLaj1	X	X	703485	9297431	2354	Quebrada La Laja, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pampa Verde (comunidad La Iraca).
5	QSnbr4	-	X	703592	9297298	2362	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 150 m aguas arriba de su confluencia por la margen derecha del río La Lima.
6	QPVer1	X	X	704173	9296760	2596	Quebrada Pampa Verde, aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Laja.
7	QSnbr2	X	X	704778	9297841	2177	Quebrada de Los Derrumbes, aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Laja, las mismas que forman el río La Lima.
8	QSnbr5	-	X	704928	9297858	2152	Quebrada Chorro Blanco, aproximadamente a 30 m aguas arriba de su confluencia por la margen izquierda del Río La Lima.
9	RLLim1	-	X	704929	9297818	2150	Punto ubicado en el río La Lima, después de la confluencia de la quebrada La Laja y la quebrada sin nombre (QSnbr2).
10	QAPeo1	-	X	706104	9298137	2281	Quebrada Agua del Peón, aproximadamente a 800 m aguas arriba de su confluencia por la margen izquierda del río La Lima.
11	QPSol1	-	X	706030	9297296	2121	Quebrada Peña Brava, aproximadamente a 40 m antes de su confluencia por la margen derecha del río La Lima.
12	RLLim2	X	X	706826	9297433	1999	Río La Lima, aguas arriba de la confluencia con el río La Ayraca.
Microcuenca La Ayraca							
13	FLIra2 ^a	X	X	705958	9295675	2211	Manantial ubicado en el caserío La Iraca.



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, a checkmark, a plus sign, a cross, and the letters 'P', 'L', 'U'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época húmeda (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
14	RLGra1	X	X	705761	9294790	2306	Quebrada La Granja, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Tendal.
15	QTend1	X	X	705949	9294853	2284	Quebrada Tendal aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Granja.
16	RLIra1	X	X	706364	9295361	2194	Río La Ayraca ¹² , aguas abajo de la confluencia con las quebradas La Granja y Tendal, las mismas que forman el río La Ayraca.
17	QSnbr1	X	X	706387	9295362	2204	Quebrada sin nombre (S/N) afluente por el margen derecho al río La Ayraca
18	RLIra2	X	X	707038	9296776	2046	Río La Ayraca, aguas arriba de la confluencia de la quebrada Salada
19	QSald1	X	X	707128	9296830	2061	Quebrada Salada, aguas arriba de la confluencia con el río La Ayraca (cercano a las instalaciones del proyecto La Granja).
20	RLIra3	X	X	707111	9296989	2033	Río La Ayraca, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Salada y antes del vertimiento de aguas de la empresa minera Río Tinto.
21	RLIra4	X	X	707146	9297220	2014	Río La Ayraca, aguas abajo del vertimiento declarado de la empresa minera Río Tinto, y antes de la confluencia con el río La Lima.
Microcuenca Checos							
22	FNatu5	X	X	708814	9297314	1972	Manantial del caserío de Checos - La Granja, fuente de abastecimiento para uso poblacional y agrario.
23	QChec1	X	X	708894	9295240	2175	Quebrada Checos, a 300 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre (QSnbr3) afluente por la margen izquierda.
24	QSnbr3	X	X	708415	9295134	2230	Quebrada sin nombre afluente de la quebrada Checos por la margen izquierda.
25	QChec2	X	X	708801	9295592	2130	Quebrada Checos, aguas abajo de la confluencia con la quebrada sin nombre (QSnbr3).
26	QChec3	X	X	708852	9297607	1943	Quebrada Checos, a unos 20 m aguas abajo del puente peatonal y de la carretera que une los



Handwritten notes and signatures: ↑, K, W, P, J, T, LC

¹² Según los IGA, este río se denomina La Ayraca; sin embargo, la población local la denomina La Iraca. Para los resultados y discusiones se utilizó la denominación de los IGA.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época húmeda (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
							centros poblados de Paraguay con La Granja.
Microcuenca Honda							
27	FLPal1	X	X	710431	9295230	2651	Manantial del caserío de La Palma, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
28	FPara1	X	X	713235	9295390	2528	Manantial del caserío Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
29	FSlsa1	X	X	713457	9296334	2447	Manantial del caserío Santa Isabel, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
30	FNatu7	-	X	711546	9297051	2021	Manantial ubicado a la altura de la parte media de la quebrada Honda, aportante a esta.
31	FNaman1	X	X	712828	9297559	2557	Manantial del caserío Nuevo Amanecer, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
32	FEVer1ª	X	X	712830	9297579	2570	Manantial del caserío El Verde, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
33	QHond1	X	X	712211	9295242	2242	Quebrada Honda, aguas arriba de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con La Granja.
34	QHond2	X	X	710844	9298692	1841	Quebrada Honda, aguas arriba de la confluencia con el río Paltic y aguas abajo de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con La Granja.
Subcuenca Paltic							
35	FLFii1	X	X	715400	9299570	2294	Manantial ubicado en el caserío La Fila.
36	FLUñi1	X	X	708305	9298985	2289	Manantial del caserío La Uñiga, centro poblado de La Granja, fuente de abastecimiento para uso poblacional.
37	FNatu4	X	X	710471	9301481	2145	Manantial del caserío el Sauce, centro poblado La Granja, fuente de abastecimiento para uso poblacional y agrario.
38	FNatu8	-	X	708629	9 298186	2023	Manantial ubicado antes del aporte de la quebrada Checos al río Paltic, aportante al río Paltic.
39	FLPam1	X	X	709051	9299435	2158	Manantial del caserío La Pampa, centro poblado de la Granja, fuente de



Handwritten blue notes and symbols on the left margin, including an arrow pointing up, a star, a hash symbol, a letter 'P', a plus sign, and the number '40'.



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

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época húmeda (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
							abastecimiento para uso poblacional.
40	RPalt1	X	X	707099	9297635	1985	Río Paltic, aguas abajo de la confluencia con los ríos La Lima y La Ayraca los mismos que forman el río Paltic.
41	RPalt2	X	X	707614	9297742	1961	Río Paltic, aguas arriba de los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce del río Paltic
42	RPalt3	X	X	708252	9297776	1946	Río Paltic, aguas abajo de los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce del río Paltic
43	RPalt4	X	X	709011	9297852	1920	Río Paltic, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Checos y aguas abajo de las filtraciones de las aguas residuales domésticas de La Granja.
44	RPalt5	X	X	710724	9298677	1744	Río Paltic, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Honda
45	QMPas1	X	X	710121	9300617	2012	Quebrada Mal Paso, aguas arriba de la carretera que une La Granja con el caserío El Sauce.
46	RPalt6	X	X	711892	9300972	1579	Río Paltic, aguas abajo de los aportes de las quebradas Honda y Mal Paso

(a) Se modificaron las coordenadas respecto a la segunda salida en febrero 2018

A pedido de los pobladores de la zona, se consideraron 2 puntos de muestreo en afloramientos de agua cercanos a plataformas de perforación que fueron muestreados en ambos periodos, cuya ubicación y coordenadas se detalla en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua proveniente de afloramientos cercanos a plataformas de perforación

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época húmeda (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
Afloramientos							
1	PPerf1	X	X	706727	9296153	2101	Agua proveniente de plataformas de perforación
2	PPerf2	x	X	706100	9297106	2169	Agua proveniente de plataformas de perforación

6.1.3 Parámetros y métodos de análisis

En esta sección se detallan los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras según el parámetro a determinar. Los informes de ensayo y la sistematización de resultados se encuentran en el Anexo 2.



Para la selección de los parámetros de campo y los que fueron determinados en laboratorio, se consideró los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante, ECA) para agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM¹³.

Referente a la categoría del cuerpo de agua, esta fue asignada siguiendo los lineamientos establecidos por la ANA. Sobre esta base se priorizó los parámetros relacionados con la actividad minera. Asimismo, se consideraron parámetros adicionales que permitieron una mejor interpretación de los resultados.

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

Previo al muestreo y registro de los parámetros de campo se realizó el ajuste y verificación de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, utilizando soluciones buffer de pH (4, 7 y 10 unidades de pH), conductividad eléctrica (1000 µS/cm y 1413 µS/cm). Las muestras fueron puntuales, todos los puntos de muestreo evaluados fueron accesibles, por lo que las mediciones se realizaron directamente en el cuerpo de agua.

Posterior a la toma de muestras, se adicionó preservante a los parámetros que requieren para el análisis, de acuerdo con las indicaciones del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en *coolers* y conservadas en posición vertical con *ice-packs* (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia, para sus análisis. El muestreo contó con el aseguramiento de la calidad de blanco viajero únicamente para el parámetro metales totales.

Es preciso mencionar que los análisis de las muestras en el primer monitoreo fueron realizados por los laboratorios AGQ Perú S.A.C., Inspectorate Services Perú S.A.C. y NSF Envirolab S.A.C.; y en el segundo monitoreo fue realizado por ALS LS PERU S.A.C. Los laboratorios proporcionaron los materiales (frascos y preservantes), según los parámetros evaluados. A continuación, se describen los métodos para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar, utilizados por los laboratorios correspondientes (ver Tabla 6-4).

Tabla 6-4. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Evaluación de época seca (septiembre de 2017)			
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540D, 22nd Ed.2012	Pesaje de filtro mediante secado en 103 – 105 °C	Inspectorate Services Perú S.A.C
Cloruros	EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	Titulación con nitrato de mercurio	NSF Envirolab S.A.C
Sulfatos	EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	Método turbidimétrico	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF part. 4500-CO2, 22nd Ed. 2012.	Cálculo de dióxido de carbono y sus formas alcalinas	

¹³ Decreto que aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones complementarias, aprobado el 6 de junio de 2017.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical line, 'dk', 'dt', 'P', and 'HC'.



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»

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Evaluación de época seca (septiembre de 2017)			
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO ₂ , 22nd Ed. 2012.	Cálculo de dióxido de carbono y sus formas alcalinas	
Mercurio total y disuelto	EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	Espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío	
Metales totales y disueltos	EPA Método 200.7, revisado 4.4, mayo 1994	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	
Cianuro Wad	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN I, 22nd Ed. 2012.	Electrometría	
Cianuro Libre	Analysis Chemistry-CN Revisión, junio 2008 (VALIDADO)	Electrometría	
Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN-C,F; 22nd Ed. 2012.	Electrometría	
Sólidos totales disueltos	SM 2540 C Ed. 22.	Gravimetría	AGQ Perú S.A.C
Evaluación de época de lluvia (febrero de 2018)			
Carbonato	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 b, 22nd Ed. 2012	Método de titulación o valoración	ALS LS PERU S.A.C
Bicarbonato	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 b, 22nd Ed. 2012	Método de titulación o valoración	
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI-B, 22nd Ed. 2012.	Método Argentométrico	
Cromo Hexavalente	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 22nd Ed. 2012.	Método colorimétrico	
Metales disueltos	EPA 6020A, Ver. 1 February 2007	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	
Metales totales	EPA 6020A, Ver. 1 February 2007	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012	Gravimetría	
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Gravimetría	
Sulfatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO ₄ (2)-E, 22nd Ed. 2012	Método turbidimétrico	
Sulfuros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S ₂ -D, 22nd Ed. 2012	Métodos del azul de metileno	
Nitrógeno Amoniacal, Amoniac	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ F, 22nd Ed. 2012	Paso de destilación final/ Método de fenato	

Fuente: Informes de ensayo de los laboratorios Inspectorate Services Perú S.A.C, NSF Envirolab S.A.C, AGQ Perú S.A.C y ALS LS PERU S.A.C

Para los análisis de los parámetros físicoquímicos (sólidos suspendidos totales, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, cianuro wad, cianuro libre, cianuro total, sólidos totales disueltos, cromo hexavalente, sulfuros y nitrógeno amoniacal) e inorgánicos (metales totales y disueltos) las muestras fueron colectadas en envases de plástico (sometidos a un lavado especial para eliminar trazas que pudieron haberse generado en la fabricación de las mismas) y preservados en campo; el tamaño de los frascos y los preservantes utilizados, según el parámetro a evaluar, se especifican en los protocolos de cada laboratorio donde se realizó su análisis. Además, en el caso de los metales disueltos se procedió al filtrado antes de su envasado y preservación.



K
W
P

+



6.1.4 Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se verificaron todos los materiales y herramientas, y se realizaron los ajustes y verificaciones de los equipos. En el caso de la presente evaluación se emplearon los equipos que se presentan en la Tabla 6-5.

Tabla 6-5. Equipos utilizados para el muestreo de agua en el área de influencia del proyecto minero La Granja

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Características	Observaciones
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004977	Ubicación de coordenadas UTM	Equipo empleado en septiembre de 2017
				4HU004996 4HU004998		Equipo empleado en febrero de 2018
2	Multiparámetro	HACH	HQ40d	150500000923 150500000934	Registros de los parámetros de campo.	Equipo empleado en septiembre de 2017
3	Sonda de pH	HACH	PHC201	162562617038 161112618022	Indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa	
4	Sonda de conductividad	HACH	CDC401	151472587021 150252588012	Indica la medida de conductividad eléctrica.	
5	Sonda de oxígeno disuelto	HACH	LDO-101	151282598011	Indica la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto	
			LDO-TM	152892599012		
6	Multiparámetro	HACH	HQ40d	150500000695	Registros de los parámetros de campo.	Equipo empleado en febrero de 2018
7	Sonda de pH	HACH	PHC201	172512567031	Indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa	
8	Sonda de conductividad	HACH	CDC401	172932587007	Indica la medida de conductividad eléctrica.	
9	Sonda de oxígeno disuelto	HACH	PHC201	151352598008	Indica la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto	
10	Correntómetro	GLOBAL WATER	FP111	1550006920	Utilizado para medir la velocidad del río	Equipo empleado en septiembre de 2017
11	Correntómetro	GLOBAL WATER	FP111	1350006593	Utilizado para medir la velocidad del río	Equipo empleado en febrero de 2018

Además de los equipos y materiales listados en la Tabla 6-5, se utilizaron otros materiales complementarios como guantes de látex y PVC, pisetas de 500 mL, cepillos, los cuales se usaron para la manipulación, colecta y preservación de las diferentes muestras. Más detalles se encuentran en el informe N.º 090-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 8) y reporte de campo N.º 003-2018-STEC (Anexo 3).

6.1.5 Aseguramiento de la calidad

De acuerdo con lo señalado en el inciso 6.17 del «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales», se consideraron dentro del aseguramiento de calidad: blanco de campo (1 muestra), blanco viajero (1 muestra) y duplicados uno (1) por cada 10 muestras realizadas) para el parámetro metales totales.



↑

ok

ut

P
f
t
LPC



6.1.6 Criterios de comparación

Para evaluar la calidad de los recursos hídricos, los resultados de los análisis fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

De acuerdo con lo establecido en la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA¹⁴, a los cuerpos de agua que fueron evaluados en el presente estudio no se les ha asignado una categoría; sin embargo, estos tributan al río Paltic que se une al río Chongoyapito, formando el río Ingueryacu para finalmente desembocar en el río Chotano, que es afluente del río Chamaya (código de unidad hidrográfica 49896); el cual se encuentra clasificado en la categoría 3; asimismo este río es tributario por la margen izquierda del río Marañón.

Es así que, de acuerdo a la tercera disposición complementaria transitoria de los ECA para agua, donde se menciona que «... En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha autoridad», a aquellos cuerpos de agua sin categoría, contemplados en el presente estudio, se les asignó la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (en adelante, Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

Con respecto a los resultados de los manantiales, estos fueron comparados referencialmente con la categoría 1: Poblacional y Recreacional, subcategorías A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (en adelante, Cat1A1 y Cat1A2), ya que constituyen afloramientos de agua que, según señalaron los pobladores, son utilizadas como fuente de abastecimiento para consumo poblacional.

Respecto a las concentraciones de las aguas de afloramientos cercanos a plataformas de perforación, fueron comparados referencialmente con la categoría 3, subcategorías D1 y D2.

En la Tabla 6-6, se detallan los estándares de comparación de la calidad de agua que se emplearon para cada cuerpo de agua, conforme a lo que se ha mencionado previamente.

Tabla 6-6. Estándares de comparación de la calidad de agua

Ubicación	Unidad Hidrográfica	Cuerpos de agua	ECA para agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	
			Categoría de comparación	Subcategoría de comparación
Distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca	Río Chamaya	Ríos: Paltic, La Lima y La Ayraca	Categoría 3 «Riego de vegetales y bebida de animales»	D1 «Riego de cultivos de tallo alto y bajo»
		Quebradas: Checos, Honda, La Granja, Tendal, Chorro Blanco, Pampa Verde, Mal Paso, Salada y La Laja		D2 «Bebida de animales»



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

¹⁴ Aprueban la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. R.J. N.° 056-2018-ANA (13/02/2018).



Ubicación	Unidad Hidrográfica	Cuerpos de agua	ECA para agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	
			Categoría de comparación	Subcategoría de comparación
		Manantiales utilizados para consumo poblacional	Categoría 1 «Poblacional y Recreacional»	A1 «Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección»
				A2 «Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional»
		Afloramiento de agua cercano a plataformas de perforación	Categoría 3 «Riego de vegetales y bebida de animales»	D1 «Riego de cultivos de tallo alto y bajo»
		Manantiales que no son utilizados para consumo poblacional		D2 «Bebida de animales»

Finalmente, la sistematización con la comparación normativa y los informes de ensayo se detalla en el Anexo 2.

6.1.7 Análisis de datos

6.1.7.1 Evaluación Hidroquímica

Para realizar la evaluación hidroquímica se ha tenido en cuenta el error de balance iónico, diagrama de Piper, diagrama de Stiff, diagrama de Schöeller – Berkaloff y las relaciones iónicas o diagramas binarios.

a) Error de Balance Iónico (EBI)

El balance iónico es la verificación de la suma de mili-equivalentes (meq) de aniones (Σan) es aproximadamente igual a la suma de mili-equivalentes de cationes (Σcat).¹⁵ Antes de realizar una evaluación hidroquímica se realiza el análisis mediante el cálculo del EBI para verificar la consistencia de los mismos.

Dentro de los iones mayoritarios presentes en el agua, se han considerado los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ para la Σcat ; y los aniones HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- para el cálculo de Σan . Ambas concentraciones se expresan en miliequivalentes por litro (meq/L). De esa manera se establece el error de balance iónico de acuerdo a la siguiente ecuación (Appelo *et al.*, 2005).

$$\text{Error de Balance Iónico (EBI)} = 100 \frac{\Sigma cat - \Sigma an}{\Sigma cat + \Sigma an} \% \quad (6.1)$$

Aunque el EBI es un valor en porcentaje, la Ecuación 6.1 incorpora un signo para mostrar la predominancia de cargas de cationes (signo positivo) o de aniones (signo negativo). Se considera aceptable un EBI entre -10 y +10 % para aguas dulces. Dicho rango de EBI fue considerado en todos los tipos de agua en los estudios realizados. No obstante, un EBI del 2 % es inevitable en casi todos los laboratorios, por lo que se

¹⁵ Información extraída de <http://gidahatari.com/ih-es/factores-que-influencian-el-balance-ionico>



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

debe aceptar un error mayor; no obstante, si el EBI es mayor a 5 %, deberán revisarse los procedimientos, análisis y el muestreo.¹⁶

Algunas muestras presentan valores de EBI fuera del rango óptimo de ± 10 %, con valores demasiado negativos (<< - 10 %). Esto se da en la mayoría de los casos en muestras ácidas con altas concentraciones de metales, resultando un EBI negativo si no se toma en cuenta sobre todo el aluminio (Al³⁺) y hierro (Fe²⁺).

La acidez y la disolución de metales es normalmente causada por rápida e intensa oxidación de piritas (FeS₂) y otros sulfuros en los acuíferos, tras intrusión de oxidantes como O₂, y aumento del potencial redox en un ambiente reductor de SO₄²⁻ (potencial redox Eh << 160 mV).

El EBI con valores positivos no son afectados por los metales en el balance iónico, siendo una de las causas más frecuentes de un EBI demasiado positivo es la subestimación de HCO₃⁻.

Otra causa frecuente de un EBI fuera del rango óptimo de ± 10 % son fortalezas iónicas bajas, debido a bajas concentraciones de analitos, cerca o bajo el límite de detección, donde se magnifican pequeños errores y así aumentan los errores porcentuales.

b) Diagrama de Piper

El concepto de diagrama de Piper fue introducido en 1944 para el estudio de las propiedades hidrogeológicas (Chong, 2016). Se trata de una herramienta útil para el estudio de la evolución química del agua subterránea y superficial¹⁷, y según Soto (2013) es usado en los siguientes análisis: i) tipo de agua; ii) precipitación o disolución de minerales; iii) mezcla de aguas; iv) intercambio iónico e v) identificación de las reacciones químicas más comunes, que cambian la composición de los iones principales (relación agua-roca).

Este diagrama trilinear consiste en dos triángulos equiláteros (gráficos ternarios) que muestran los porcentajes de las concentraciones en mili-equivalentes (meq/L) de los principales cationes que son Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ + K⁺ (triángulo de la izquierda), y los aniones HCO₃⁻ + CO₃²⁻, SO₄²⁻ y Cl⁻ (triángulo de la derecha), como se muestra en la Figura 6-1.



Handwritten notes and signatures on the left margin: an arrow pointing up, followed by 'K', 'H', 'P', 'A', 't', and 'UC'.

¹⁶ El EBI de 5 % fue usado en los estudios de aguas subterráneas realizados por Shubrha Singh, 2015 y K. Srinivasamoorthy, 2014, entre otros.
¹⁷ El EBI de los cationes y aniones en meq/L del agua a evaluar deben estar en el rango óptimo de ± 10 %.



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

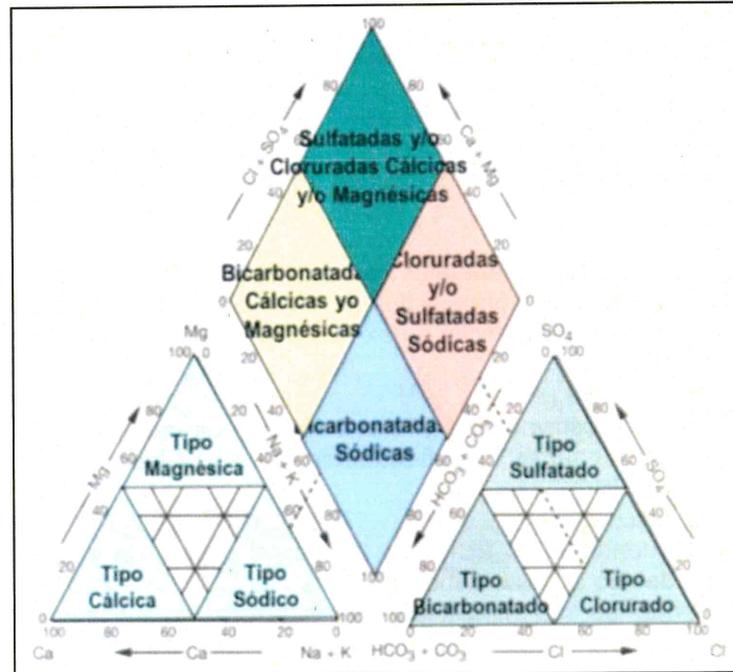


Figura 6-1. Diagrama de Piper
Fuente: Soto (2013)

Los puntos en cada triángulo se unen mediante líneas paralelas en dirección a un rombo ubicado por encima y en medio de los triángulos. Este rombo define cuatro facies (otros autores indican más facies) en función de la composición de los aniones y cationes, formando a menudo los antecedentes para una terminología descriptiva de la composición química del agua (Appelo *et al.* 2005).

El triángulo de los cationes (lado izquierdo), formado por una zona mixta entre los tres tipos de agua, cálcico, sódico y magnésico, aumenta los porcentajes en el sentido de las agujas del reloj, mientras que el triángulo de los aniones (lado derecho), formada por una zona mixta entre los tres tipos de agua, bicarbonatado, clorurado y sulfatado, en sentido contrario.

Los lados del rombo, ubicado en la parte superior del diagrama de Piper, indica en cada uno de sus lados a los cationes: $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ y $Na^{+} + K^{+}$ y aniones: $Cl^{-} + SO_4^{2-}$ y $HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$ ¹⁸, cuyos porcentajes se incrementan en dirección al vértice de la línea vertical (vértice superior: $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ y $Cl^{-} + SO_4^{2-}$ y vértice inferior: $Na^{+} + K^{+}$ y $HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$).

Estos triángulos diferencian las aguas según sus composiciones y así distinguen los diversos tipos de agua de diferentes unidades geológicas e hidrológicas (ver Figura 6-2), entre otros análisis indicados anteriormente.



↑

K

W

P

+

t

RC

¹⁸ Las concentraciones de los cationes CO_3^{2-} no tuvieron influencia significativa en los cuerpos de agua superficial y subterránea en el presente estudio.



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

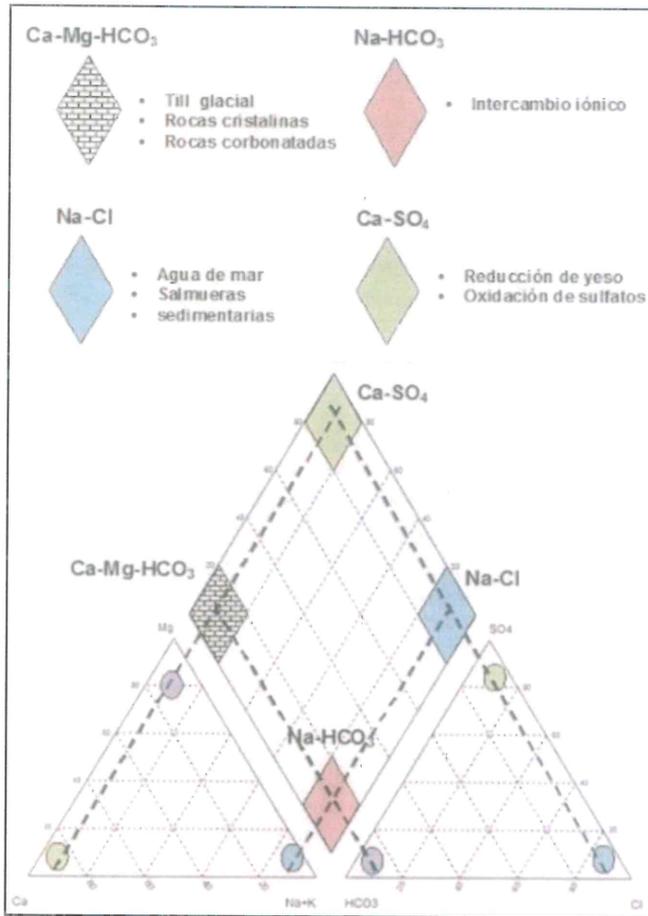


Figura 6-2. Diagrama de Piper
Fuente: Villegas (2011)

c) Diagrama de Stiff

El diagrama de Stiff consiste de tres líneas horizontales¹⁹ y muestra los iones mayoritarios en el agua. En el mismo los cationes están ubicados en el lado izquierdo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $Na^{+} + K^{+}$), y los aniones en el lado derecho ($HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$, $SO_4^{2-} + NO_3^{-}$ y Cl^{-}), tal como se muestra en la Figura 6-3.

¹⁹ Una cuarta línea es opcional que pueden cambiar dependiendo del estudio (Appelo y Postma, 2005). Esta línea comúnmente está formada por hierro (Fe) y nitratos (NO_3) separado de sulfatos (SO_4).



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



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

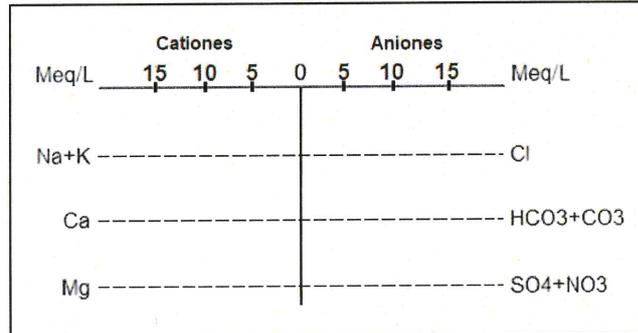


Figura 6-3. Diagrama de Stiff
Fuente: Simler (2017)

En la primera se ubican los iones Na⁺+K⁺ (izquierda) y Cl⁻ (derecha), reflejando la influencia de NaCl, que se encuentra principalmente en el agua de mar o el agua subterránea. En la segunda línea se encuentran el Ca²⁺ (izquierda) y HCO₃⁻ + CO₃²⁻ (derecha), lo que está destinado a mostrar la disolución de CaCO₃. La tercera línea muestra el Mg²⁺ (izquierda) y SO₄²⁻ + NO₃⁻ (derecha) presentando el resto de mayores componentes en la mayoría de las aguas.

Cuando los valores de cada eje son conectados por líneas, emerge una figura geométrica para cada composición específica de agua. Cuando mayor el área del polígono, mayor la concentración del ion (ver Figura 6-4).

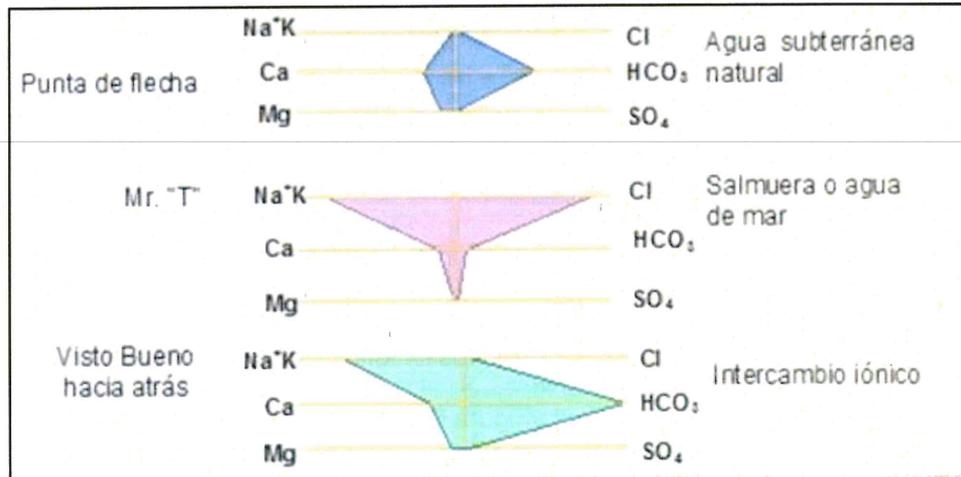


Figura 6-4. Diagrama de Stiff en relación a la mineralización
Fuente: Villegas (2011)

Los diagramas de Stiff pueden presentarse como numerosos polígonos pequeños distribuidos por coordenadas sobre un mapa conocido como «mapa hidroquímico», para dar una idea visual sobre la distribución de los diferentes tipos de agua.

d) Diagrama de Schöeller - Berkaloff

Este diagrama contiene columnas verticales paralelas, espaciadas y divididas en escala logarítmicas. A cada columna están asociados los cationes Ca⁺ y Mg²⁺, los aniones SO₄²⁻ y NO₃⁻, y las sumas de los cationes y aniones Na⁺ + K⁺ y HCO₃⁻ + CO₃²⁻, expresada en mg/L; mientras las dos columnas de los extremos se miden en meq/L (ver Figura 6-5).



K
W

P
K
T
W



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

La utilidad de este diagrama es que permite ver la evolución temporal de los iones mayoritarios del agua en una misma línea de flujo que es formada por la unión de los puntos obtenido de cada columna. La Figura 6-6 muestra un ejemplo de un diagrama de Schöeller – Berkaloff.

Asimismo, este diagrama determina el intercambio iónico, identifica y compara las facies hidroquímicas dominantes determinadas por el diagrama de Piper en los diferentes tipos de agua (salinas y dulces) y zonas de mezclas como los estuarios (salobres) y aguas subterráneas con intrusión marina.

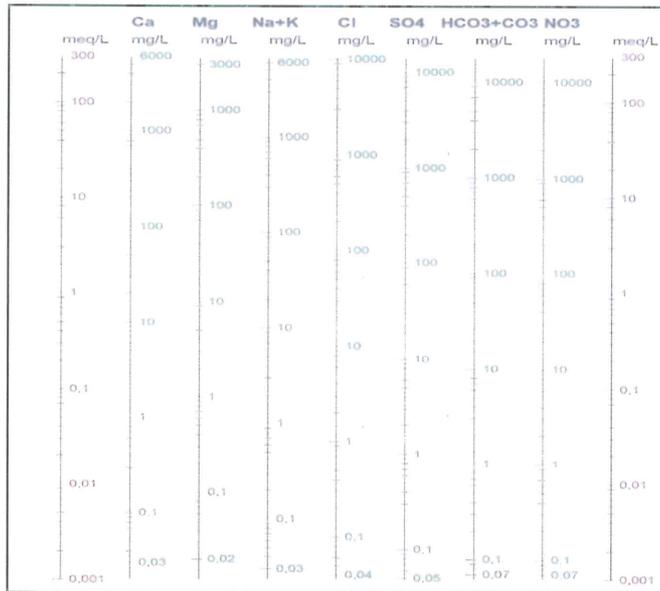


Figura 6-5. Diagrama de Schöeller – Berkaloff
Fuente: Simler (2017)

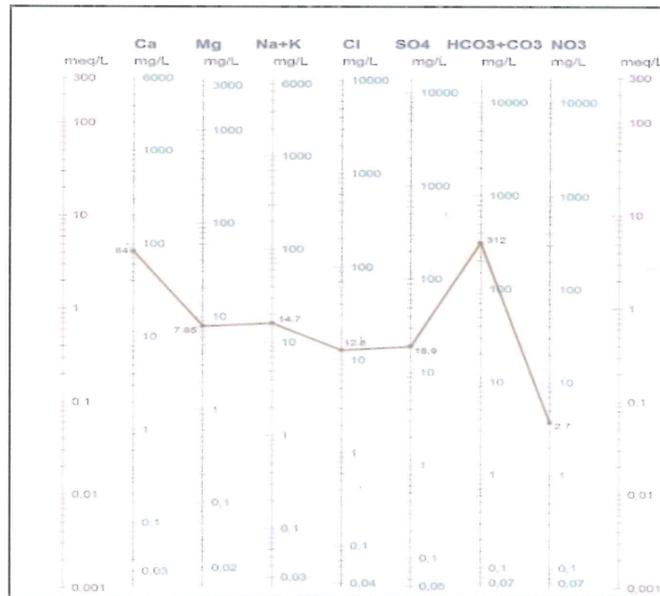


Figura 6-6: Diagrama de Schöeller – Berkaloff
Fuente: Villegas (2011)



K
H
P
*
+
UC



e) Relaciones iónicas o diagramas binarios

Las relaciones iónicas completan la caracterización hidrogeoquímica, pudiéndose representar en una gráfica de dos ejes que permite la visualización de la variación de un catión o anión con respecto a otro catión o anión.

Las relaciones principales se realizan entre los iones Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , B^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- , cuyas concentraciones son expresadas en meq/L o mg/L. Asimismo, las relaciones también pueden darse entre la suma o división de iones como por ejemplo $Cl^-+SO_4^{2-}$ vs Na^++K^+ , o en otras unidades como se da para el diagrama de Wilcox, que representa la conductividad ($\mu S/cm$ o mS/cm) vs porcentaje (%) de Na^+ .

En conjunto, estos gráficos permiten visualizar los efectos de interacción agua roca, mezcla de diferentes tipos de agua (agua dulce - agua de mar), los efectos de interacción agua - roca que dominan la composición química de las aguas subterráneas más que las superficiales (ver Figura 6-7).

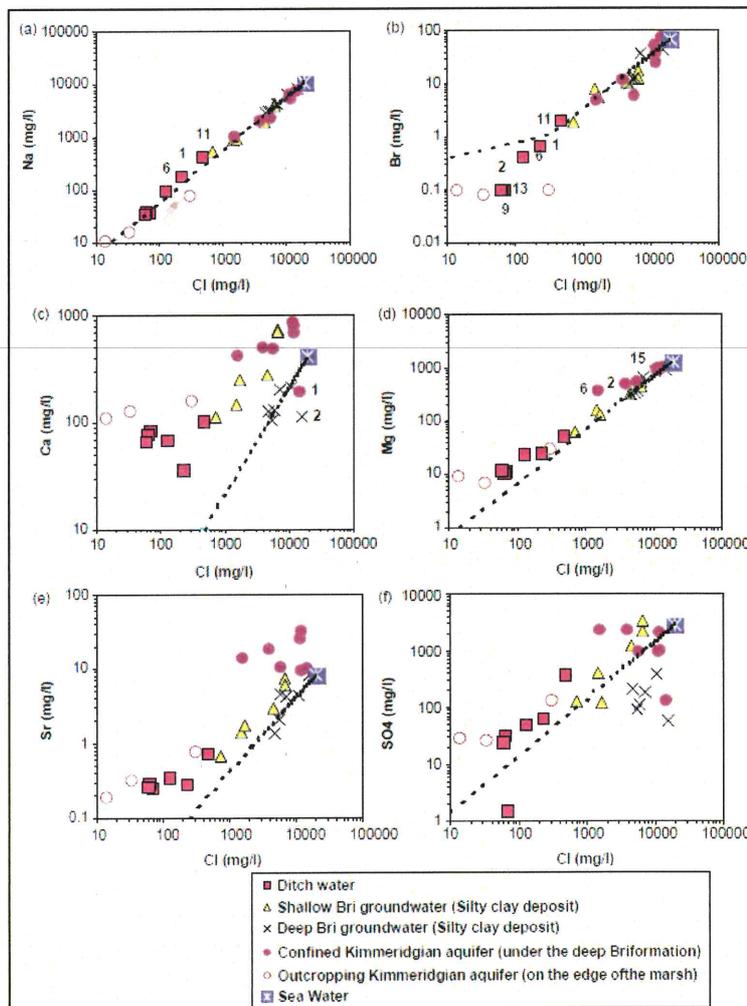


Figura 6-7. Casos de relaciones iónicas

Fuente: Ladouche (2005)



Por otro lado, los diagramas binarios también analizan la relación de las concentraciones de otros parámetros ambientales, entre los cuales se menciona la relación de los cationes metálicos o aniones con los sólidos disueltos totales (SDT) como los diagramas de variación de Gibbs, los metales suspendidos con los sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT) con la conductividad, entre otros.

f) Diagrama de Ficklin

Para reforzar la clasificación geoquímica para el agua, basada en la suma de metales disueltos: zinc, cobre, cadmio, plomo, cobalto y níquel (mg/L) y los valores de potencial de hidrógeno, para determinar la tipología de éstas aguas, y también realizar una comparación entre las zonas de estudio el cual fue representada mediante el diagrama de Ficklin (Plumplee *et al.*, 1994). Es importante señalar que el diagrama Ficklin no considera a las concentraciones de manganeso, aluminio y hierro, por que éstos tienen un comportamiento geoquímico muy diferente (ver Figura 6-8).

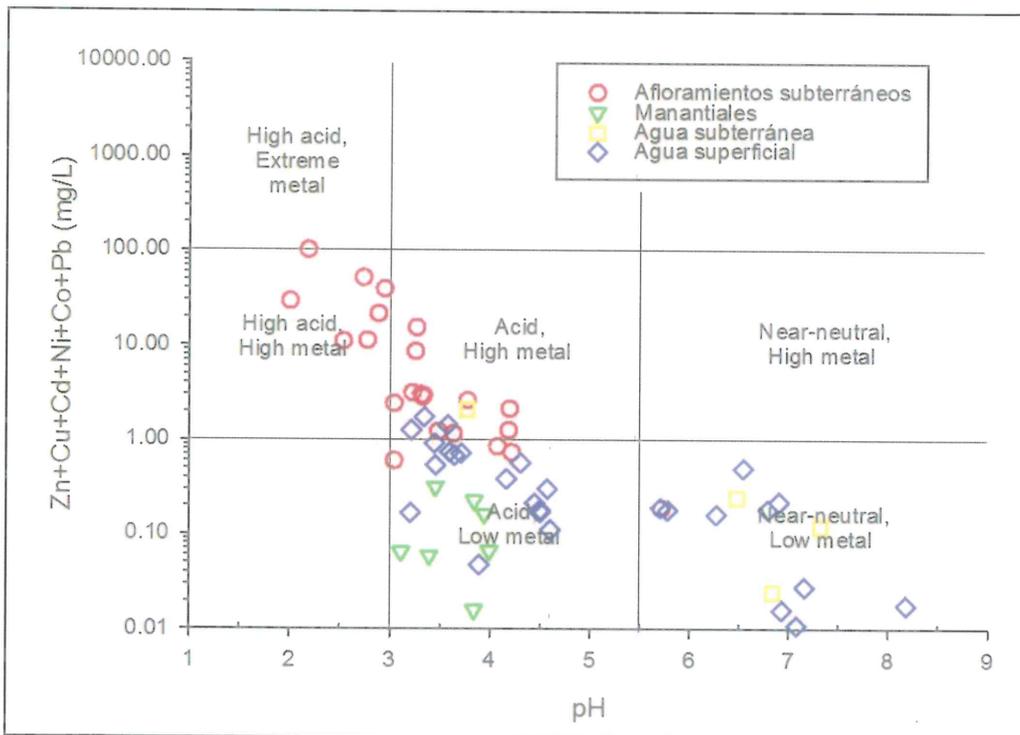


Figura 6-8. Diagrama de Ficklin
Fuente: Plumplee (1994)

6.2 Suelo

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación del componente suelo, en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Se describen las guías utilizadas para la evaluación, la ubicación de los puntos de muestreo, los parámetros evaluados y métodos de análisis, los equipos utilizados y por último los estándares de comparación.



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



6.2.1 Guías utilizadas para la evaluación

Para la evaluación de la calidad del suelo se han tomado en consideración las recomendaciones establecidas en guías de muestreo que se detallan en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7. Referencias para el muestreo de la calidad del suelo

Autoridad emisora	País	Dispositivo legal	Referencia	Año	Sección
Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	Guía para muestreo de suelos	2014	Toda la guía
			Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos		Sección 1
		----	Manual de lineamientos y procedimientos para la elaboración y evaluación de informes de identificación de sitios contaminados	2015	Todo el manual

6.2.2 Ubicación de puntos

Para los puntos de suelo muestreados en septiembre de 2017, el área de estudio comprende los centros poblados de Paraguay y La Granja, y sus respectivos caseríos, entre ellos, La Iraca, La Lima, La Granja, Checos, La Uñiga, El Sauce, La Pampa, La Fila, Paraguay, La Palma, El Verde, Cundín, Nuevo Amanecer y Santa Isabel, del distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.

Los puntos de monitoreo de calidad de suelo agrícola fueron ubicados en las tierras de cultivo (granadilla, yuca, café, etc.) o pastoreo (ganado vacuno) de propiedad de los pobladores de los diversos centros poblados que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto minero La Granja.

Tabla 6-8. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja en época seca (septiembre 2017)

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS-84 Zona 17M			
		Este (m)	Norte (m)		
1	SUE-LFI-01	714236	9300518	2057	Caserío La Fila, cultivo de café
2	SUE-LFI-02	714108	9300437	2113	Caserío La Fila, cultivo de pastos
Microcuenca La Laja					
3	SUE-LLI-01	706946	9297782	2131	Caserío La Lima, cultivo de café y pastos en terrenos del señor Tito coronel
4	SUE-LLI-02	706922	9297939	2144	Caserío La Lima, cultivo de granadilla y pastos en terrenos del señor Froilan Guevara Estela
5	SUE-IRA-01	706556	9297071	2128	Caserío La Iraca, cultivo de yuca, maíz y pastos en terrenos del señor Roberto Cabrera Cubas
6	SUE-IRA-02	704577	9296416	2734	Caserío La Iraca, cultivo de pastos y maíz en terrenos del señor Roberto Cabrera Cubas en la zona Montaña de la Laguna.
Microcuenca Checos					
7	SUE-CHE-01	708775	9295298	2174	Caserío Checos, cultivo de maíz del señor José Vilivan Villanueva
8	SUE-CHE-02	708929	9296386	2071	Caserío Checos, cultivo de maíz y yuca en terreno del señor Félix Villanueva Dávila
Microcuenca Honda					
9	SUE-PAR-01	711664	9296389	2103	Centro poblado Paraguay, cultivos de maíz, yuca, granadilla en el terreno del señor Santos Zamora Vásquez



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS-84 Zona 17M			
		Este (m)	Norte (m)		
10	SUE-PAR-02	712271	9296383	2313	Centro poblado Paraguay, cultivos de granadilla y pastos en el terreno del señor Segundo Santos Zamora Quispe
11	SUE-VER-01	711800	9297204	2157	Caserío El Verde, cultivo de pasto, yuca, café y maíz en el terreno del señor Federico Rufasto
12	SUE-VER-02	712555	9297215	2421	Caserío El Verde, cultivo de pasto en el terreno del Señor Rufasto
13	SUE-CUN-01	712061	9297603	2282	Caserío Cundín, cultivo de maíz, pasto y papa en el terreno del señor Filemón Vilchez
14	SUE-NAM-01	712209	9298864	2387	Caserío Nuevo Amanecer, cultivo de granadilla en el terreno del señor Filemón Vilchez
15	SUE-SIS-01	712231	9296633	2274	Caserío Santa Isabel, en terrenos del señor Elmer Rufasto Zamora
16	SUE-SIS-02	712371	9296604	2310	Caserío Santa Isabel, cultivo de pastos
17	SUE-LPAL	711360	9296943	2188	Caserío La Palma, cultivo de café del señor Quispe Cabrera
Subcuenca Paltic					
18	SUE-LGR-01	708836	9297651	1930	Centro Poblado La Granja, cultivo de plátano y café en terrenos del señor Napo Guevara Púas
19	SUE-LGR-02	708760	9297834	1928	Centro Poblado La Granja, cultivo de granadilla y pastos en terrenos del señor Celso Vázquez Estela
20	SUE-ESA-01	710515	9300612	2043	Caserío El Sauce, cultivo de maíz, frejol y yuca en los terrenos de Gervacio Pérez Mundaca
21	SUE-ESA-02	710556	9301185	2120	Caserío El Sauce, cultivo de granadilla y maíz en el terreno de Marco Huler Cubas Pérez
22	SUE-LPAM-01	709621	9298809	2005	Caserío La Pampa, cultivo de café en el terreno del señor Luis Cubas Días
23	SUE-LPAM-02	709886	9299160	1995	Caserío La Pampa, cultivo de granadilla y pastos
24	SUE-UÑI-01	709103	9298127	1951	Caserío La Uñiga, cultivo de café del señor Celso Edilberto Vázquez Villanueva
25	SUE-UÑI-02	709071	9298286	1978	Caserío La Uñiga, cultivo de pastos del señor Miguel Guevara Pérez

En el caso de los puntos de suelo muestreados en febrero de 2018, se revisó la información de los IGA aprobados (muestreos de suelos), los puntos determinados en la evaluación realizada por el OEFA en el año 2017; además, se consideraron las áreas que podrían ser susceptibles a sufrir alteración relacionadas a la actividad minera; finalmente, se consideró también la dirección del viento. Las ubicaciones de los puntos de muestreo de suelo se detallan en la Tabla 6-9.

Tabla 6-9. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja en época de lluvia (febrero 2018)

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		WGS-84 Zona 17M			
		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca La Laja					
1	SLG-41	706101	9297244	2138	Ubicado sobre ladera con pendiente cóncava en la parte baja de La Iraca, a 80 m aproximadamente del río La Lima.
2	SLG-42	706431	9297021	2150	Ubicado sobre ladera con pendiente convexa en la parte baja de La Iraca al norte de trocha carrozable, a 300 m aproximadamente del río La Lima.
3	SLG-47	705984	9297342	2058	Ubicado sobre terraza fluvial al margen izquierdo del río La Lima a 10 m aproximadamente del mencionado río.
4	SLG-48	706047	9297323	2056	Ubicado sobre ladera con pendiente convexa al margen derecho de la quebrada La Chorrera a 5 m aproximadamente de la mencionada quebrada.



x
 H
 P
 A
 +
 LRC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
5	SLG-49	705914	9297510	2084	Ubicado sobre terraza fluvial en terreno escarpado al margen izquierdo de la quebrada El Peón a 10 m aproximadamente de la ± mencionada quebrada.
6	SLG-50	705780	9297495	2083	Ubicado sobre fondo de valle con pendiente convexa al margen derecho del río La Lima a 20 m aproximadamente del mencionado río.
7	SLG-53	705230	9297808	2134	Ubicado sobre fondo de valle con pendiente convexa al margen derecho del río La Lima a 15 m aproximadamente del mencionado río.
8	SLG-57	704557	9297664	2244	Ubicado sobre terreno ondulado al margen izquierdo del río La Lima a 40 m aproximadamente del mencionado río.
9	SLG-58	704511	9297951	2307	Ubicado sobre terreno socavado con pendiente convexa al margen izquierdo de la quebrada Peña Brava a 30 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
10	SLG-62	704479	9297409	2345	Ubicado sobre ladera con pendiente cóncava al margen derecho de la quebrada Los Alisos a 50 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
11	SLG-63	704331	9297098	2444	Ubicado sobre ladera con pendiente convexa al margen derecho de la quebrada Los Alisos a 7 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
12	SLG-64	704156	9296700	2622	Ubicado sobre colina al margen izquierdo de la quebrada Los Alisos a 10 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
13	SLG-65	703837	9296399	2712	Ubicado sobre ladera al margen derecho de la quebrada Los Alisos a 10 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
14	SLG-66	704364	9297579	2246	Ubicado sobre terraza fluvial con pendiente convexa al margen izquierdo del río La Lima a 50 m aproximadamente del mencionado río.
15	SLG-67	703495	9296334	2701	Ubicado sobre ladera al margen derecho de la quebrada El Cántaro a 30 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
16	SLG-68	703592	9296586	2638	Ubicado sobre ladera al margen derecho de la quebrada El Cántaro a 10 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
Microcuenca La Ayraca					
17	SLG-43	706465	9296057	2147	Ubicado sobre pendiente convexa al margen izquierdo de la quebrada La Mina, a 15 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
18	SLG-44	706269	9295578	2206	Ubicado sobre pendiente convexa al margen derecho de la quebrada El Rollo, a 15 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
19	SLG-75	706218	9295078	2242	Ubicado sobre pendiente convexa al margen derecho del río La Iraca a 30 m aproximadamente del mencionado río.
20	SLG-76	706002	9294865	2281	Ubicado sobre pendiente cóncava al margen derecho del río La Iraca a 60 m aproximadamente del mencionado río.
21	SLG-77	705300	9294491	2375	Ubicado sobre fondo de valle al margen izquierdo de la quebrada Mala Muerte a 15 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
22	SLG-78	705209	9294187	2409	Ubicado sobre fondo de valle al margen izquierdo de la quebrada Mala Muerte a 15 m aproximadamente del mencionado río.
23	SLG-79	704982	9294427	2419	Ubicado sobre terraza fluvial al margen derecho del río La Iraca a 30 m aproximadamente del mencionado río.



↑

✱

P

✱

✱

HC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
24	SLG-80	704721	9294342	2465	Ubicado sobre ladera con pendiente convexa al margen izquierdo del río La Iraca a 30 m aproximadamente del mencionado río.
Microcuenca Checos					
25	SLG-33	709259	9 296 162	2135	Ubicado sobre ladera cóncava al margen izquierdo de la quebrada sin nombre 1, a 5 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
26	SLG-34	709548	9296196	2184	Ubicado sobre ladera cóncava al margen izquierdo de la quebrada sin nombre 1, a 5 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
27	SLG-35	709676	9296091	2227	Ubicado sobre ladera cóncava al margen izquierdo de la quebrada sin nombre 1, a 10 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
28	SLG-36	708788	9295616	2133	Ubicado sobre fondo de valle al margen izquierdo de la quebrada Checos, a 15 m aproximadamente de la quebrada Checos.
29	SLG-37	708327	9295072	2255	Ubicado sobre fondo de valle al margen izquierdo de la quebrada Checos, a 5 m aproximadamente de la quebrada Checos.
30	SLG-38	708031	9294933	2363	Ubicado sobre pendiente convexa al margen izquierdo de la quebrada Checos, a 20 m aproximadamente de la quebrada Checos.
31	SLG-39	707843	9295038	2401	Ubicado sobre pendiente convexa al margen izquierdo de la quebrada Checos, a 50 m aproximadamente de la quebrada Checos.
32	SLG-40	707573	9294959	2478	Ubicado sobre terreno ondulado en la naciente de la quebrada Checos, a 30 m aproximadamente de la quebrada Checos.
33	SLG-54	708862	9296953	2008	Ubicado sobre fondo de valle al margen derecho de la quebrada Checos a 50 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
34	SLG-55	708932	9296679	2054	Ubicado sobre fondo de valle al margen derecho de la quebrada Checos a 150 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
35	SLG-56	709313	9296497	2161	Ubicado sobre ladera en la parte alta del poblado Checos a 300 m aproximadamente en dirección noreste.
36	SLG-59	708936	9296294	2070	Ubicado sobre fondo de valle al margen izquierdo de la quebrada sin nombre 1, a 5 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
37	SLG-60	708965	9295101	2228	Ubicado sobre ladera al margen derecha de la quebrada Checos, a 140 m aproximadamente de la quebrada Checos.
38	SLG-61	709 066	9294880	2338	Ubicado sobre ladera al margen derecha de la quebrada Checos, a 50 m aproximadamente de la quebrada Checos.
39	SLG-74	708 913	9297389	1925	Ubicado sobre ladera al margen derecho de la quebrada Checos a 100 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
Microcuenca Honda					
40	SLG-15	711 122	9297765	1990	Ubicado sobre pendiente al margen izquierdo de la quebrada Honda, a 270 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
41	SLG-16	711 353	9297405	1997	Ubicado sobre pendiente al margen izquierdo de la quebrada Honda, a 80 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
42	SLG-17	711 582	9296906	2060	Ubicado sobre pendiente al margen izquierdo de la quebrada Honda, a 100 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
43	SLG-45	711 557	9296514	2111	Ubicado sobre pendiente al margen izquierdo de la quebrada Honda, a 65 m aproximadamente de la mencionada quebrada.



K

ba

P

+

+

LC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
44	SLG-46	711 575	9296213	2117	Ubicado sobre ladera al margen derecho de la quebrada sin nombre 3 a 10 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
Subcuenca Paltic					
45	SLG-01	712033	9301281	1584	Ubicado sobre ladera en el margen izquierdo del río Paltic a 100 m aproximadamente del mencionado río.
46	SLG-02	711770	9301013	1587	Ubicado sobre fondo de valle al margen izquierdo del río Paltic a 120 m aproximadamente del mencionado río.
47	SLG-03	711420	9300934	1673	Ubicado sobre ladera en el margen izquierdo del río Paltic a 260 m aproximadamente del mencionado río.
48	SLG-04	711208	9300706	1952	Ubicado sobre ladera convexa en el margen izquierdo del río Paltic a 380 m aproximadamente del mencionado río.
49	SLG-05	711110	9300362	1848	Ubicado sobre ladera cóncava en el poblado El Sauce al margen izquierdo del río Paltic a 330 m aproximadamente del mencionado río.
50	SLG-06	710929	9300325	1871	Ubicado sobre ladera al margen izquierdo de la quebrada El Sauce a 70 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
51	SLG-07	710065	9300559	2044	Ubicado sobre ladera cóncava al margen derecho de la quebrada El Sauce a 50 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
52	SLG-08	709867	9300609	2097	Ubicado sobre ladera convexa al margen derecho de la quebrada El Sauce a 60 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
53	SLG-09	709667	9300733	2124	Ubicado sobre ladera al margen derecho de la quebrada El Sauce a 10 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
54	SLG-10	710802	9300127	1888	Ubicado sobre ladera en el poblado La Pampa, al margen izquierdo del río Paltic a 190 m aproximadamente del mencionado río.
55	SLG-11	710834	9299584	1735	Ubicado sobre ladera en el poblado La Pampa, al margen izquierdo del río Paltic a 120 m aproximadamente del mencionado río.
56	SLG-12	710611	9299263	1786	Ubicado sobre ladera en el poblado La Pampa, al margen izquierdo del río Paltic a 260 m aproximadamente del mencionado río.
57	SLG-13	710618	9298786	1805	Ubicado sobre ladera convexa en el poblado La Pampa, al margen izquierdo del río Paltic a 140 m aproximadamente del mencionado río.
58	SLG-14	710864	9298340	2005	Ubicado sobre cima de colina al margen izquierdo de la quebrada Honda, a 300 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
59	SLG-18	710175	9298651	1986	Ubicado sobre ladera convexa en el margen izquierdo del río Paltic a 270 m aproximadamente del mencionado río.
60	SLG-19	709839	9299045	1977	Ubicado sobre ladera del cerro La Pampa al norte del poblado La Pampa.
61	SLG-20	710344	9298238	2013	Ubicado sobre ladera al margen derecho del río Paltic a 210 m aproximadamente del mencionado río.
62	SLG-21	709377	9298180	1936	Ubicado sobre ladera convexa en la parte baja de trocha carrozable, al margen derecho del río Paltic a 180 m aproximadamente del mencionado río.
63	SLG-22	709365	9298499	1989	Ubicado sobre ladera al margen izquierdo de la quebrada sin nombre 2 a 3 m aproximadamente de la mencionada quebrada.



↑

✕

W

P

S

f

LR



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
64	SLG-23	709284	9298832	2084	Ubicado sobre cima de colina, la parte alta del poblado La Pampa.
65	SLG-24	709210	9299222	2165	Ubicado sobre cima de colina, en el cerro La Pampa - Ayabamba.
66	SLG-25	709665	9297935	1963	Ubicado sobre ladera cóncava al margen derecho del río Paltic a 170 m aproximadamente del mencionado río.
67	SLG-26	708816	9297979	1952	Ubicado sobre ladera cóncava en el poblado La Uñiga, a 60 m aproximadamente de la trocha carrozable
68	SLG-27	708969	9298401	1995	Ubicado sobre ladera cóncava en el poblado La Uñiga, a 220 m aproximadamente de la trocha carrozable.
69	SLG-28	708369	9297524	1978	Ubicado en la parte alta del poblado La Granja, al margen derecho del río La Lima a 260 m aproximadamente del mencionado río.
70	SLG-29	707705	9298389	2159	Ubicado sobre ladera, al margen izquierdo de la quebrada Flor de la Lima a 160 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
71	SLG-30	707414	9298827	2348	Ubicado sobre cima de colina, al margen izquierdo de la quebrada Flor de la Lima a 180 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
72	SLG-31	707198	9298548	2343	Ubicado sobre ladera convexa, al margen derecho de la quebrada Flor de la Lima a 185 m aproximadamente ± de la mencionada quebrada.
73	SLG-32	707363	9298226	2190	Ubicado sobre ladera cóncava, al margen derecho de la quebrada Flor de la Lima a 220 m aproximadamente de la mencionada quebrada.
74	SLG-51	709913	9297892	2018	Ubicado sobre ladera en la parte alta de trocha carrozable, y en el margen derecho del río Paltic a 260 m aproximadamente del mencionado río.
75	SLG-52	709141	9297620	1979	Ubicado sobre ladera en la parte alta de trocha carrozable, y en el margen derecho del río Paltic a 300 m aproximadamente del mencionado río.
76	SLG-69	709769	9299400	2003	Ubicado sobre ladera en la parte alta de trocha carrozable del cerro La Pampa.
77	SLG-70	709964	9299779	1979	Ubicado sobre ladera en la parte baja de trocha carrozable del cerro La Pampa.
78	SLG-71	710055	9300103	2003	Ubicado sobre ladera en la parte alta de trocha carrozable y al margen izquierdo del río Paltic, en el cerro La Pampa.
79	SLG-72	710506	9300165	2046	Ubicado sobre cima de colina en el cerro La Pampa a 240 m aproximadamente de la quebrada El Sauce.
80	SLG-73	710348	9300301	2067	Ubicado sobre ladera cóncava en la parte alta de trocha carrozable y al margen derecho de la quebrada El Sauce a 110 m aproximadamente de la mencionada quebrada.

6.2.3 Parámetros y métodos de análisis

Para la selección de los parámetros se priorizó aquellos relacionados con la actividad minera, considerando muestras puntuales, con una profundidad menor a 0,30 m; los parámetros y métodos de análisis se detallan en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio

Parámetros	Unidad	Métodos de análisis	Laboratorio
pH	Unidades de pH	EPA Method 9045 D, Rev. November 1986.	



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

Parámetros	Unidad	Métodos de análisis	Laboratorio
Conductividad eléctrica	dS/m	ENVIROLAB 005 (Basado en la Norma Oficial Mexicana NOM 021-SEMARINA T-2000) (VALIDADO) Junio 2012	NSF Envirolab S.A.C.
Fósforo	ppm	Extracción con solución de Hunter (solución con EDTA y Bicarbonato de Sodio) y posterior cuantificación de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica.	
Potasio	ppm	Extracción con solución de Hunter (solución con EDTA y Bicarbonato de Sodio) y posterior cuantificación de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica.	
CaCO ₃ o acidez cambiante	%	Método gaso-volumétrico en calcímetro	
Materia orgánica	%	Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio	
Textura (arena, limo y arcilla)	%	Método del hidrómetro	
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	Saturación con acetato de amonio	
Cationes cambiables (Calcio, magnesio, sodio y potasio)	meq/100g	Reemplazamiento con acetato de amonio, cuantificación a pH 7.0 por fotometría de llama y/o absorción atómica	
Evaluación de época de lluvia (febrero de 2018)			
Metales totales (+Hg)	mg/kg PS	Espectrometría ICP- MS	AGQ Perú S.A.C.

Fuente: Informes de ensayo de los laboratorios NSF Envirolab S.A.C. y AGQ Perú S.A.C.

6.2.4 Equipos utilizados

Los equipos empleados para el muestreo de suelos se detallan en la Tabla 6-11.

Tabla 6-11. Equipos empleados para el muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Características	Observaciones
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005004	Ubicación de coordenadas UTM	Equipo empleado en septiembre de 2017
			Oregón 650	30D046668		Equipo empleado en febrero de 2018

Adicionalmente, se utilizó un barreno, herramienta de fácil manipulación para coleccionar el suelo superficial hasta unos 20 cm. Más detalles de los equipos y herramientas se encuentran en el informe N.º 090-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 8) y reporte de campo N.º 003-2018-STEAC (Anexo 3).

6.2.5 Criterios de comparación

Los resultados obtenidos del muestreo de suelo de febrero 2018, fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo (en adelante, ECA para suelo) de uso agrícola e industrial aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM.



6.3 Aire

En los apartados siguientes se muestra la metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente aire, comprende el procedimiento para la toma de muestras, ubicación de los puntos de muestreo, los protocolo, equipos y técnicas de análisis, estándares de comparación y la forma de análisis de datos que se emplearon para este componente.

6.3.1 Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la evaluación de calidad de aire, se enmarcó en el «Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa)» (ver Tabla 6-12). En el mencionado protocolo se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de aire, la ubicación de los puntos de muestreo, equipos, aseguramiento y control de calidad del monitoreo, entre otros.

Tabla 6-12. Referencias para el monitoreo de calidad de aire

Autoridad emisora	País	Dispositivo legal	Referencia	Año	Sección
Dirección General de Salud Ambiental (Digesa)	Perú	Resolución Directoral N.º 1404-2005/DIGESA-SA	Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos	2005	5 Diseño del monitoreo. 6 Escalas del monitoreo. 7 Selección de parámetros monitorear. 8 Frecuencia de monitoreo. 9 Selección de métodos de medición. 10 Selección de sitios de monitoreo. 11 Implementación de las estaciones de monitoreo. 12 Operación y mantenimiento de estaciones. 13 Aseguramiento y control de calidad. 14 Procesamiento de la información.



6.3.2 Ubicación de puntos

Las 2 estaciones de monitoreo de la calidad del aire fueron ubicadas considerando la información obtenida en la visita de reconocimiento y de los IGA aprobados por el proyecto minero La Granja.

Las estaciones de monitoreo de calidad de aire se ubicaron en los poblados La Granja y Paraguay, el primero se encuentra en el área de influencia directa del proyecto minero (aproximadamente 1,25 km del proyecto); mientras que, el segundo se ubica fuera del área de influencia indirecta del mismo (aproximadamente a 4,29 km del proyecto).

Se determinó la categoría de «escala local» para la localización de la estación de monitoreo de la calidad del aire, considerando que las 2 estaciones se encuentran en un rango de 4 kilómetros aproximadamente y que ambas estaciones se ubicaron en dirección sotavento del proyecto minero La Granja.

En la Tabla 6-13, se señala la ubicación de puntos de muestreo y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo 1.

Handwritten notes and symbols on the left margin: an arrow pointing up, the letter 'K', a scribble, the letter 'P', a star-like symbol, a cross-like symbol, and the letters 'WC'.

**Tabla 6-13.** Ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire en septiembre del 2017

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM			Descripción
		WGS 84 - Zona 17 M			
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s .n. m.)	
1	CA-LGran1	708724	9297626	1956	Ubicado a 15 m frente al local comunal del poblado de La Granja
2	CA-Parag1	712151	9296419	2289	Ubicado en el estadio del poblado de Paraguay.

6.3.3 Parámetros y métodos de análisis

En esta sección se detallan los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras según el parámetro a determinar. Los informes de ensayo y la sistematización de resultados se encuentran en el Anexo 2.

Para la selección de los parámetros, se consideró lo indicado en la sección 7 del «Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos», y los Estándares de calidad ambiental para aire (en adelante, ECA para aire)²⁰. Además, se consideró los parámetros asociados a los componentes mineros como posibles fuentes de afectación. Este contempló material particulado (PM₁₀) en alto volumen y metales totales en PM₁₀. En la Tabla 6-14 se presentan los parámetros analizados y métodos de análisis.

Tabla 6-14. Métodos de ensayo utilizados por el laboratorio para el análisis de calidad de aire

N.º	Parámetros	Método de ensayo de referencia	Laboratorio
1	PM ₁₀ (Alto Volumen)	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1, Ítem 4 y 5 (excepto 5.1.1, 5.2.3.7 y 5.3), 1999	AGQ Labs & Technological Services
2	Metales Totales en PM ₁₀	EPA IO-3.5 1999	

Fuente: Informes de ensayo del laboratorio AGQ Perú S.A.C

La medición de datos meteorológicos contempló el registro de temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. Dichas mediciones se realizaron durante el período de monitoreo de la calidad del aire. Adicionalmente, se midieron las presiones diferenciales al inicio y término de un período de 24±1 horas de muestreo, para realizar los cálculos de volumen estándar (Anexo 7).

6.3.3.1. Monitoreo de material particulado PM₁₀

Para la determinación de material particulado PM₁₀, se calculó el flujo promedio durante el periodo de monitoreo corregido a condiciones de referencia o estándar (25°C; 101,3 kPa) siguiendo la Ecuación 6-2.

$$Q_{std} = Q_a \left(\frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left(\frac{T_{std}}{P_{std}} \right) \quad (6.2)$$

Donde:

Q_{std} : Flujo promedio a condiciones de referencia indicadas (25 °C; 101,3 kPa), m³/min

Q_a : Flujo promedio a condiciones ambientales, m³/min

P_{av} : Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o presión

²⁰ Decreto que aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones complementarias, aprobado el 7 de junio de 2017.



- barométrica promedio para el lugar de muestreo (kPa o mm de Hg)
 T_{av} : Temperatura ambiente promedio durante el periodo de muestreo o
 temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo (K)
 T_{std} : Temperatura estándar, definida como 298 K
 P_{std} : Presión estándar, definida como 101,3 kPa o 760 mm de Hg)

Una vez calculado el flujo promedio, se procede a calcular el volumen total de aire muestreado, el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$V_{std} = (Q_{std})(t) \quad (6.3)$$

Donde:

- V_{std} : Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen (m³)
 t : Tiempo de muestreo (min)

Seguidamente, con los resultados de pesos en los filtros de PM₁₀ determinados por el laboratorio, se realiza el cálculo de concentración de material particulado en unidades de masa por unidad de volumen, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$PM_{10} = (W_f - W_i) \times 10^6 / V_{std} \quad (6.4)$$

Donde:

- PM_{10} : Concentración máscica de material particulado, en µg/std m³
 $W_f - W_i$: Peso final y peso inicial del filtro colector de partículas, en g.

De manera análoga se determinan las concentraciones de metales en filtros PM₁₀, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$C_{metal} = (W_{metal}) \times 10^6 / V_{std} \quad (6.5)$$

Donde:

- C_{metal} : Concentración del metal, en µg/std m³
 W_{metal} : Peso del metal, en g
 V_{std} : Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen (m³)

6.3.4 Equipos utilizados

Los equipos se instalaron siguiendo los criterios técnicos establecidos en el protocolo, es decir, manteniendo las distancias con los obstáculos y altura adecuada para el ingreso de la muestra en los cabezales de muestreador de alto volumen. Las herramientas y equipos empleados para el muestreo de aire se detallan en la Tabla 6-15.

Tabla 6-15. Características de los equipos y accesorios para el monitoreo de calidad de aire en el área de influencia del proyecto minero La Granja.

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Características
1	Venturi PM ₁₀	Thermo Scientific	G10557	P9309X P9316X	Medición de material particulado
2	Estación meteorológica	Campbell	CR1000 CR6	30821 2590	Medición de parámetros meteorológicos
3	Manómetro digital	Traceable	3461	-	Regulador de presión

(-): No corresponde



6.3.5 Criterios de comparación

Los resultados de la evaluación de calidad del aire fueron comparados con los ECA para aire vigente, indicados en la Tabla 6-16.

Tabla 6-16. Estándares nacionales de calidad ambiental del aire (2017)

Parámetro	Periodo	Forma del estándar	
		Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Formato
Material particulado menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año

Para metales en PM_{10} , dado que los estándares nacionales no contemplan concentraciones para periodos de 24 horas, se ha tomado referencialmente los Estándares de calidad ambiental del Ministerio de Ambiente de Canadá (Ontario's Ambient Air Quality Criteria [AAQC], 2012), tal como se muestran en la Tabla 6-17.

Tabla 6-17. Estándar canadiense de calidad de aire

CASRN	Contaminante	AAQC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo promedio
7440-36-0	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24 Horas
7784-42-1	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24 Horas
7440-41-7	Berilio y compuestos de Berilio	0,01	24 Horas
7440-42-8	Boro	120	24 Horas
7440-43-9	Cadmio y compuestos de Cadmio	0,025	24 Horas
7440-48-4	Cobalto	0,1	24 Horas
7440-50-8	Cobre	50	24 Horas
7440-47-3	Cromo y compuestos	0,5	24 Horas
15438-31-0	Hierro (metálico)	4	24 Horas
7439-92-1	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24 Horas
7439-96-5	Manganeso y compuestos de Manganeso	0,2	24 Horas
7439-97-6	Mercurio (Hg)	2	24 Horas
7439-98-7	Molibdeno	120	24 Horas
7440-02-0	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24 Horas
7782-49-2	Selenio	10	24 Horas
7440-22-4	Plata	1	24 Horas
7440-24-6	Estroncio	120	24 Horas
7440-31-5	Estaño	10	24 Horas
7440-32-6	Titanio	120	24 Horas
7440-61-1	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24 Horas
7440-62-2	Vanadio	2	24 Horas
7440-66-6	Zinc	120	24 Horas

CASRN: Chemical Abstracts Services Registry Number

AAQC: Ambient Air Quality Criteria.

Fuente: Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards- Abril 2012

6.4 Sedimento

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación del componente sedimento en ambientes lóticos (ríos y quebradas), en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Se describe la ubicación de los puntos de muestreo; protocolos, equipos y técnicas de análisis; y estándares de comparación.

6.4.1 Guías utilizadas para la evaluación

La toma de muestras de sedimentos se efectuó referencialmente de acuerdo con guías de Colombia y México, además de los manuales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, cuyo detalle se presenta en la Tabla 6-18. Asimismo, se tomó en cuenta las especificaciones establecidas por el laboratorio acreditado ante Inacal, para la preservación y conservación de las muestras.



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

Tabla 6-18. Guías y protocolos de monitoreo para sedimentos en el proyecto minero La Granja

Autoridad emisora	País	Dispositivo legal	Referencia	Año	Sección
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Colombia	-	Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimentos para la determinación de metales	2009	7.3 Toma de muestras de sedimentos (pp. 5 – 6) 8.0 Cantidad de muestra (pp. 7) 9.2 Técnicas de preservación (pp. 7)
Instituto nacional de ecología y cambio climático. Inecc-CCA	México	-	Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del Pronam	2010	3.4 Muestreo de sedimentos (pp. 29) 3.4.6 Procedimientos de muestreo (pp. 33 – 34) 3.4.7 Preservación y traslado de las muestras al laboratorio (pp. 34)
Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos	Estados Unidos de América	-	Métodos de recolección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos	2001	Capítulo 2. Planes de estudio de monitoreo y evaluación de sedimentos
			Muestreo de sedimentos	2016	Sección 7. Procedimiento

(-): No corresponde

6.4.2 Ubicación de puntos

Los recursos hídricos a ser evaluados comprenden: los ríos Paltic, La Lima, La Iraca, así como las quebradas Checos, Honda, La Granja, Tendal, Chorro Blanco, Pampa Verde y Mal Paso, los cuales forma parte de la cuenca del río Marañón.

Los puntos de muestreo fueron determinados en base a la revisión de los IGA y de la evaluación realizada por el OEFA en el año 2017, En la Tabla 6-19 se describen los puntos de muestreo a evaluar, siendo un total de 19 puntos.

La evaluación de sedimento se desarrolló en 2 etapas: La primera evaluación se desarrolló en el mes de septiembre de 2017 correspondiente a la época seca o de estiaje, donde se evaluaron un total de 16 puntos de muestreo, tomando solo el parámetro metales totales.

La segunda evaluación se desarrolló en el mes de febrero de 2018 correspondiente a la época lluviosa o avenida, donde se evaluaron un total de 8 puntos de muestreo, tomando el parámetro metales totales y extracción química secuencial por metodología de Tessier para los puntos SED-QPsol1 y SED-QSald1.

Tabla 6-19. Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos en el área de influencia del proyecto minero La Granja

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época lluviosa (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca La Laja							
1	SED-RLLim2	X	-	706826	9297433	1999	Río La Lima, aguas arriba de la confluencia con el río La Iraca
2	SED-QPVer1	X	X	704173	9296760	2603	Quebrada Pampa Verde, aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Laja.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época lluviosa (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
3	SED-QPSol1	X	X	706030	9297296	2121	Quebrada Peña Brava, aproximadamente a 40 m antes de su confluencia por la margen derecha del río La Lima
4	SED-QSnbr4	-	X	703592	9297298	2362	Quebrada sin nombre, aproximadamente A 150 m aguas arriba de su confluencia por la margen derecha del río La Lima
Microcuenca La Ayraca							
5	SED-RLIra1	X	-	706364	9295361	2194	Río La Iraca, aguas abajo de la confluencia con las quebradas La Granja y Tendal, las mismas que forman el río La Iraca.
6	SED-RLIra2	X	-	707038	9296776	2046	Río La Iraca, aguas arriba de la confluencia de la quebrada Salada
7	SED-RLIra3	X	-	707111	9296989	2033	Río La Iraca, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Salada y antes del vertimiento de aguas de la empresa minera Río Tinto.
8	SED-RLIra4	X	-	707146	9297220	2014	Río La Iraca, aguas abajo del vertimiento declarado de la empresa minera Río Tinto, y antes de la confluencia con el río La Lima.
9	SED-QTend1	-	X	705949	9294853	2286	Quebrada Tendal aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Granja.
10	SED-QSnbr1	-	X	706387	9295362	2198	Quebrada sin nombre (S/N) afluente por el margen derecho al río La Iraca
11	SED-QSald1	X	X	707128	9296830	2052	Quebrada Salada, aguas arriba de la confluencia con el río La Iraca (cercano a las instalaciones del proyecto La Granja).
Microcuenca Checos							
12	SED-QChec3	X	-	708 852	9297607	1943	Quebrada Checos, a unos 20 m aguas abajo del puente peatonal y de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con La Granja.
Microcuenca Honda							
13	SED-QHond1	X	X	712211	9295242	2248	Quebrada Honda, aguas arriba de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con La Granja.
14	SED-QHond2	X	-	710844	9298692	1841	Quebrada Honda, aguas arriba de la confluencia con el río Paltic y aguas abajo de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con la Granja.
Subcuenca Paltic							



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, a checkmark, a signature, a 'P', a star, a plus sign, and 'LPC'.



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

N.º	Puntos de muestreo	Época seca (septiembre 2017)	Época lluviosa (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
15	SED-RPalt1	X	-	707099	9297635	1985	Río Paltic, aguas abajo de la confluencia con los ríos La Lima y La Iraca los mismos que forman el río Paltic.
16	SED-RPalt4	X	-	709011	9297852	1920	Río Paltic, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Checos y aguas abajo de las filtraciones de las aguas residuales domésticas de La Granja.
17	SED-RPalt5	X	-	710724	9298677	1744	Río Paltic, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Honda
18	SED-RPalt6	X	-	711892	9300972	1579	Río Paltic, aguas abajo de los aportes de las quebradas Honda y Mal Paso
19	SED-QMPas1	X	X	710121	9300617	2021	Quebrada Mal Paso, aguas arriba de la carretera que une La Granja con el caserío El Sauce.

6.4.3 Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para evaluar la calidad de sedimentos fueron seleccionados en función de la actividad minera, los cuales son detallados en la Tabla 6-20.

Tabla 6-20. Parámetros y cantidad de puntos muestreo para sedimentos en el área de influencia del proyecto minero La Granja

Nº	Componente ambiental	Parámetro a evaluar	Cantidad de puntos de muestreo
1	Sedimentos	Metales totales	19
2		Extracción secuencial de metales por la metodología de Tessier	2*

* Este parámetro solo se considera para los puntos SED-QPso1 y SED-QSald1 muestreados en época de lluvia (febrero de 2018)

6.4.4 Equipos utilizados

Las herramientas y equipos empleados para el muestreo de suelos se detallan en la Tabla 6-21.

Tabla 6-21. Equipos empleados para el muestreo de suelos en el área de influencia del proyecto minero La Granja

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Características	Observaciones
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005004	Ubicación de coordenadas UTM	Equipo empleado en septiembre de 2017
2			Oregón 650	30D046668		Equipo empleado en febrero de 2018

(-): No corresponde



Se utilizó adicionalmente una pala de polietileno y una bandeja donde se homogenizó la muestra. Más detalles se encuentran en el informe N.º 090-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 8) y reporte de campo N.º 003-2018-STE (Anexo 3).

6.4.5 Criterios de comparación

Para evaluar la calidad de los sedimento se utilizó de manera referencial los valores de la Guía de Calidad Ambiental para Sedimentos en Cuerpos de Agua Dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water*)²¹; puesto que, a la fecha, no se cuenta con una normativa nacional sobre estándares de calidad para sedimentos. La guía de calidad en mención presenta valores para 7 metales arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc; además, la misma determina el valor ISQG (*Interim Sediment Quality Guideline*) que es la concentración por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos. En la misma guía, se presenta el valor PEL (*Probable Effect Level*) que es la concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia.

6.5 Comunidades hidrobiológicas

En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo para evaluar las comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces) en ambientes lóticos (ríos y quebradas), y en manantiales, en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Se describe la ubicación de los puntos de muestreo; protocolos, equipos, técnicas de análisis; y estándares de comparación y análisis de datos.

6.5.1 Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada en la evaluación de las comunidades hidrobiológicas tuvo como base la guía «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», cuyo detalle se presenta en la Tabla 6-22.

Tabla 6-22. Guías de muestreo de comunidades hidrobiológicas en el proyecto minero La Granja

Autoridad emisora	País	Dispositivo legal	Referencia	Año	Sección
Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú	-	Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú	2014	4.1.2 Técnicas de colecta – perifiton 5.1.2. Métodos de recolección cualitativos – bentos (macroinvertebrados) 6.1.2 Diseño del monitoreo – necton (peces) 6.1.3.1 Colectas para invertebrados taxonómicos y casos particulares

En la mencionada guía se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse, como la logística mínima necesaria, establecimiento de los puntos de monitoreo, preparación de materiales, equipos en indumentaria de protección,

²¹ Disponible en: http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/. Consultado el 19 de enero de 2017.



↑
K
W
P
*
+
RC



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

procedimiento para la toma de muestras, preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros; teniendo en cuenta lo siguiente:

- i. Perifiton: Para la colecta de muestras de perifiton se obtuvieron raspados superficiales de piedras u otros sustratos sumergidos en un área de 25 cm² (5 x 5 cm). Para tal fin, del lado más regular de una piedra u otro sustrato duro se delimitó un área de 5 x 5 cm y, ayudados con un cepillo y una piseta con agua destilada, se obtuvo un raspado (muestra) en un pote de 250 ml. La muestra final fue etiquetada y preservada con formol al 4 % (4 ml de formol por 100 ml de muestra) con la ayuda de una jeringa para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por especialistas del OEFA.
- ii. Macroinvertebrados bentónicos: Para la colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red Surber de 500 µm de luz de malla y 0,09 m² (30 x 30 cm) de área. Para tal fin, se colocó el marco cuadrado de la red Surber en el fondo del ambiente a evaluar, en sentido contrario a la corriente, luego se removió con fuerza el sustrato con las manos para facilitar el desprendimiento de los organismos y estos queden atrapados en la red. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 0,27 m². La muestra final fue vertida en potes de 1 L, etiquetada y preservada con etanol al 70% para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por NSF Envirolab.
- iii. Peces: Para la colecta de peces se utilizó la red de mano o cal cal por un periodo de 15 minutos a nivel de las orillas, teniéndose en consideración hábitats potenciales como son refugios de peces, zonas con vegetación sumergida, raíces, etc. A los peces colectados se les preservó en alcohol al 70 % para su posterior análisis cuantitativo y cualitativo por especialistas de OEFA.

6.5.2 Ubicación de puntos



Los puntos de muestreo fueron establecidos en los mismos cuerpos de agua donde se tomaron muestras de agua superficial. Cabe señalar que no se consideró la misma cantidad de puntos de muestreo, pero si la distribución de puntos que abarca las principales quebradas y ríos ubicados en el área de influencia del proyecto minero La Granja y en los centros poblados de Paraguay y La Granja.

La evaluación de comunidades hidrobiológicas se llevó a cabo en 2 etapas: La primera evaluación se desarrolló en el mes de septiembre de 2017 correspondiente a la época seca o de estiaje, donde se evaluaron un total de 20 puntos de muestreo, tomando muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, es necesario mencionar que al principio del monitoreo se tuvo contemplado coleccionar muestras de peces; sin embargo, esto no fue posible ya que los cuerpos de agua evaluados no mostraron condiciones favorables para pescar como en el río Paltic, mientras que los tributarios del mismo, no constituían hábitats que permitan el desarrollo de peces.

La segunda evaluación se desarrolló en el mes de febrero de 2018 correspondiente a la época lluviosa o avenida, donde se evaluaron un total de 41 puntos de muestreo, de los cuales 11 corresponden a manantiales donde se evaluó solamente perifiton y 30 corresponden a ambientes lóticos (ríos y quebradas) donde se evaluó perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces. La colecta de cada una de las comunidades estuvo condicionada a las características del hábitat de cada punto.

↑
K
W
P
+
LPC



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

La época de evaluación, comunidades evaluadas, la ubicación y coordenadas de los puntos de muestreo para ríos y quebradas se presenta en la Tabla 6-23, mientras que su distribución espacial se puede observar en los mapas de ubicación (ver Anexo 1).

Tabla 6-23. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas

N.º	Punto de muestreo	Epoca seca (septiembre 2017)	Época de lluvia (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca La Laja							
1	HID-QLLaj1	X	X	703485	9297431	2354	Quebrada La Laja, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Pampa Verde (comunidad La Iraca).
2	HID-QSnbr4	-	X	703592	9297298	2362	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 150 m aguas arriba de su confluencia por la margen derecha del río La Lima
3	HID-QPVer1	X	X	704173	9296760	2596	Quebrada Pampa Verde, aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Laja.
4	HID-QSnbr2	X	X	704778	9297841	2177	Quebrada sin nombre, aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Laja, las mismas que forman el río La Lima.
5	HID-QSnbr5	-	X	704928	9297858	2152	Quebrada Chorro Blanco, aproximadamente a 30 m aguas arriba de su confluencia por la margen izquierda del Río La Lima
6	HID-RLLim1 ^a	-	X	704929	9297818	2150	Punto ubicado en el río La Lima, después de la confluencia de la quebrada La Laja y la quebrada sin nombre (QSnbr2)
7	HID-QAPeó1	-	X	706104	9298137	2281	Quebrada Agua del Peón, aproximadamente a 800 m aguas arriba de su confluencia por la margen izquierda del río La Lima
8	HID-QPSol1	-	X	706030	9297296	2121	Quebrada Peña Brava, aproximadamente a 40 m antes de su confluencia por la margen derecha del río La Lima
9	HID-RLLim2	X	X	706826	9297433	1999	Río La Lima, aguas arriba de la confluencia con el río La Iraca
Microcuenca La Ayraça							
10	HID-RLGra1 ^a	-	X	705761	9294790	2306	Quebrada La Granja, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Tendal.
11	HID-QTend1 ^a	X	X	705949	9294853	2284	Quebrada Tendal aguas arriba de la confluencia con la quebrada La Granja.
12	HID-RLIra1 ^a	X	X	706364	9295361	2194	Río La Iraca, aguas abajo de la confluencia con las



↑
x
H
P
f
+
PC



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo 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	Punto de muestreo	Epoca seca (septiembre 2017)	Época de lluvia (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
							quebradas La Granja y Tendal, las mismas que forman el río La Iraca.
13	HID-QSnbr1 ^a	-	X	706387	9295362	2204	Quebrada sin nombre (S/N) afluente por el margen derecho al río La Iraca
14	HID-RLIra2 ^a	X	X	707038	9296776	2056	Río La Iraca, aguas arriba de la confluencia de la quebrada Salada
15	HID-QSald1	-	X	707128	9296830	2061	Quebrada Salada, aguas arriba de la confluencia con el río La Iraca (cercano a las instalaciones del proyecto La Granja).
16	HID-RLIra3 ^{ab}	-	X	707111	9296989	2033	Río La Iraca, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Salada y antes del vertimiento de aguas de la empresa minera Río Tinto.
17	HID-RLIra4	X	X	707146	9297220	2014	Río La Iraca, aguas abajo del vertimiento declarado de la empresa minera Río Tinto, y antes de la confluencia con el río La Lima.
Microcuenca Checos							
18	HID-QChec1 ^a	X	X	708894	9295240	2178	Quebrada Checos, a 300 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre (QSnbr3) afluente por la margen izquierda.
19	HID-QSnbr3 ^a	X	X	708415	9295134	2230	Quebrada sin nombre afluente de la quebrada Checos por la margen izquierda.
20	HID-QChec2 ^a	X	X	708801	9295592	2130	Quebrada Checos, aguas abajo de la confluencia con la quebrada sin nombre (QSnbr3).
21	HID-QChec3 ^a	X	X	708852	9297607	1943	Quebrada Checos, a unos 20 m aguas abajo del puente peatonal y de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con La Granja.
Microcuenca Honda							
22	HID-QHond1	X	X	712211	9295242	2242	Quebrada Honda, aguas arriba de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con La Granja.
23	HID-QHond2	X	X	710844	9298692	1841	Quebrada Honda, aguas arriba de la confluencia con el río Paltic y aguas abajo de la carretera que une los centros poblados de Paraguay con la Granja.





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

N.º	Punto de muestreo	Epoca seca (septiembre 2017)	Época de lluvia (febrero 2018)	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
Subcuenca Paltic							
24	HID-RPalt1 ^a	X	X	707099	9297635	1985	Río Paltic, aguas abajo de la confluencia con los ríos La Lima y La Iraca los mismos que forman el río Paltic.
25	HID-RPalt2 ^{ab}	-	X	707614	9297742	1961	Río Paltic, aguas arriba de los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce del río Paltic
26	HID-RPalt3	X	X	708252	9297776	1946	Río Paltic, aguas abajo de los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce del río Paltic
27	HID-RPalt4 ^a	X	X	709011	9297852	1920	Río Paltic, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Checos y aguas abajo de las filtraciones de las aguas residuales domésticas de La Granja.
28	HID-RPalt5 ^a	X	X	710724	9298677	1744	Río Paltic, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Honda
29	HID-QMPas1 ^a	X	X	710121	9300617	2012	Quebrada Mal Paso, aguas arriba de la carretera que une La Granja con el caserío El Sauce.
30	HID-RPalt6 ^a	X	X	711892	9300972	1579	Río Paltic, aguas abajo de los aportes de las quebradas Honda y Mal Paso

(a): Puntos donde se colecto muestras de peces
(b): Puntos donde se colecto solo la comunidad de perifiton

En el caso específico de la colecta de peces, estuvo sujeta a las condiciones del caudal del río y la ausencia de ejemplares a pesar de los intentos de pesca realizados con la red cal-cal.

En la Tabla 6-24 se detalla la ubicación y coordenadas de los puntos de manantiales que fueron evaluados en la época de lluvia o avenida, en los cuales se colectó la comunidad de perifiton.

Tabla 6-24. Ubicación de los puntos de muestreo de manantiales para la colecta de perifiton

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Manantiales C.P. Paraguay					
1	HID-FLPal1	710431	9295230	2651	Manantial del caserío de La Palma, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
2	HID-FNatu7	711546	9297051	2021	Manantial ubicado a la altura de la parte media de la quebrada Honda, aportante a esta.
3	HID-FNaman1	712828	9297559	2557	Manantial del caserío Nuevo Amanecer, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
4	HID-FEVer1	712830	9297579	2570	Manantial del caserío El Verde, centro poblado de Paraguay, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
Manantiales C.P. La Granja					



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

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
5	HID-FLIra1	703654	2925777	2909	Manantial ubicado en el caserío La Iraca
6	HID-FLIra2	705958	9295675	2211	Manantial ubicado en el caserío La Iraca
7	HID-FLUñi1	708305	9298985	2289	Manantial del caserío La Uñiga, centro poblado de La Granja, fuente de abastecimiento para uso poblacional.
8	HID-FNatu1	704724	9296925	2606	Manantial ubicado en el caserío La Iraca a 300 m de una plataforma de perforación (exploración de proyecto minero La Granja)
9	HID-FNatu5	708814	9297314	1972	Manantial del caserío de Checos - La Granja, fuente de abastecimiento para uso poblacional y agrario.
10	HID-FNatu6	705783	9298629	2401	Manantial del caserío de La Lima, centro poblado La Granja, fuente de abastecimiento para consumo poblacional.
11	HID-FLPam1	709051	9299435	2158	Manantial del caserío La Pampa, centro poblado de la Granja, fuente de abastecimiento para uso poblacional.

6.5.3 Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6-25 se detallan los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar. Los informes de ensayo y la sistematización de datos se encuentran en el Anexo 2.

Tabla 6-25. Parámetros y métodos de ensayo utilizados para los análisis hidrobiológicos

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Unidad de conteo	Técnica empleada	Observaciones
Perifiton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	Organismos/cm ²	Identificación taxonómica y análisis cuantitativo	OEFA*
Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	Organismos/0,27m ²		NSF Envirolab S.A.C
Peces	SMEWW 10600-D	Número de individuos		OEFA*

Fuente: Informes de ensayo del laboratorio NSF Envirolab S.A.C.

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

6.5.4 Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se verificaron todos los materiales y herramientas, y se realizaron los ajustes y verificaciones de los equipos. En el caso de la presente evaluación se emplearon los materiales y equipos que se presentan en la Tabla 6-26.

Tabla 6-26. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Características	Observaciones
1	Equipo de posicionamiento GPS	GARMIN	Montana 680	4HU004977	Ubicación de coordenadas UTM	Equipo empleado en septiembre de 2017
2		Garmin	Montana 680	4HU004996 4HU004998		Equipo empleado en febrero de 2018



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

5	Red Surber	-	-	-	Red para el muestro de macroinvertebrados bentónicos en ambientes lóticos de área de muestro de 0,09 m ² y abertura de malla de 500 µm.	Empleado en septiembre de 2017 y febrero de 2018
6	Red de cal cal	-	-	-	Red de pesca.	Empleado en febrero de 2018

(-): No corresponde

Además de los equipos y materiales listados en la Tabla 6-26, se utilizaron otros materiales complementarios como guantes de látex y PVC, pisetas de 500 mL, cepillos, jeringas de 10 mL, frascos de polietileno de boca ancha de 250 mL y 1000 mL, formol y etanol como preservante, los cuales se usaron para la manipulación, colecta y preservación de las diferentes muestras.

6.5.5 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: perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», en la sección 4.3 perifiton, 5.3 macroinvertebrados bentónicos, y 6.3 peces.

6.5.6 Análisis de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación hidrobiológica, se procedió a caracterizar las comunidades del perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

6.5.6.1 Composición, riqueza y abundancia

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

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

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

6.5.6.2 Diversidad alfa

La diversidad alfa está relacionada al número de especies de un grupo indicador que se encuentra en una determinada estación o área que puede variar mucho de un lugar



↑
*
W
P
+
HPC



a otro, aún dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo ecosistema (Moreno & Halffter, 2000).

a. Números de Hill (diversidad verdadera)

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

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

$$N1 = \exp(H') \quad (6.6)$$

Donde:

H: Es el índice de Shannon

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

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (6.7)$$

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

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (6.8)$$

Donde:

J': Índice de equidad de Pielou.

H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$$H'_{max} = \ln(S) \quad (6.9)$$

Donde:

S: Número de especies.

Donde J' es el índice de equidad de Pielou, H' es el índice de diversidad de Shannon-Wiener, H' max es el Ln(S) y S es el número de especies.



Handwritten notes and symbols on the left margin: an arrow pointing up, the Greek letter alpha (α), a checkmark, the letter P, a star-like symbol, a plus sign (+), and the letters HC.



b. Diversidad beta

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

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

$$IBC = 1 - \frac{(\sum xi - yi)}{(\sum xi + yi)} \tag{6.10}$$

Donde IBC es el índice de Bray Curtis, xi es la abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1 y yi es la abundancia de las especies en el otro. Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal & Michener, 1958; Crisci & López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). Esta gráfica resume la similitud de las especies entre dos estaciones de monitoreo.

c. Relación de las comunidades hidrobiológicas con variables no biológicas mediante la aplicación de análisis estadísticos multivariados

• Análisis de componentes principales (ACP)

Para determinar el gradiente de presiones que afecta a la comunidad perifiton y macroinvertebrados bentónicos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando la totalidad de variables ambientales medidas en los puntos de muestreo utilizando el software Paleontological Data Analysis PAST, versión 3.15.

Estas variables correspondieron a los parámetros, tomados *in situ*; como son, temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, parámetros fisicoquímicos; así como también las concentraciones de los metales totales considerados en el ECA para agua Categoría 1: Poblacional y Recreacional – Subcategoría: Aguas destinadas a la producción de agua potable en el caso de los puntos de muestreo en manantiales y Categoría 3: Riego Vegetales y Bebida de Animales - Subcategoría Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto o, Subcategoría Bebida de Animales para los puntos de los ríos y quebradas, además se han considerado los metales cuyos valores son mayores al límite de cuantificación de análisis de laboratorio pero que no siguen una distribución normal ya que denotan mayor variabilidad.

• Análisis de correspondencia canónica (ACC)

Para determinar la relación entre las variables ambientales y la comunidad hidrobiológica del perifiton y macroinvertebrados, se realizó el análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando el software Paleontological Data Analysis PAST v3.15. Dicho análisis aportará información importante sobre el porcentaje de variabilidad de la comunidad perifiton y macroinvertebrados que puede ser explicado por el efecto de las variables ambientales.

Para el análisis fueron seleccionadas aquellas especies que presentaron los mayores valores de abundancia relativa (A.R.) y una frecuencia relativa (F.R.) en relación con el total de puntos evaluados en los cuerpos de agua evaluados en cada microcuena, para luego transformar su densidad a Log (x + 1). Mientras que, las variables



↑
α
W
P
+
LR



ambientales correspondieron a los parámetros de campo y metales totales del primer del ACP el cual explicó la mayor variabilidad de datos.

d. Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua

La calidad ecológica en los distintos sectores evaluados se realizó a través del protocolo de calidad ecológica de ríos altoandinos simplificado (CERA-S) que permite obtener la calidad biológica de ríos altoandinos.

El protocolo CERA-S da como resultado el estado ecológico de los ríos mediante la combinación de la valoración hidromorfológica (ver Tabla 6-27) y la calidad biológica (macroinvertebrados bentónicos). La base del protocolo es la valoración de la calidad biológica del río y las características de su entorno y su representación mediante una combinación sencilla de colores que permite, a quien no tiene una formación científica especializada, observar rápidamente cual es el estado de salud de un río (Encalada *et al.*, 2011).

Tabla 6-27. Características y puntuaciones hidromorfológica según el protocolo CERA-S

Características y puntuaciones hidromorfológica				
Características		Presencia o tipo		Puntuación
Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	Vegetación de ribera	Paramo o Puna	Presencia de Paramo Herbáceo	5
			Presencia de Paramo mixto	5
			Presencia de Paramo Frailejones	5
			Presencia de Páramo degradado (Hierbas cortas y pisadas)	2
			Presencia de tierra baldía o cangahua	0
	Bosque	Bosque de Polylepis	5	
		Bosque mixto	5	
		Plantaciones de eucaliptos y pinos	3	
		Matorral arbustos	3	
		Presencia de cultivos o pastos	1	
		Tierra baldía o cangahua	0	
		Continuo	5	
		Manchas grandes	3	
		Vegetación aisladas	1	
Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes	Paisaje compuesta de vegetación (páramo o bosque) en más de un 75%		5	
	Paisaje compuesto de bosques con cultivos inferior a 50%		3	
	Paisajes con cultivos con más del 50%		1	
	Vegetación próxima a elementos de urbanismo que ocupan menos del 50%		2	
	Vegetación próxima a elementos de urbanismo que ocupan más del 50%		0	
Presencia de basura y escombros	riberas sin basura ni escombros		5	
	Ribera con basura y/o escombros escasos		2	
	Ribera con basura y/o escombros abundantes		0	
Naturalidad del canal fluvial	Canal natural sin alteraciones antropológica		5	
	Canal modificado por terrazas sin una estructura sólida o cemento		3	
	Canal con estructuras rígidas parciales		1	
	Canal totalmente modificado por estructuras rígidas		0	
Composición del sustrato*	Bloques		1	
	Piedras		1	



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

Características y puntuaciones hidromorfológica		
Características	Presencia o tipo	Puntuación
	Cantos	1
	Grava	1
	Arena	1
	Arcilla y lodo	1
Regímenes de la velocidad y profundidad del río**	Rápido-somero	1
	Rápido-profundo	1
	Lento-somero	1
	Lento-profundo	1
Elemento de heterogeneidad	Hojarasca	1
	Troncos y ramas	1
	Diques naturales	1
	Raíces sumergidas	1
	Vegetación acuáticas sumergidas (musgos y plantas)	1
	Vegetación acuáticas sumergidas (Algas)	1

*Se suman cada tipo de sustrato.

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

El criterio de elección del puntaje respectivo para cada característica es detallado en el Anexo 6. Una vez obtenidas las puntuaciones para cada característica hidromorfológica se procedió obtener una sumatoria de todas ellas, con la finalidad de tener un solo valor por punto de muestreo. Finalmente, para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, dichos valores fueron comparados con la siguiente escala (Tabla 6-28).

Tabla 6-28. Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S

Puntuación hidromorfológica	Estado ecológico
35 – 40	Excelente
28 – 35	Buena
20 – 28	Moderada
11 – 20	Mala
0 – 10	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

La calidad biológica del agua se estimó a través del Índice Biótico Andino (*Andean Biotic Index* [ABI]) (Ríos-Touma *et al.*, 2014), el cual fue desarrollado para evaluar la calidad de agua de ríos alto andinos ubicados a más de 2000 m de altitud. Este índice estima la calidad del agua atribuyendo a cada familia taxonómica presente de los macroinvertebrados bentónicos en una muestra un valor de intolerancia (0-10). Cabe indicar que índice ABI, forma parte de un protocolo de evaluación de la Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERA) (Acosta *et al.*, 2009).

Tabla 6-29. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI

Orden / Clase	Familia	Puntaje	Orden / Clase	Familia	Puntaje
Turbellaria	*	5	Trichoptera	Polycentropodidae	8
Hirudinea	*	3		Xiphocentronidae	8
Oligochaeta	*	1		Glossosomatidae	7
Gasteropoda	Ancylidae	6		Limnephilidae	7
	Hydrobiidae	3		Hydroptilidae	6



«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	
	Limnaeidae	3	Lepidoptera	Hydropsychidae	5	
	Physidae	3		Pyrilidae	4	
	Planorbidae	3		Dryopidae	5	
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Elmidae	5	
Amphipoda	Hyaellidae	6		Hydraenidae	5	
Hydracarina		4		Lampyridae	5	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Coleoptera	Psephenidae	5
	Oligoneuridae	10			Ptilodactylidae	5
	Leptohephidae	7			Scirtidae(helodidae)	5
	Baetidae	4			Gyrinidae	3
Odonata	Polythoridae	10	Dytiscidae		3	
	Calopterygidae	8	Hydrophilidae		3	
	Gomphidae	8	Staphylinidae		3	
	Aeshnidae	6	Blepharoceridae		10	
	Coenagrionidae	6	Athericidae		10	
	Libellulidae	6	Simuliidae		5	
Plecoptera	Perlidae	10	Diptera	Tipulidae	5	
	Gripopterygidae	10		Ceratopogonidae	4	
Heteroptera	Corixidae	5		Dixidae	4	
	Gerridae	5		Dolichopodidae	4	
	Naucoridae	5		Empididae	4	
	Notonectidae	5		Limoniidae	4	
	Veliidae	5		Stratiomyidae	4	
	Belostomatidae	4		Tabanidae	4	
Trichoptera	Anomalopsychidae	10		Psychodidae	3	
	Calamoceratidae	10		Chironomidae	2	
	Helicopsychidae	10		Culicidae	2	
	Odontoceridae	10		Ephydriidae	2	
	Hydrobiosidae	8		Muscidae	2	
	Leptoceridae	8		Syrphidae	1	
	Philopotamidae	8				

Fuente: Acosta et al., 2009

Luego los valores de intolerancia hallados por todas las familias presentes en la muestra son sumados y se obtiene un valor final que es comparado con las puntuaciones de la Tabla 6-30. El valor asignado a cada familia es directamente proporcional a su intolerancia (ver Anexo 6).

Tabla 6-30. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI

Clase	Puntuaciones	Calidad Biológica
1	> 74	Excelente
2	45 – 74	Buena
3	27 – 44	Moderada
4	11 – 26	Mala
5	< 11	Pésima

Fuente: Ríos-Touma et al., 2014

La calidad ecológica se obtuvo combinando las valoraciones de calidad hidromorfológica y calidad biológica. Por ejemplo: si el resultado de combinar las dos evaluaciones es azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente; si es verde, es buena; si es amarilla, es moderada; si es naranja, es mala; y por último si es roja, es pésima. Otras combinaciones también son posibles (Tabla 6-31).



Handwritten notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, the letter 'P', a star, a plus sign, and the initials 'LAC'.



Tabla 6-31. Escala de calidad ecológica de un río

		Calidad Biológica				
		Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
Calidad Hidromorfológica	Excelente	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Buena	Buena	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Mala	Mala	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Pésima	Moderada	Mala	Mala	Pésima	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

Adicionalmente, para estimar el grado de perturbación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se recategorizarán las especies registradas a grupos bioindicadores, definidos referencialmente a partir de la clasificación de familias del índice ABI (Acosta *et al.*, 2009), considerando tres grupos: el primero corresponde a las especies que se agrupan dentro de familias sensibles, que presentan un alto nivel de sensibilidad según las categorías del ABI (entre 8 y 10); el segundo grupo corresponde a las especies que se agrupan dentro de familias facultativas, que según las condiciones pueden tener un grado intermedio de sensibilidad/tolerancia (entre 4 y 7); finalmente, el tercer grupo comprende a las especies que se agrupan dentro de familias tolerantes, que presentan un bajo nivel de sensibilidad (entre 1 y 3).

7. RESULTADOS

Con la finalidad de realizar la interpretación y el análisis de los resultados de calidad del agua, sedimento y las comunidades hidrobiológicas, el estudio se dividió en cinco microcuencas de acuerdo al recorrido altitudinal de los cuerpos de agua, los mismos que se nombran a continuación:

- **Zona I: Microcuenca La Laja:** Abarca las quebradas La Laja (QLLaj1), Pampa Verde (QPVer1), De los Derrumbes (QSnbr2), Chorro Blanco (QSnbr5), Agua del Peón (QAPeo1), Peña Brava (QPSol1) los que forman el río La Lima (RLLim1 y RLLim2).
- **Zona II: Microcuenca La Ayra:** Abarca las quebradas La Granja (QLGra1), Tendal (QTend1) y Salada (QSald1) los cuales forman el río La Iraca (RLIra1, RLIra2, RLIra3 y RLIra4)
- **Zona III: Microcuenca Checos:** Abarca la quebrada sin nombre (QSnbr3) que es afluente por la margen izquierda de la quebrada Checos (QChec1, QChec2 y QChec3).
- **Zona IV: Microcuenca Honda:** En esta microcuenca se han establecido dos puntos de monitoreo en la quebrada Honda (QHond1 y QHond2).
- **Zona V: Subcuenca Paltic:** Se ha considerado el río La Lima (RLLim2) y La Iraca (RLIra4) los que al unirse forman el río Paltic donde se han establecido 6 puntos de muestreo (RPalt1, RPalt2, RPalt3, RPalt4, RPalt5 y RPalt6) y sus afluentes las quebradas (QChec3), Honda (QHond2) y Mal Paso (QMPas1) para



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

evaluar su influencia en el río principal.

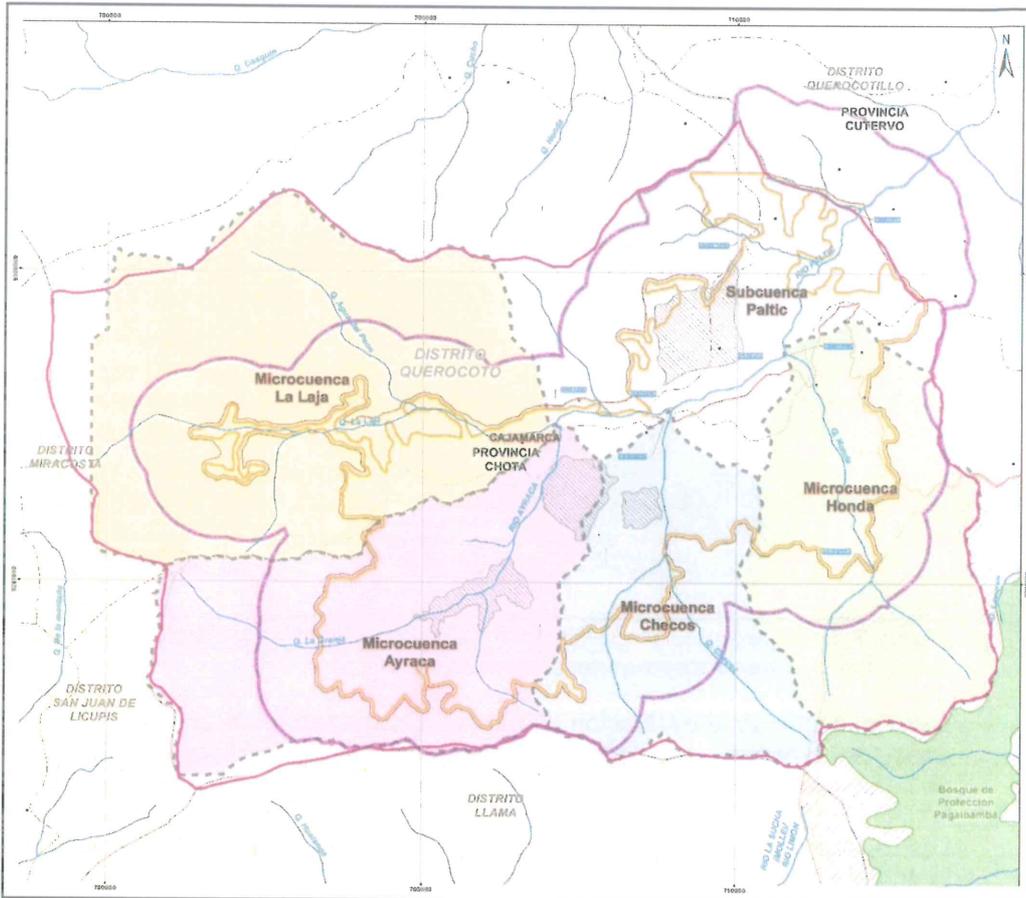


Figura 7-1. Mapa de ubicación de microcuencas en el área de influencia del proyecto minero La Granja

Para el análisis de la calidad de suelo, los puntos de muestreo también fueron agrupados en 5 zonas, según a su ubicación y cercanía con los cuerpos de agua pertenecientes a cada microcuena; además considerando que este proyecto no cuenta con componentes mineros actualmente en operación, se realizó el muestreo de suelo en función del posible mecanismo de transporte y el área de recepción del contaminante ya sea por escorrentía o dirección del viento (Figura 7-2).



Handwritten notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, the letter 'P', another checkmark, a plus sign, and the letters 'LRC'.

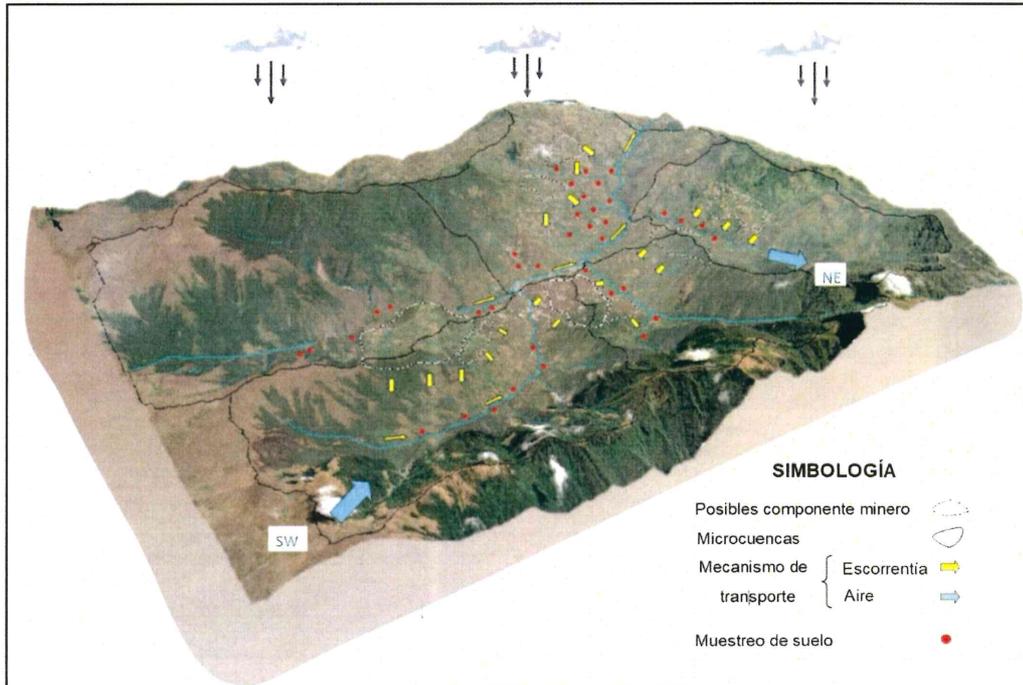


Figura 7-2. Representación gráfica del modelo conceptual de los posibles mecanismos de transporte y el área recepción del contaminante

Los resultados de la evaluación de calidad de aire realizada en septiembre de 2017, donde se tomaron 2 puntos en los principales centros poblados ubicados en el área de influencia del proyecto, fueron considerados en la subcuenca Paltic.

Los resultados y análisis de la evaluación ambiental son presentados en 3 partes: en la primera, los resultados son comparados con la norma vigente (la cual es la misma con la que los IGA están aprobados) y donde se han considerado a los componentes agua superficial, suelo y aire; en la segunda, se considera al componente sedimento y sus resultados son comparados de manera referencial con una norma extranjera; la tercera, agrupa a los estudios especializados, los cuales no son comparados con ninguna norma, en esta parte se han considerado los resultados de las comunidades hidrobiológicas y la caracterización geológica.

7.1 Comparación con la norma vigente

7.1.1. Zona I: Microcuenca La Laja

7.1.1.1. Calidad de agua

En esta microcuenca se evaluaron 12 puntos de muestreo: 9 corresponden a quebradas y ríos, de los cuales 4 fueron evaluados en ambas épocas y el resto en la época de lluvia; y 3 a manantiales tomados en ambas épocas. Además de un punto que corresponde a 1 afloramiento ubicado cerca a una plataforma de perforación. Para un mejor análisis la presentación de los resultados se ha dividido en 3 grupos: calidad de agua en manantiales, calidad de agua en ríos y quebradas y calidad de agua en el afloramiento.



Handwritten blue ink marks: a vertical line with an arrow pointing up, followed by 'K', 'W', 'P', 'f', 'f', and 'IPC'.



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

Las imágenes correspondientes a cada punto de muestreo se presentan Anexo 3 (Reporte de Campo N.º 003-2018-STE) y la sistematización se muestra en el Anexo 2 (Reporte de resultados N.º 004-2017).

a. Calidad de agua en manantiales

Se han evaluado 3 puntos de muestreo en manantiales de códigos FLIra1, FNatu1 y FNatu6, cuyos resultados fueron comparados con la normativa nacional del ECA de agua categoría 1, para uso poblacional y recreacional, con las subcategorías A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (Cat1A1 y Cat1A2, respectivamente).

La concentración de pH en el punto FNatu6 en la época de lluvia presenta carácter ligeramente ácido (5,81) e incumple el ECA para agua Cat1A1 (ver Figura 7-3a); asimismo, la concentración de oxígeno disuelto en el mismo punto y en la misma época incumple el ECA para agua Cat1A1 y Cat1A2 (ver Figura 7-3b). En cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ninguna época, presentando conductividades eléctricas bajas.

La concentración de aluminio total en el punto ubicado en el manantial del caserío La Ayraca (FNatu1) en época seca, ubicado a 300 m de una plataforma de perforación, incumple con el ECA para agua Cat1A1 (ver Figura 7-3c). Asimismo, el mismo punto presenta concentraciones de hierro total (en ambas épocas) que incumplen el ECA para agua Cat1A1 y Cat1A2 (ver Figura 7-3d).

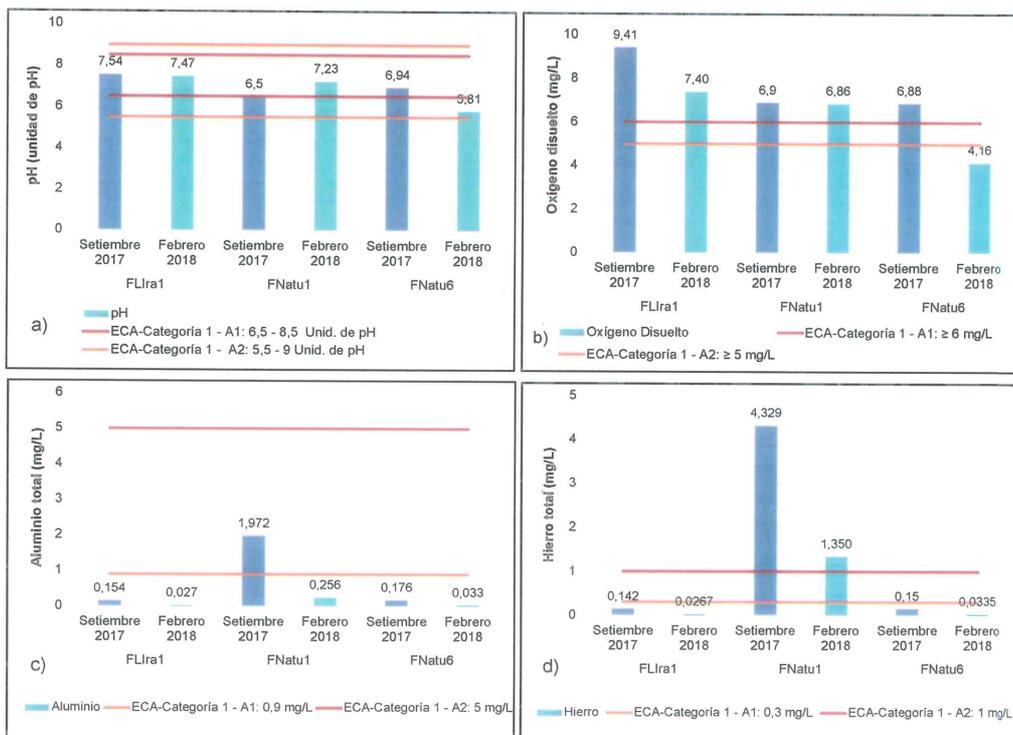


Figura 7-3. Valores de a) pH y concentraciones de b) oxígeno disuelto, c) aluminio total y d) hierro total en los manantiales de la microcuenca La Laja



b. Calidad de agua en ríos y quebradas

Se presentan los resultados de 9 puntos de muestreo en ríos y quebradas los cuales fueron comparados con el ECA para agua vigente en la categoría 3, con las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

Las concentraciones de pH en los puntos QSnbr5, QPSol1 (ambos en época de lluvia), RLLim2 (en época seca) y QSnbr2 (en ambas épocas) presentan carácter ácido (ver Figura 7-4), los cuales incumplen el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En la cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

En época de lluvia, el punto de monitoreo ubicado en la quebrada Peña Brava (QPSol1) superó el ECA para agua Cat3D1 para cadmio total y zinc total (ver Figuras 7-5 y 7-8); mientras que, las concentraciones de cobre total y manganeso total superan el referido ECA para ambas subcategorías (Ver Figura 7-6 y 7-7).



↑
K
W
P
X
+
LPC



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

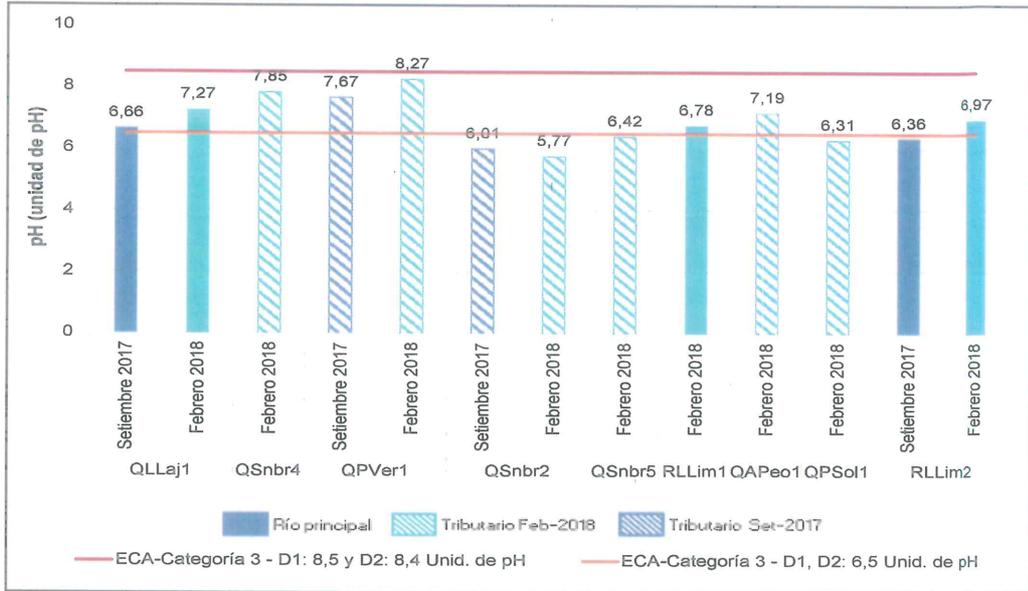


Figura 7-4. Resultados de pH en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja

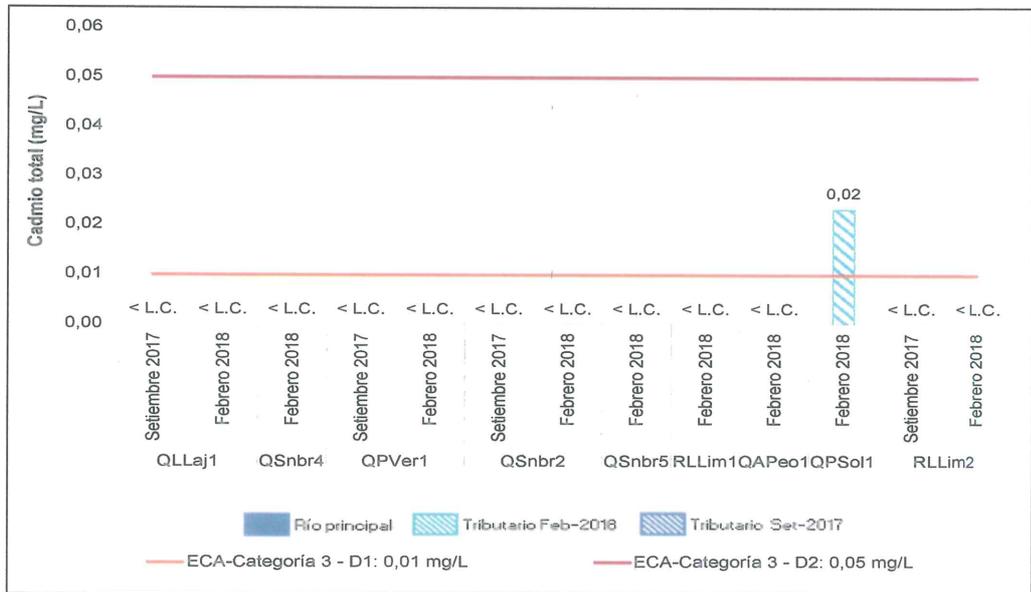


Figura 7-5. Concentración de cadmio total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

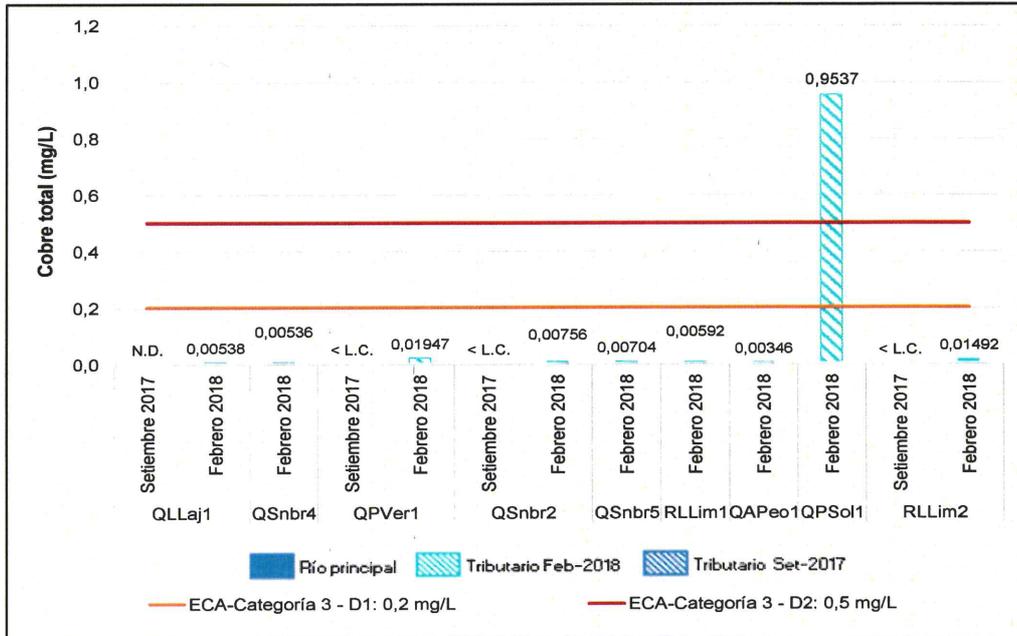


Figura 7-6. Concentración de cobre total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja



↑
R
C
P
R
L

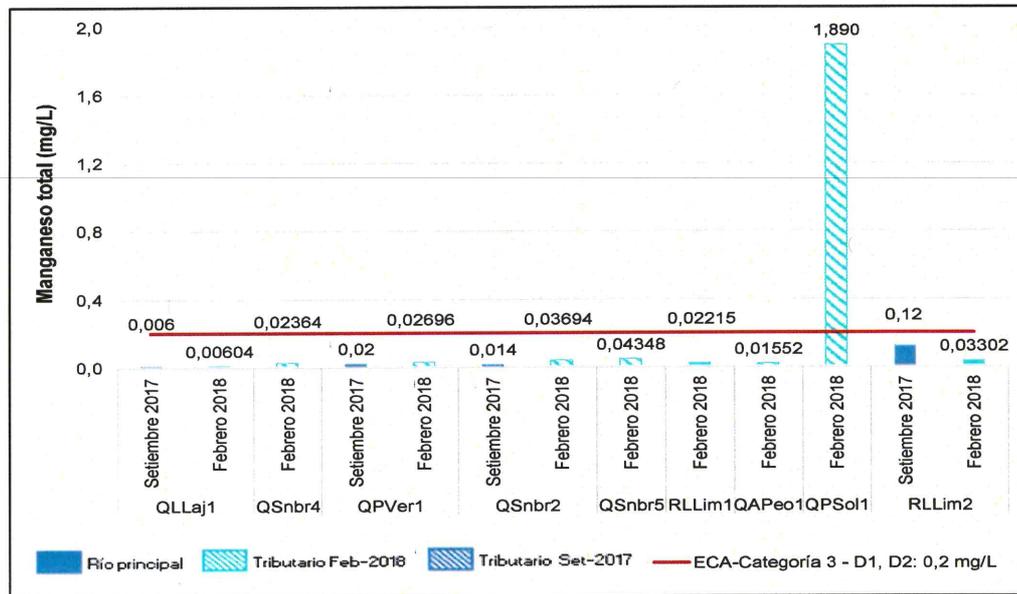


Figura 7-7. Concentración de manganeso total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja



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»

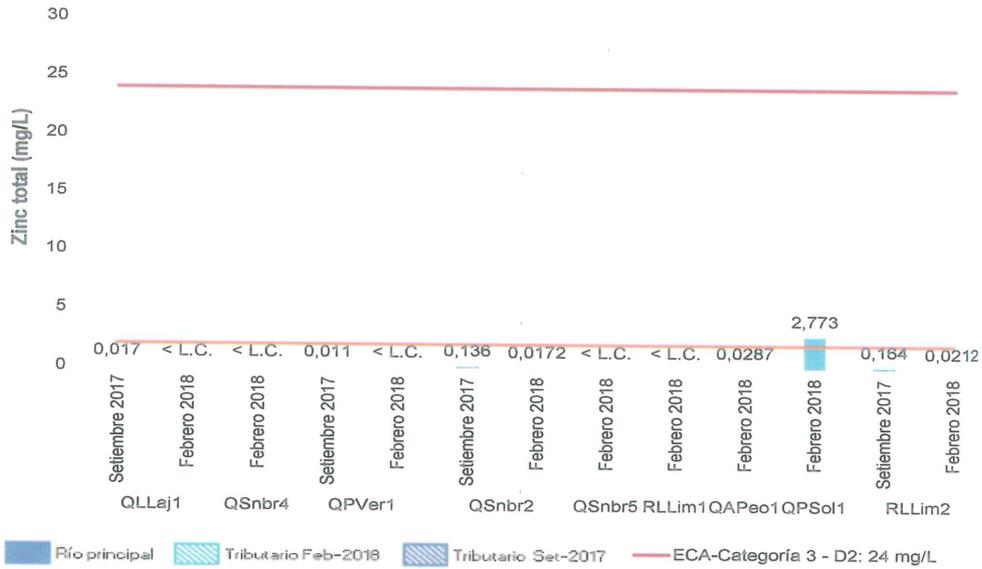


Figura 7-8. Concentración de zinc total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja

c. Calidad de agua en afloramiento cercano a plataformas de perforación

Se muestra 1 punto de muestreo de código PPerf2 que es un afloramiento de agua cercano a una plataforma de perforación. El afloramiento es aportante a la quebrada La Laja, por lo cual fue comparado referencialmente con el ECA categoría 3: subcategorías D1 y D2 (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

La concentración de pH en el punto PPerf2 (en ambas épocas) presenta carácter neutro, los cuales no superan el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En cuanto a la conductividad eléctrica, este punto no superó el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

En cuanto al manganeso total, el punto de muestreo PPerf2 (en ambas épocas) superó el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (ver Figura 7-9).

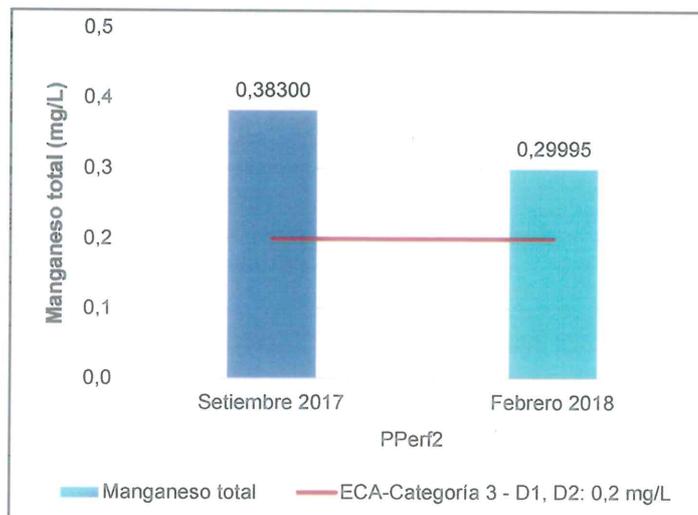


Figura 7-9. Concentración de manganeso total en el punto PPerf2



Handwritten notes and symbols: an arrow pointing to the stamp, and the letters 'P', 'LRC', and some symbols.



d. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos

Previamente al análisis llevado a cabo en esta sección, se determinó la concentración de metales suspendidos por medio de la diferencia de las concentraciones de los metales totales y disueltos, lo que servirá para luego evaluar, por un lado, la relación entre los metales disueltos y suspendidos, y por otro la relación de los metales con los sólidos totales disueltos y suspendidos.

En esta subsección se consignan los porcentajes de los metales disueltos y suspendidos (relación de cada metal disuelto con su homónimo de metal total) en la microcuena del río La Laja que comprende ríos, quebradas, manantiales y un afloramiento cercano a una plataforma de perforación.

De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %), agrupándolos por colores: anaranjado de 50 a 75 %, rojo claro de 75 a 90 % y verde claro de 90 a 100 %.

En las Tablas 7-1 a la 7-3 se muestran los metales que predominaron en su forma disuelta en la microcuena del río La Laja: bario, calcio, cobre, estroncio, magnesio, potasio y zinc. Estos mismos, además de arsénico en manantiales; manganeso y sodio en el afloramiento cercano al pasivo ambiental, se encontraron mayoritariamente.

Cabe resaltar que en la microcuena del río La Laja, el porcentaje de estroncio y magnesio disuelto (<90 %), es mayor en los puntos en manantiales. Asimismo, las concentraciones de bario, calcio, estroncio y magnesio disuelto (<90 %), es mayor en el afloramiento cercano a una plataforma de perforación.

En las Tablas del 7-4 al 7-5 se muestran los metales con mayor porcentaje en forma suspendida en la microcuena del río La Laja: aluminio, arsénico y hierro, para puntos de muestreo en ríos, quebradas y manantiales.

Cabe resaltar que en la microcuena del río La Laja, el porcentaje de aluminio suspendido (<90 %), es mayor en tres puntos de muestreo en ríos y quebradas (QAPeo1, QPSol1 y RLLim2).

La concentración hierro suspendido predomina en los puntos de muestreo en ríos y quebradas (a excepción del punto RLLim2). Asimismo, las concentraciones del referido metal y el aluminio suspendido predominan en los puntos de muestreo en manantiales.



↑
α
ω
p
f
t
LRC



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

Tabla 7-1. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca La Laja

Table with 16 columns: Punto de muestreo, Fecha, Unidad, Bario (Sus., Dis.), Calcio (Sus., Dis.), Cobre (Sus., Dis.), Estroncio (Sus., Dis.), Magnesio (Sus., Dis.), Potasio (Sus., Dis.), Zinc (Sus., Dis.). Rows include QLLaj1, QSnbr4, QPVer1, QSnbr2, QSnbr5, RLLim1, QAPeo1, QPSol1, RLLim2.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-2. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca La Laja

Table with 18 columns: Punto de Muestreo, Fecha, Unidad, Arsénico (Sus., Dis.), Bario (Sus., Dis.), Calcio (Sus., Dis.), Cobre (Sus., Dis.), Estroncio (Sus., Dis.), Magnesio (Sus., Dis.), Potasio (Sus., Dis.), Zinc (Sus., Dis.). Rows include FLIra1, FNatu1, FNatu6.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-3. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en el afloramiento en la microcuenca La Laja

Table with 17 columns: Punto de Muestreo, Fecha, Unidad, Arsénico (Sus., Dis.), Bario (Sus., Dis.), Calcio (Sus., Dis.), Estroncio (Sus., Dis.), Magnesio (Sus., Dis.), Manganeso (Sus., Dis.), Potasio (Sus., Dis.), Sodio (Sus., Dis.). Rows include PPerf2.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Rango de colores de los porcentajes

Legend table with 4 columns: 0-50 %, <50-75 %, <75-90 %, <90-100 %



Handwritten blue arrow pointing up

Handwritten blue 'OK'

Handwritten blue 'P'

Handwritten blue star symbol

Handwritten blue '+' symbol

Handwritten blue 'LAC'

**Tabla 7-4. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en ríos y quebradas en la microcuenca La Laja**

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Arsénico		Hierro	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
QLLaj1	07/09/2017	%	26	74	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	15/02/2018	%	68	32	< L.C.	< L.C.	60	40
QSnbr4	15/02/2018	%	62	38	31	69	89	11
QPVer1	08/09/2017	%	83	17	< L.C.	< L.C.	77	23
	15/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	26	74	89	11
QSnbr2	07/09/2017	%	6	94	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	16/02/2018	%	N.N.	N.N.	81	19	53	47
QSnbr5	16/02/2018	%	49	51	66	34	78	22
RLLim1	16/02/2018	%	58	42	81	19	85	15
QAPeo1	13/02/2018	%	91	9	6	94	86	14
QPSol1	16/02/2018	%	99	1	< L.C.	< L.C.	92	8
RLLim2	06/09/2017	%	92	8	< L.C.	< L.C.	44	56

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al disuelto
< L.C. : Menor al límite de Cuantificación, Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-5. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Hierro	
			Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto
FLIra1	09/09/2017	%	94	6	< L.C.	< L.C.
	12/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	76	24
FNatu1	08/09/2017	%	96	4	< L.C.	< L.C.
	15/02/2018	%	92	8	70	30
FNatu6	09/09/2017	%	71	29	82	18
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

< L.C. : Menor al límite de Cuantificación

Tabla 7-6. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en el afloramiento cercano a una plataforma de perforación en la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Hierro	
			Suspendido	Disuelto
PPerf2	09/09/2017	%	78	22
	16/02/2018	%	70	30

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

Finalmente, de acuerdo a los resultados indicados en las Tablas 7-7 y 7-8, los metales que presentaron un comportamiento heterogéneo tanto para su forma suspendida y disuelta, fue en el manganeso en los manantiales, ríos y quebradas; en la microcuenca del río La Laja.

Tabla 7-7. Metales en porcentajes variables en ríos y quebradas en la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Manganeso	
			Suspendido	Disuelto
QLLaj1	07/09/2017	%	17	83
	15/02/2018	%	61	39
QSnbr4	15/02/2018	%	79	21
QPVer1	08/09/2017	%	20	80
	15/02/2018	%	64	36
QSnbr2	07/09/2017	%	7	93
	16/02/2018	%	< L.C.	< L.C.
QSnbr5	16/02/2018	%	48	52
RLLim1	16/02/2018	%	52	48
QAPeo1	13/02/2018	%	85	15
QPSol1	16/02/2018	%	14	86
RLLim2	06/09/2017	%	8	92

< L.C. : Menor al límite de Cuantificación



↑
K
W
P
d
t
LAC



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

Tabla 7-8. Metales en porcentajes variables en manantiales en la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Manganeso	
			Suspendido	Disuelto
FLIra1	09/09/2017	%	92	8
	12/02/2018	%	35	65
FNatu1	08/09/2017	%	93	7
	15/02/2018	%	16	84
FNatu6	09/09/2017	%	N.N.	N.N.
	13/02/2018	%	43	57

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

e. Relación de metales con sólidos (disuelto y suspendidos)

En esta subsección se presentan las gráficas de dispersión en las que se muestra la relación de los sólidos disuelto totales (SDT) con la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) con los metales disueltos.

En base a dichas gráficas, se calculan las relaciones lineales (medición de la proporcionalidad) respectivas. Esto es indicado por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R²) mayor a 0,90.

El coeficiente de determinación (R²) de la conductividad con los sólidos disueltos totales fue 0,9976 (ver Figura 7-10) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Laja en época seca y 0,9983 (ver Figura 7-11) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Laja en época de lluvia, para este caso se omitió en el análisis el punto QPVer1 de la Quebrada Pampa Verde y el punto de manantial FLIra1 ya que disminuyen el coeficiente.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R²) de la concentración de calcio disuelto con los sólidos disueltos totales fue 0,9961 (ver Figura 7-12) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Laja en época seca, para este caso se omitió en el análisis el punto de manantial FNatu6 ya que disminuye el coeficiente. En tanto que el coeficiente fue 0,9963 (ver Figura 7-13) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Laja en época lluviosa, para este caso se omitió en el análisis el punto QPSol1 de la Quebrada Peña Brava ya que disminuye el coeficiente.



Handwritten notes and signatures on the left margin: an arrow pointing up, a checkmark, a signature, the letter 'P', another signature, a plus sign, and the initials 'LPC'.



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

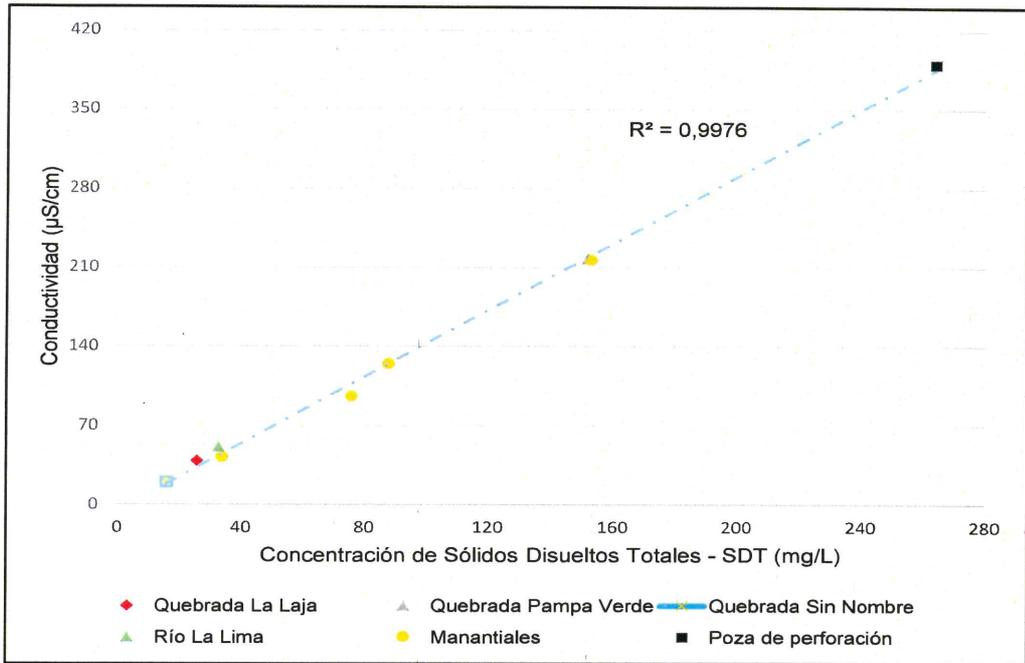


Figura 7-10. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja en época seca



↑
K
H
P
A
f
HAC

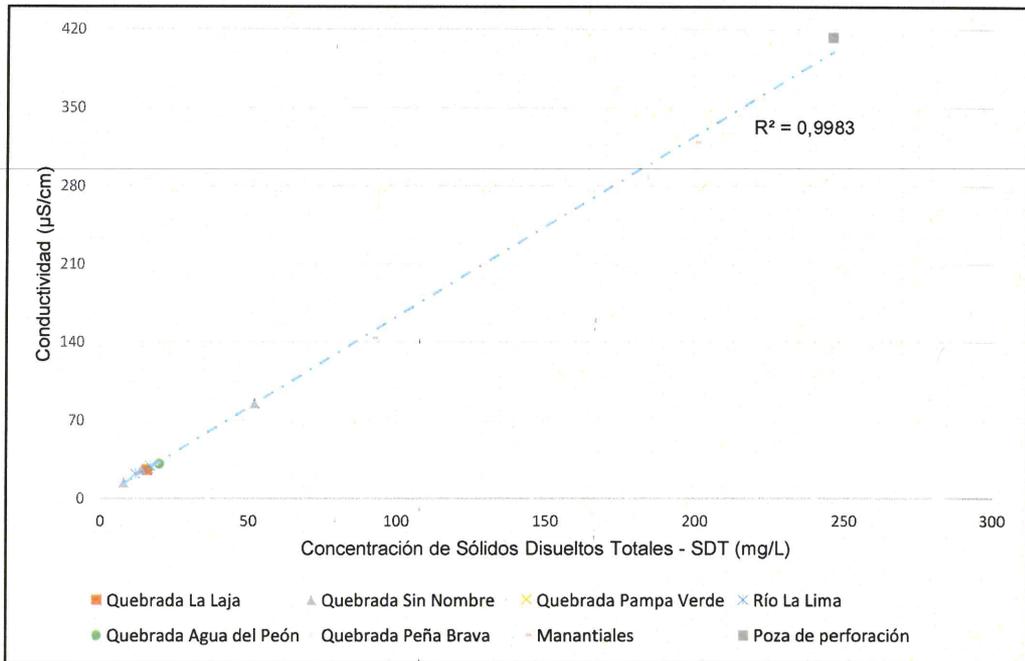


Figura 7-11. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja en época de lluvia



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

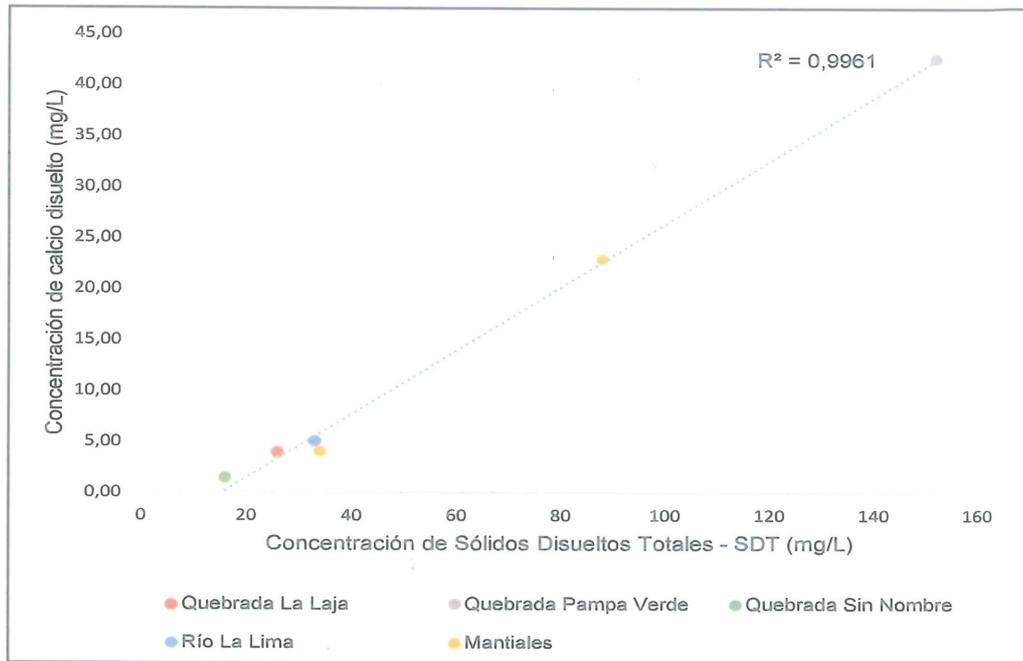


Figura 7-12. Relación de calcio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja en época seca



Handwritten notes and arrows: an arrow pointing up, a star, and the letters 'LAC' at the bottom.

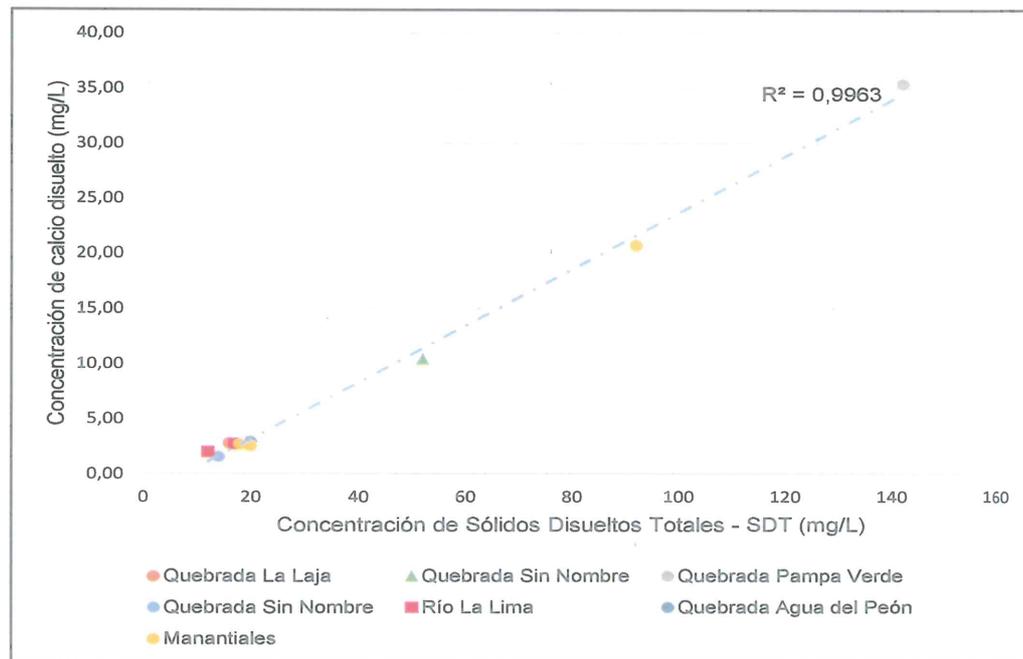


Figura 7-13. Relación de calcio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) – Microcuenca La Laja (época lluviosa).

7.1.1.2. Calidad de suelo

Este capítulo presenta los resultados de laboratorio y análisis de calidad de suelo para la microcuenca Laja, evaluándose puntos de muestreo para metales totales en 2018, caracterización edáfica en el 2017 y de forma complementaria se recogió información



de los IGA del proyecto minero «La Granja», relacionada a la clasificación por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos.

a. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos fue extraída de la cuarta, séptima y décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja²².

• Unidades de suelo

Esta microcuenca comprende un área de superficie aproximada de 3219,70 hectáreas, los suelos que se encuentran en ella se distribuyen de manera uniforme en la margen derecha e izquierda de las quebradas Agua del Peón, Peña Brava y La Laja. Los resultados de las unidades de suelo se detallan en la Tabla 7-9.

Tabla 7-9. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca Laja

Soil Taxonomy (2010)				Nombre común de los Suelos
Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Subgrupo	
Entisols	Othents	Ustorthents	Lithic Ustorthents	Paja Blanca (PB)
				Bosque (Bo)
				San Lorenzo (SL)
Inceptisols	Ustepts	Humustepts	Andic Humustepts	Chorro Blanco (CB)
				Agua de la montaña (AM)
		Haplustepts	Andic Haplustepts	La Laja (Lj)
				La Lima (Li)

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-14 se puede observar que al noreste de la microcuenca se encuentra representada por los suelos La Laja (Lj) constituida por secuencia de horizontes D, E, F y G con epipedón óchrnico, además mencionar que el material residual deriva de las rocas volcánicas Porculla. Por otro lado, se presenta una asociación Lj-MR (suelo La Laja misceláneo roca) relacionada a la caliza de la formación Inca Chulec, con pendientes de 60 % característico de relieves empinados.

En la parte central de esta microcuenca se encuentran los suelos Bosque (Bo) constituida por una secuencia de horizontes D, E y F, con epipedón óchrnico originada de material residual y rocas volcánicas Llama; es importante resaltar que se presenta una asociación Bo-Mr (suelo Bosque misceláneo roca) relacionada a rocas cretácicas de la formación Inca Chulec y areniscas del grupo Goyllarisquiza con pendiente de 60 %.

Otro suelo de interés en esta microcuenca es San Lorenzo, con epipedón mólico ubicado sobre las laderas de montaña de las zonas altas del río Ayraza con pendientes mayores al 60 %; además del suelo La Lima constituida por secuencias de horizontes E y F con epipendon óchrnico y material residual derivado de cuarcitas que se encuentran en las colinas de la margen izquierda del río Paltic con pendientes mayores a 50 %.

Los suelos Agua de la Montaña son derivadas de suelos de naturaleza volcánica constituida por horizontes E, F y G, con epipedón cámbico ubicada sobre colinas y pie de montañas de la margen derecha del río Paltic con pendientes de 15 % y 45 %. Por otro lado, los suelos Paja Blanca (PB) poseen un horizonte D, derivada principalmente



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, 'd', 'w', 'P', a crossed-out 'd', a plus sign, and 'LPC'.

²² Informe de la cuarta modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2008)
Informe de la séptima modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2011)
Informe de la décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2017)



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

del pórfido dacítico que forma parte del cerro Paja Blanca cuyas pendientes son mayores a 40 % (relieves empinados).

En cuanto al suelo Chorro Blanco, se encuentra asociado al suelo San Lorenzo formando tres tipos de suelo denominadas (1) SL-CB/D, (2) SL-CB/E y (3) SL-CB/F.

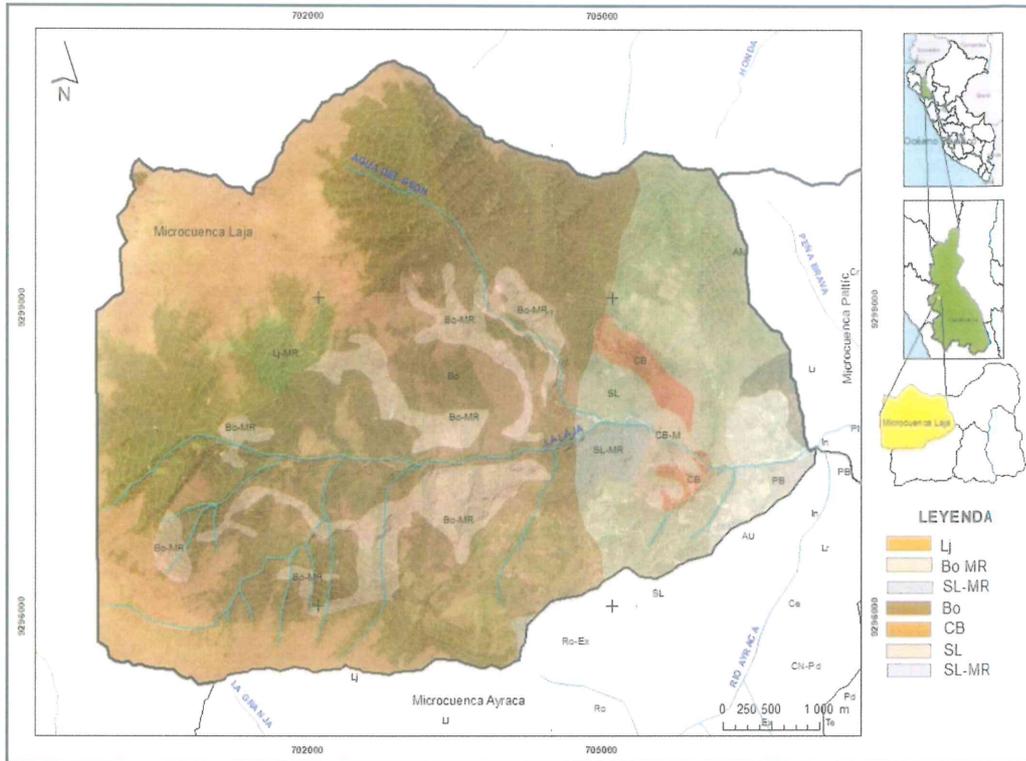


Figura 7-14. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca La Laja
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Capacidad de uso mayor de suelos**

Esta clasificación se basó según D.S. N.º 017-2009-AG cuyo objetivo es determinar la capacidad del suelo identificando sus limitaciones, así como las prácticas de manejo y conservación que eviten su deterioro a través de tratamientos continuos y usos específicos. Para esta microcuenca, se tiene las siguientes clasificaciones que se muestran en la Tabla 7-10.

Tabla 7-10. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos en la microcuenca La Laja

Subdivisión	Descripción
Xse-X	Asociación de tierras de protección (X) con limitaciones de suelo con riesgo de erosión y tierras de protección con afloramiento lítico.
P3se	Tierras aptas para pastos (P) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión.
F2s	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo.
Xs-F2sc	Asociación de tierras de protección (X) por suelo y tierras aptas para producción forestal de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, the letters 'K', 'W', 'P', a star-like symbol, and the letters 't' and 'LAC'.



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

Subdivisión	Descripción
Xs-F3sec	Asociación de tierras de protección (X) por suelo y tierras aptas para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
Xse	Tierras de protección con limitaciones por suelo (X) y riesgo de erosión
Xs	Tierras de protección por suelo (X)
F2s	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-15, se muestra a los suelos de Protección (Xs) que ocupa más del 50 % del área total de la microcuenca; seguidamente de los siguientes suelos: (1) suelos de protección con limitaciones de suelo, (2) riesgo de erosión y (3) tierras de protección con afloramientos líticos (Xse-X), entre otros.

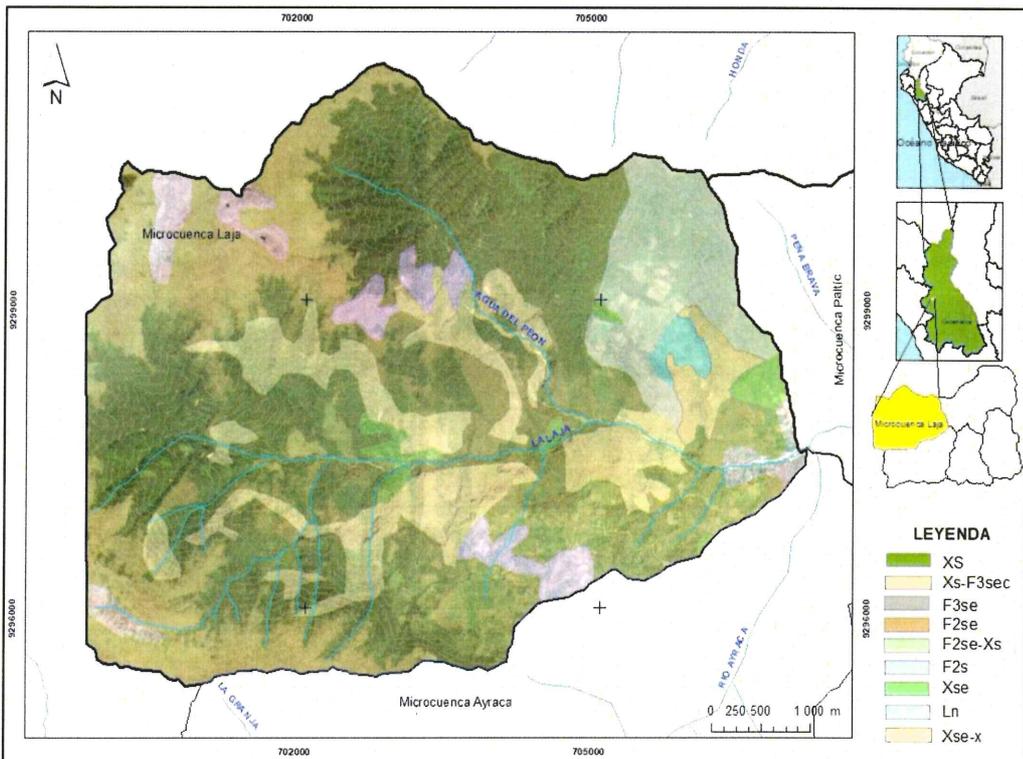


Figura 7-15. Clasificación según capacidad de uso mayor de suelos en la microcuenca La Laja

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Uso actual de suelos**

Para la realización del estudio de uso actual de suelos, se basó bajo el sistema de clasificación propuesto por la Unión Geográfica Internacional (UGI, 1979). En la Tabla 7-11 se detalla las clasificaciones para esta microcuenca.

Tabla 7-11. Clasificación de suelos según uso actual de suelos

Categoría	Nombre	Código
Categoría 3: Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos Perennes	Cultivos	Cp-Ce
Categoría 6: Praderas Naturales	Praderas Naturales	Pj
Categoría 7: Terreno con bosques	Bosques	Bq



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, the letters 'P', and other illegible marks.



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

Categoría	Nombre	Código
Categoría 9: Terrenos sin uso y/o improductivos	Asociaciones de Roquedal con Praderas Naturales	Rq-Pn

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-16, se observa que los suelos Bosques (Bq) se extiende en casi un 50 %, seguida de las Praderas naturales (Pj), entre otros, distribuidos de manera uniforme en la margen derecha e izquierda del río La Lima, La Laja y Agua del Peón; mostrada en la siguiente figura:

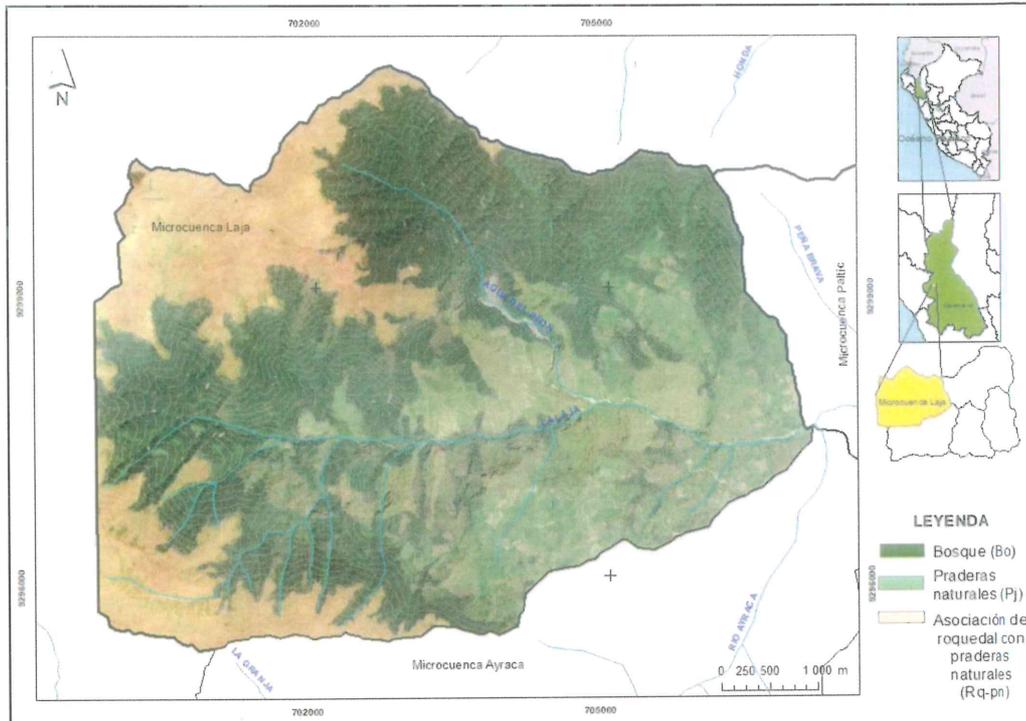


Figura 7-16. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca La Laja
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

b. Caracterización edafológica

En esta sección se presentará los resultados de las cuatro muestras extraídas en la microcuenca La Laja (OEFA, 2017). En cuanto a las características edafológicas del suelo se analizó tomando como referencia el D.S N.º 017-2009-AG, Anexo N° IV «Guía de clasificación de los parámetros edáficos».

Las proporciones porcentuales de las partículas indican que de acuerdo a la cantidad de arena, limo y arcilla representarían a suelos de textura moderadamente fina, que se detalladas en la Tabla 7-12.

Tabla 7-12. Resultados de análisis textural del suelo en el ámbito de influencia de la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textual
SUE-IRA1	43	38	19	Franco
SUE-IRA2	37	30	33	Franco arcilloso
SUE-LLI1	33	34	33	Franco arcilloso
SUE-LLI2	37	34	29	Franco arcilloso



Handwritten notes and signatures on the left margin: an arrow pointing up, a checkmark, a signature, and the initials 'LPG'.



En la Tabla 7-13 se evidencia que las muestras evaluadas tienen un pH de 5,2 a 5,8; rangos que según la clasificación de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América) representarían a suelos fuertemente ácidos a medianamente ácidos²³; en tanto que la cantidad de carbonato de calcio es menor a uno²⁴, lo que implicaría que poseen un nivel bajo.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se encuentran en el rango de suelos no salinos²⁵, indicando efectos despreciables en los cultivos y con pocos organismos afectados; mientras que la cantidad de materia orgánica posee un nivel medio a alto²⁶ implicando buena aptitud para los cultivos.

Tabla 7-13. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos en el ámbito de influencia de la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	pH	Conductividad eléctrica	Calcáreo total (Carbonato de Calcio) (%)	Materia orgánica (%)
SUE-PAR1	5,6	0,08	<0,01	2,22
SUE-PAR2	5,2	0,10	<0,01	4,74
SUE-VER1	5,8	0,12	<0,01	3,81
SUE-CUN1	5,2	0,04	<0,01	4,32

Los valores de capacidad de intercambio catiónico mostrados en la Tabla 7-14, al ser comparados de manera referencial (FAO, 2012) indicaría que posee un mediana capacidad de intercambio catiónico²⁷, implicando una buena capacidad de retener nutrientes.

Con respecto a los nutrientes, en las 4 muestras de suelos fue comparada de manera referencial (FAO, 2012)²⁸, resultando que la cantidad de fósforo en los puntos de muestreo posee un rango bajo, alto contenido de potasio, medio a alto contenido de calcio, mediano a alto contenido de magnesio, muy bajo a bajo contenido de sodio y por último el aluminio se encuentra entre el rango de 0,10 a 0,30. Mientras que, la cantidad de materia orgánica posee un nivel medio a alto²⁹, implicando buena aptitud para los cultivos.

Tabla 7-14. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC de los suelos de la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (cambiable) (meq/100g)	Mg ⁺⁺ (cambiable) (meq/100g)	K ⁺ (cambiable) (meq/100g)	Na ⁺ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+)(meq/100g)
SUE-PAR1	5,20	148,00	18,90	13,91	3,95	0,70	0,23	0,10
SUE-PAR2	2,50	488,00	21,90	9,74	3,03	2,05	0,31	0,20
SUE-VER1	2,40	178,00	20,50	13,04	3,60	1,14	0,51	0,10

- 23 Clasificación del Ph en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 5,1 – 5,5 (Fuertemente ácido) y 5,6 – 6,0 (Medianamente ácido).
- 24 Comparación referencial de cantidad decarbonato de calcio (Adaptado por Sanchez, 1998): Carbonato de calcio).
- 25 Rango de conductividad eléctrica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 0 – 0,98 (No salino, efectos casi despreciables y pocos organismos afectados).
- 26 Rangos de la materia orgánica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 2% a 4% (Medio contenido de materia orgánica), > 4% (Alto contenido de materia orgánica).
- 27 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012), proporciona rangos interpretativos para el CIC (Capacidad de intercambio iónico): 15 ≤ CIC < 25 (Mediana capacidad de intercambio iónico).
- 28 FAO (2012), P < 5,5 (Bajo fosforo total); K ≥ 0,6 (Alto contenido de potasio); 5 ≤ Ca < 10 (Medio contenido de calcio), Ca ≥ 10 (Alto contenido de calcio); 1,3 ≤ Mg < 3 (Mediano contenido de magnesio), Mg ≥ 3 (Alto contenido de Magnesio), 0,0 ≤ Na < 0,3 (Muy bajo contenido de sodio) 0,3 ≤ Na < 0,6 (Bajo contenido de sodio).
- 29 Rangos de la materia orgánica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 2% a 4% (Medio contenido de materia orgánica), > 4% (Alto contenido de materia orgánica).



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	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (cambiable) (meq/100g)	Mg ⁺⁺ (cambiable) (meq/100g)	K ⁺ (cambiable) (meq/100g)	Na ⁺ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+)(meq/100g)
SUE-CUN1	2,70	125,00	23,50	7,21	2,43	0,52	0,21	0,30

c. Metales totales

Esta microcuenca comprende 16 puntos de muestreo (OEFA, 2018), los resultados que excedieron el ECA para suelos de uso agrícola e industrial se detallan en la continuación.

La concentración de arsénico total (Figura 7-17) superó los valores de ECA para suelo de uso agrícola en los puntos de muestreo SLG-42, SLG-47, SLG-49 y SLG-63; asimismo, los puntos de muestreo SLG-41, SLG-48, SLG-50, SLG-53, SLG-58, SLG-62 superaron el ECA suelo para uso industrial.

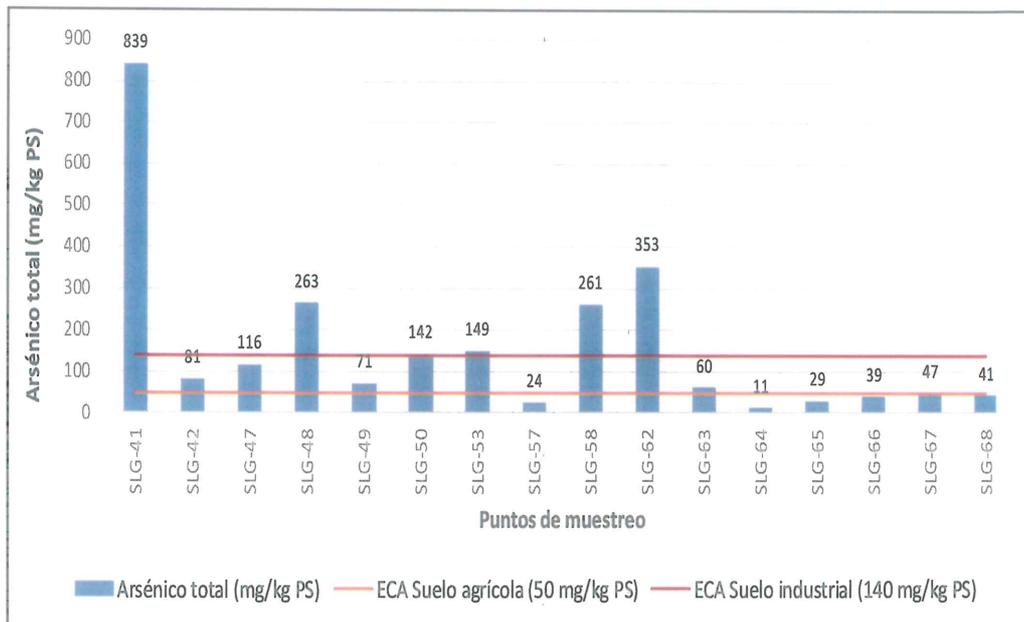


Figura 7-17. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

En la Figura 7-18 el cadmio total logró superar el ECA suelo para uso agrícola en 5 puntos de muestreo SLG-48, SLG-63, SLG-64, SLG-67 y SLG-68.



Handwritten notes and signatures: a blue arrow pointing to the stamp, and the letters 'P', 't', and 'LPC' written vertically.



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

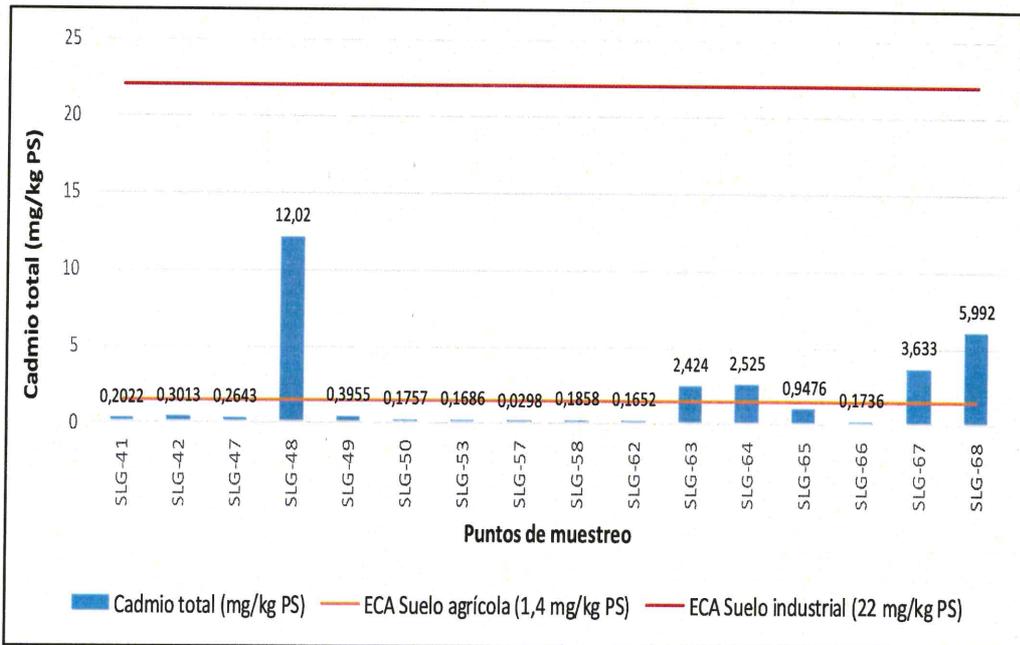


Figura 7-18. Resultados de la concentración de cadmio total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

En la Figura 7-19, los resultados de plomo total indican que los puntos de muestreo SLG-47, SLG-50, SLG-53, SLG-58, SLG-62, SLG-63, SLG-65 superaron los valores de ECA suelo para uso agrícola, en tanto que los puntos de muestreo SLG-41 y SLG-48 lograron superar el ECA suelo de suelo industrial.

Los metales mercurio, cromo y bario total no lograron superar ningún ECA suelo

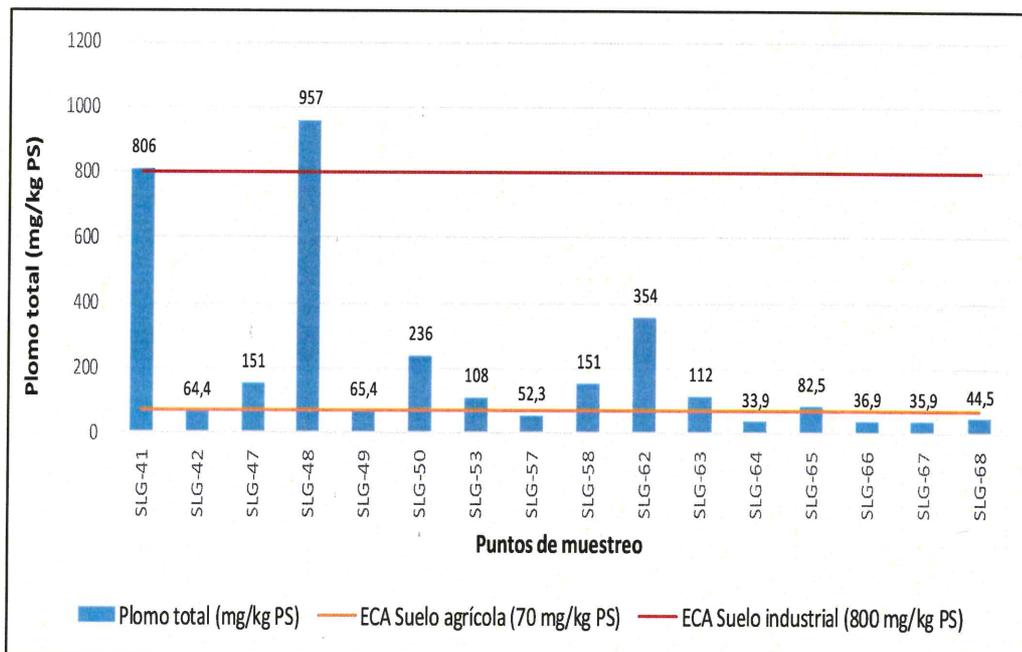


Figura 7-19. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja



Handwritten notes and symbols on the left margin, including an upward arrow, a checkmark, and various initials.



7.1.2. Zona II: Microcuenca La Ayraca

7.1.2.1. Calidad de agua

En esta microcuenca se evaluaron 10 puntos de muestreo de los cuales 8 corresponden a quebradas y ríos, 1 manantial y 1 afloramiento cercano a plataformas de perforación, evaluados en ambas épocas. Para un mejor análisis la presentación de los resultados se ha dividido en 3 grupos: manantiales, ríos y quebradas y un afloramiento.

Las imágenes correspondientes a cada punto de muestreo se presentan en el Anexo 3 (Reporte de campo N.º 003-2018-STEC) y la sistematización se encuentra en el Anexo 2 (Reporte de resultados N.º 004-2018-STEC).

7.1 Calidad de agua en manantiales

Se evaluó un manantial que no es usado para consumo humano de código FLIra2, sin embargo, es importante debido a su cercanía con el proyecto, por lo cual los resultados fueron comparado con el ECA categoría 3, debido a que es aportante del río La Ayraca.

Las concentraciones de pH en el punto FLIra2 (en ambas épocas) presentan carácter ligeramente básico, las que no superan el ECA para agua en la categoría 3 (Cat3D1 y Cat3D2). En cuanto a la conductividad eléctrica, este punto no superó el ECA en ninguna época.

En cuanto al resto de parámetro evaluados, que incluye a la concentración de metales en ambos periodos de monitoreo, no superan el ECA para agua categoría 3, con la que fueron comparados



7.2 Calidad de agua en ríos y quebradas

Se han evaluado 8 puntos de monitoreo, los que fueron comparados con el ECA para agua vigente en la categoría 3, con las subcategorías D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (Cat3D1 y Cat3D2).

Las concentraciones pH en los puntos QTend1 y QSnbr1 (ambos en época seca) presentan carácter ligeramente ácidos, mientras que las concentraciones en el punto QSald1 (en ambas épocas) presentan carácter ácido (ver Figura 7-20), los cuales incumplen el ECA para agua en las Cat3D1 y Cat3D2. En cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

↑
K
H
P
*
f
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

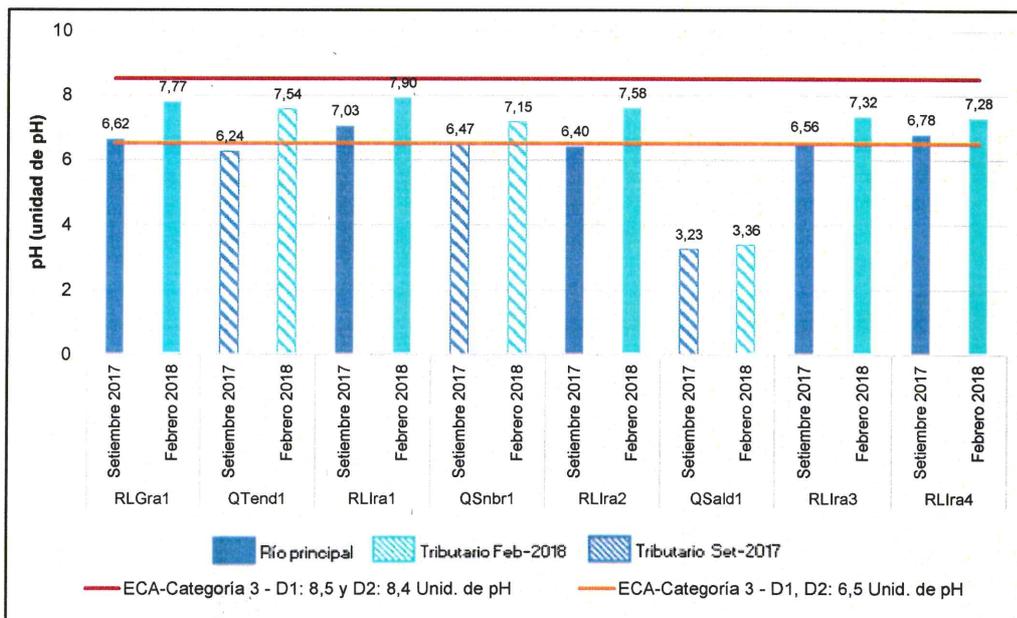


Figura 7-20. Resultados de pH en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada salada (QSald1) en ambas épocas, superó el ECA para agua en la Cat3D1 para cadmio total. Asimismo, las concentraciones de aluminio total, cobre total y manganeso total en dicho punto, supera el referido ECA para las Cat3D1 y Cat3D2 (Ver Figura 7-21, 7-22, 7-23 y 7-24).



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

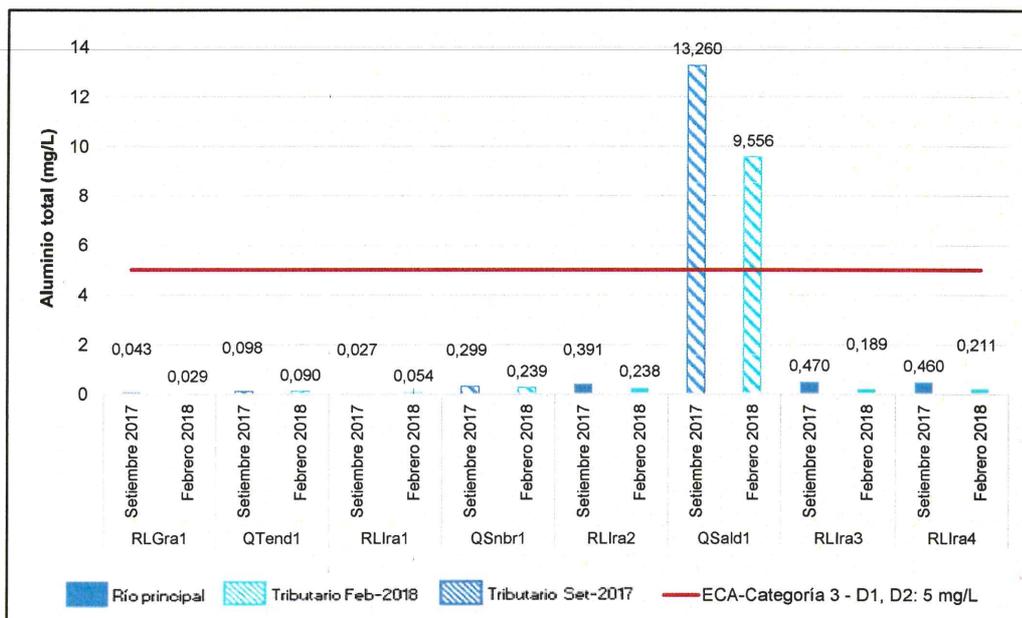


Figura 7-21. Concentración de aluminio total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca



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»

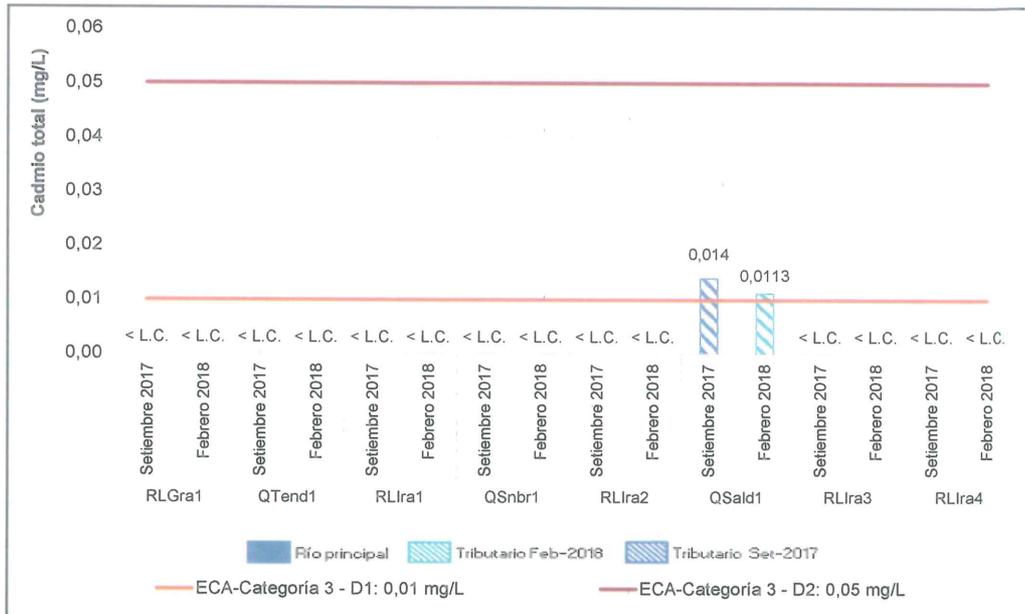


Figura 7-22. Concentración de cadmio total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayra



Handwritten notes and symbols on the left margin: an upward arrow, a checkmark, the letters 'W', 'P', a star-like symbol, and the letters 'LPC'.

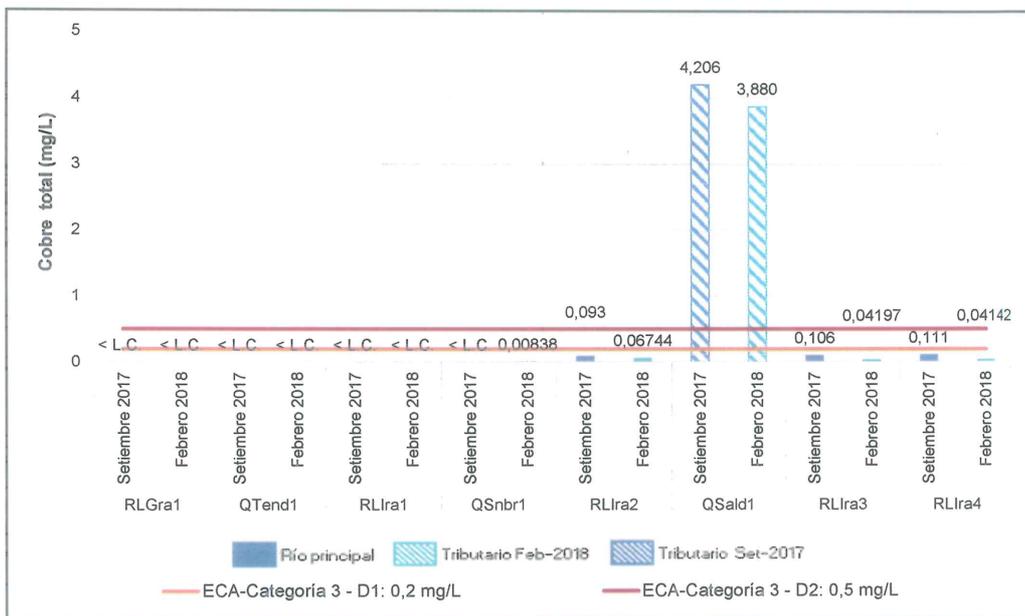


Figura 7-23. Concentración de cobre total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayra



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

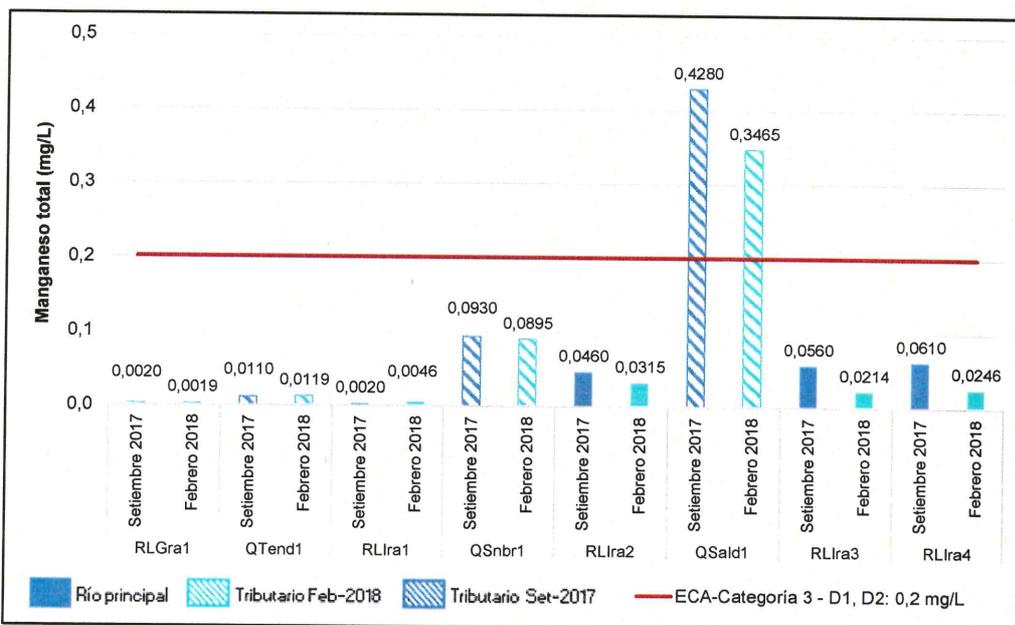


Figura 7-24. Concentración de manganeso total en los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca

7.3 Calidad de agua en afloramientos cercanos a plataformas de perforación

Se consideró 1 punto de muestreo (PPerf1) en el afloramiento de agua cercano a una plataforma de perforación del área de influencia del proyecto minero La Granja. El afloramiento es aportante al río La Ayraca, por lo cual, fue comparado con el ECA categoría 3 (Cat3D1 y Cat3D2).

Los valores de pH en el punto PPerf1 (en ambas épocas) son cercanos a la neutralidad, los cuales no superan el ECA para agua para las Cat3D1 y Cat3D2 (ver Figura 7-25).

En cuanto a la concentración de metales, ningún punto en ambos periodos de muestreo, no sobrepasan el ECA para agua en la categoría 3.

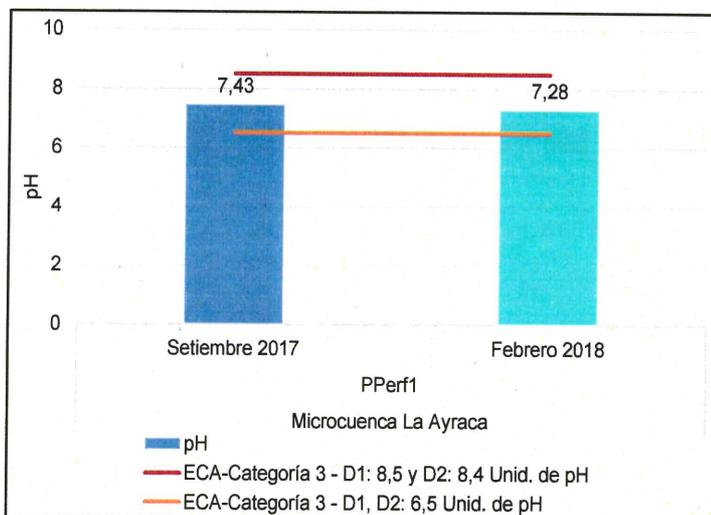


Figura 7-25. Concentración de pH en el punto PPerf1



Handwritten notes in blue ink: an upward arrow, the letter 'd', a checkmark, the letter 'P', a star, the letter 'f', and the initials 'LPC'.



7.4 Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos

Previamente al análisis llevado a cabo en esta sección, se determinó la concentración de metales suspendidos por medio de la diferencia de las concentraciones de los metales totales y disueltos, lo que servirá para luego evaluar, por un lado, la relación entre los metales disueltos y suspendidos, y por otro la relación de los metales con los sólidos totales disueltos y suspendidos.

En esta subsección se consignan los porcentajes de los metales disueltos y suspendidos (relación de cada metal disuelto con su homónimo de metal total) en la microcuenca del río La Ayraca que comprende ríos, quebradas, manantiales y un afloramiento cercano a una plataforma de perforación.

De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %), agrupándolos por colores: anaranjado de 50 a 75 %, rojo claro de 75 a 90 % y verde claro de 90 a 100 %.

En las Tablas 7-15 al 7-17 se muestran los metales que predominaron en su forma disuelta en la microcuenca del río La Ayraca: silicio, arsénico, bario, calcio, cobre, estroncio, magnesio, potasio, sodio y zinc. Estos mismos, además de aluminio y boro en el afloramiento cercano al pasivo ambiental, se encontraron mayoritariamente.

Cabe resaltar que en la microcuenca del río La Ayraca, el porcentaje de silicio y sodio disuelto (<90 %), es mayor en los puntos de los ríos y quebradas. Asimismo, el porcentaje de calcio, estroncio y magnesio (<90 %) fue mayor en el manantial La Ayraca (FLIra2) y las concentraciones de magnesio disuelto (<90 %), es mayor en el afloramiento cercano a un pasivo minero.

En cuanto al manantial FLIra2 predominan los metales en forma suspendida aluminio y hierro; y para el punto de muestreo en el afloramiento cercano a una plataforma de perforación predominan los metales bario, hierro y manganeso, como se muestra en las Tablas 7-18 y 7-19.

Cabe resaltar que en la microcuenca del río La Ayraca, el porcentaje de manganeso suspendido (<90 %), es mayor en el punto de muestreo en el afloramiento cercano a un pasivo ambiental (PPerf1).



↑

*

H

P

*

+

LAC



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 7-15. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca La Ayraça

Table with 22 columns: Punto de muestreo, Fecha, Unidad, Silicio, Arsénico, Bario, Calcio, Cobre, Estroncio, Magnesio, Potasio, Sodio, Zinc. Each element has two sub-columns for 'Sus.' and 'Dis.'.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al limite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-16. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca La Ayraça

Table with 14 columns: Punto de muestreo, Fecha, Unidad, Calcio, Cobre, Estroncio, Magnesio, Potasio, Zinc. Each element has two sub-columns for 'Sus.' and 'Dis.'.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al limite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-17. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en el afloramiento cercano a un pasivo ambiental en la microcuenca La Ayraça

Table with 20 columns: Punto de muestreo, Fecha, Unidad, Silicio, Aluminio, Arsénico, Boro, Calcio, Estroncio, Magnesio, Potasio, Sodio. Each element has two sub-columns for 'Sus.' and 'Dis.'.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al limite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Rango de colores de los porcentajes

Legend table with 4 columns: 0-50 %, <50-75 %, <75-90 %, <90-100 %



Handwritten blue notes and symbols on the left margin.



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

Tabla 7-18. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca La Laja

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Hierro	
			Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto
FLIra2	09/09/2017	%	87	13	88	12
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

< L.C. : Menor al límite de cuantificación

Tabla 7-19. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en el afloramiento cercano a una plataforma de perforación en la microcuenca La Ayraca

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Bario		Hierro		Manganeso	
			Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto
PPerf1	09/09/2017	%	57	43	64	36	93	8
	12/02/2018	%	N.N.	N.N.	< L.C.	< L.C.	94	6

N.N.: No se determinó debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos

< L.C. : Menor al límite de cuantificación

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

Finalmente, de acuerdo a los resultados indicados en la Tabla 7-20, los metales que presentaron un comportamiento heterogéneo tanto para su forma suspendida y disuelta, fue el aluminio, hierro y manganeso en ríos y quebradas; en la microcuenca del río La Ayraca.

Tabla 7-20. Metales en porcentajes variables en ríos y quebradas en la microcuenca La Ayraca

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Hierro		Manganeso	
			Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto
RLGra1	06/09/2017	%	63	37	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	14/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.
QTend1	06/09/2017	%	54	46	< L.C.	< L.C.	36	64
	14/02/2018	%	49	51	79	21	40	60
RLIra1	06/09/2017	%	52	48	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	14/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	28	72	34	66
QSnbr1	06/09/2017	%	90	10	94	6	65	35
	14/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	93	7	79	21
RLIra2	06/09/2017	%	37	63	46	54	4	96
	14/02/2018	%	41	59	44	56	26	74
QSald1	06/09/2017	%	1	99	4	96	10	90
	17/02/2018	%	6	94	9	91	3	97
RLIra3	06/09/2017	%	46	54	66	34	7	93
	17/02/2018	%	34	66	43	57	19	81
RLIra4	06/09/2017	%	44	56	57	43	7	93
	17/02/2018	%	50	50	54	46	30	70

< L.C. : Menor al límite de cuantificación

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

7.5 Relación de metales con sólidos (disuelto y suspendidos)

En esta subsección se presentan las gráficas de dispersión en las que se muestra la relación de los sólidos disueltos totales (SDT) con la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) con los metales disueltos.

En base a dichas gráficas, se calculan las relaciones lineales (medición de la proporcionalidad) respectivas. Esto es indicado por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R²) mayor a 0,90.



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 coeficiente de determinación (R^2) de la conductividad con los sólidos disueltos totales fue 0,9991 (ver Figura 7-26) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Ayraca en época seca y 0,9923 (ver Figura 7-27) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Ayraca en época de lluvia, lo que indica una buena correlación entre los valores de conductividad y SDT.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) de la concentración de bario disuelto con los sólidos disueltos totales fue 0,9791 (ver Figura 7-28) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Ayraca en época seca. En tanto que el coeficiente fue 0,9836 (ver Figura 7-29) para los puntos de muestreo en la microcuenca La Ayraca en época lluviosa, para ambos casos se presenta una buena correlación de la concentración de bario disuelto y SDT.

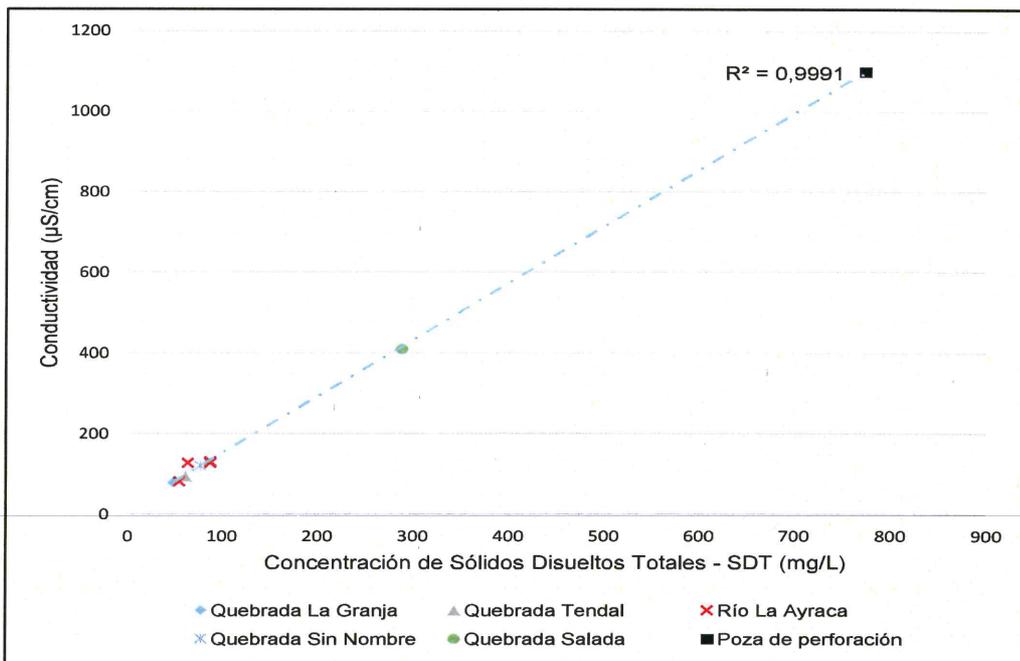


Figura 7-26. Relación de la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época seca



↑
OK
W
P
+
+
LR



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»

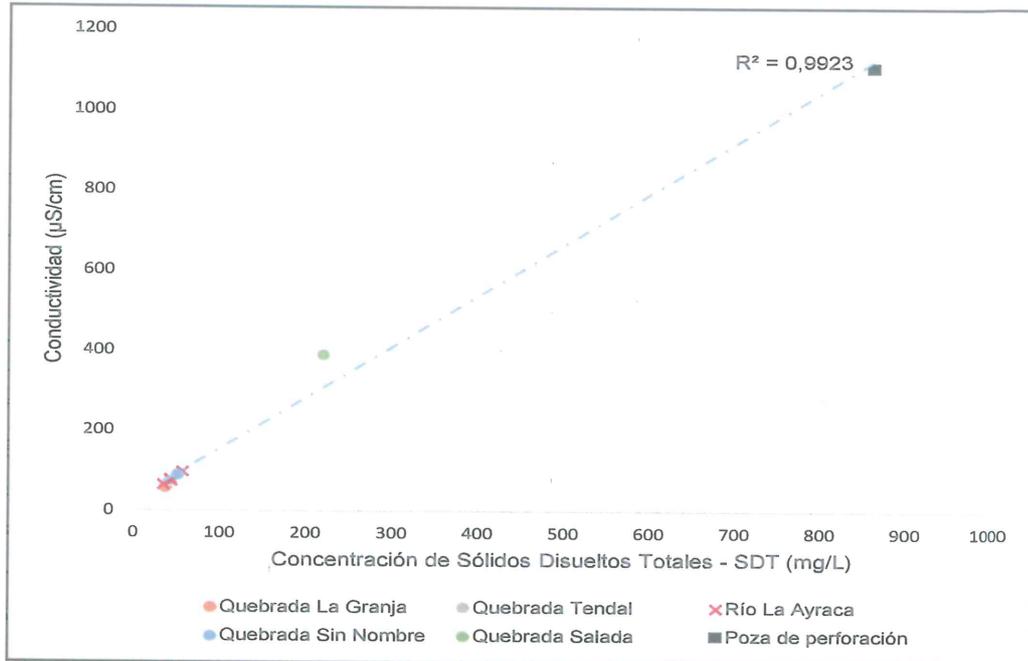


Figura 7-27. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época de lluvia



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing to the stamp and the letters 'P', 'A', and 'f'.

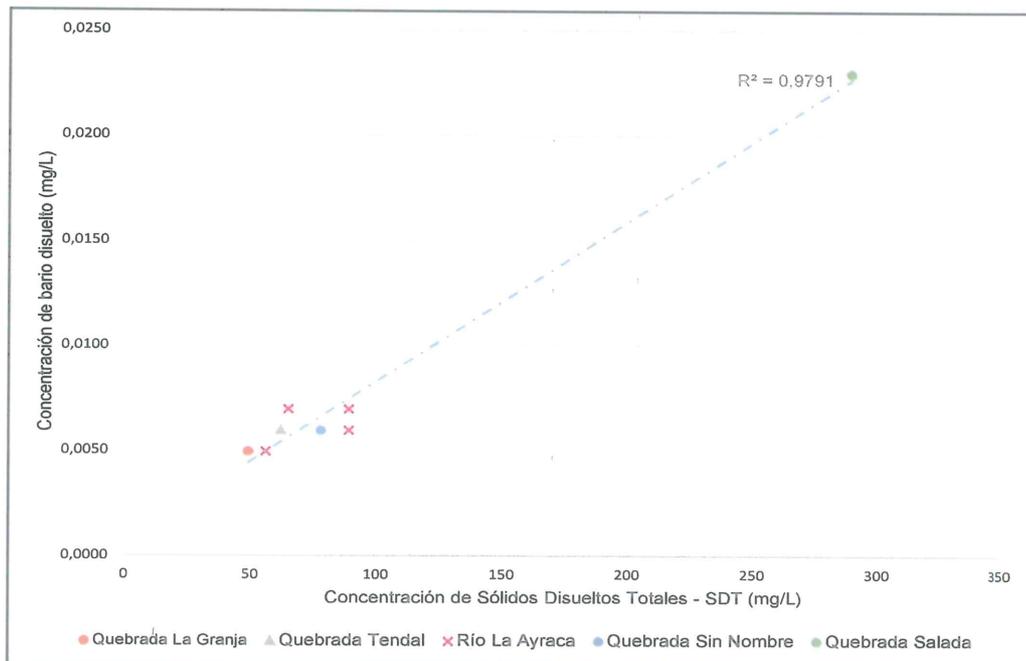


Figura 7-28. Relación de bario disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época seca



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

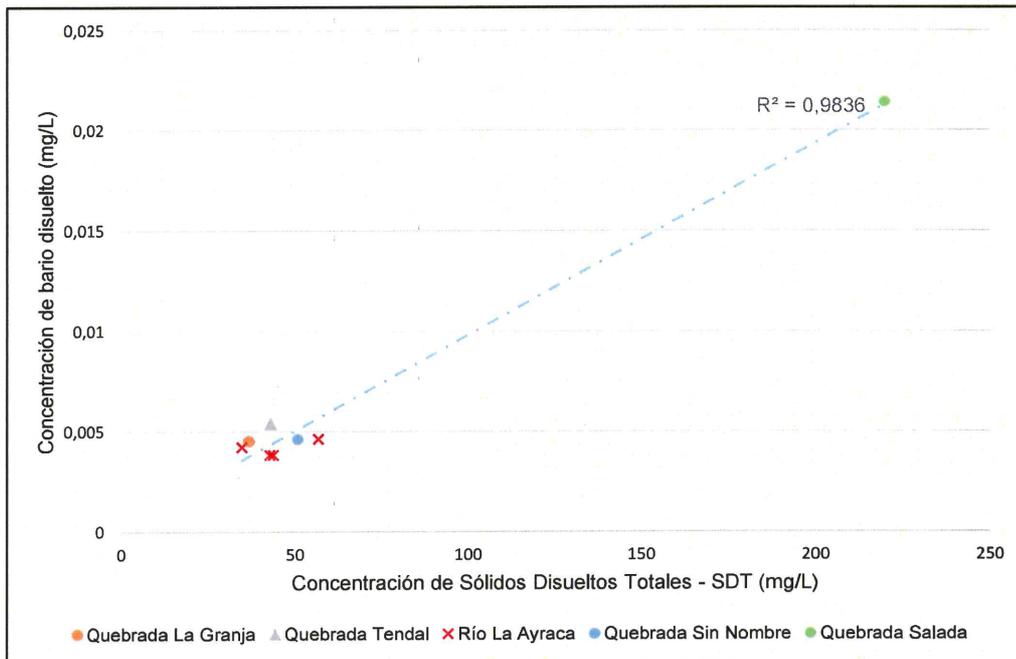


Figura 7-29. Relación de bario disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca La Ayraca en época de lluvia

7.1.2.2. Calidad de suelo

Este capítulo presenta los resultados de laboratorio y análisis de calidad de suelo para la microcuenca La Ayraca; evaluándose puntos de muestreo para metales totales en 2018 además de forma complementaria se recogió información de los IGA del proyecto minero «La Granja» relacionada a la clasificación por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos.

a. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos fue extraída de la cuarta, séptima y décimo segunda modificación del EIASD del proyecto de exploración la Granja³⁰.

• Unidades de suelos

Esta microcuenca comprende un área de superficie aproximada de 2365,714 hectáreas, los suelos que se encuentran en ella se distribuyen de manera uniforme en la margen derecha e izquierda de los ríos La Granja, El Rollo, río Ayraca y las quebradas El Rollo, Tendal y La Granja (Tabla 7-21).

Tabla 7-21. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca La Ayraca

Soil Taxonomy (2010)				Nombre Común de los Suelos
Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Subgrupo	
Entisols	Othents	Ustorthents	Lithic Ustorthents	Paja Blanca (PB)
				Bosque (Bo)
				San Lorenzo (SL)

³⁰ Informe de la cuarta modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2008)
Informe de la séptima modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2011)
Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)



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



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

Soil Taxonomy (2010)				Nombre Común de los Suelos
Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Subgrupo	
Mollisols	Ustolls	Humustepts	Lithic Humustepts	Extremo (Ex)
				La Ayraca (IR)
				Cerro Negro (CN)
			Llama (LI)	
		Andic Humustepts	La Laja (Lj)	
		Tendal (Te)		
		Centro (Ce)		
		Haplustolls	Lithic Haplustolls	Cayaltí (Ca)
Rollo (Ro)				

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-30 se observa que al suroeste se encuentra representada por los suelos La Laja (Lj) constituida por secuencia de horizontes E y F con epipedón óchrico, mientras que el material residual deriva de las rocas volcánicas Porculla, asimismo la pendiente representativa para esta unidad es de 60% característico de relieves empinados de los cerros Congona.

Los suelos Cayaltí (Ca), se ubican en la margen derecha de la quebrada La Granja, constituida por lo horizontes E y F con pendientes mayores a 70 %; con respecto a los suelos El Rollo se encuentran ubicados en la margen derecha e izquierda del quebrada El Rollo constituido por la secuencia de horizonte F.

En cuanto a los suelos Bosque (Bo), Extremo (Ex), Cerro Negro (CN) e Ayraca (Ir) se ubican en la margen derecha del río Ayraca, constituida en su mayoría por afloramientos de rocas porfíricas, dioríticas, volcánicos Porculla y depósitos deluviales-eluviales constituidas principalmente por horizontes de suelo E, F y G. Cabe resaltar que en esta margen se ubica una asociación de los suelos Cerro Negro y Pardo (CN-Pd).

Los suelos que se ubican en la margen izquierda del río Ayraca se encuentran representados por los suelos San Lorenzo, Paja Blanca, Centro, El Rollo y Llama; derivadas de rocas cretácicas (calizas) del grupo Inca Chulec Pariatambo y depósitos coluviales eluvio-deluviales constituidas por horizontes E, F y G. Es importante mencionar que se ubica una asociación de los suelos El Rollo y Extremo (Ro-Ex/D).



Handwritten notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, 'H', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

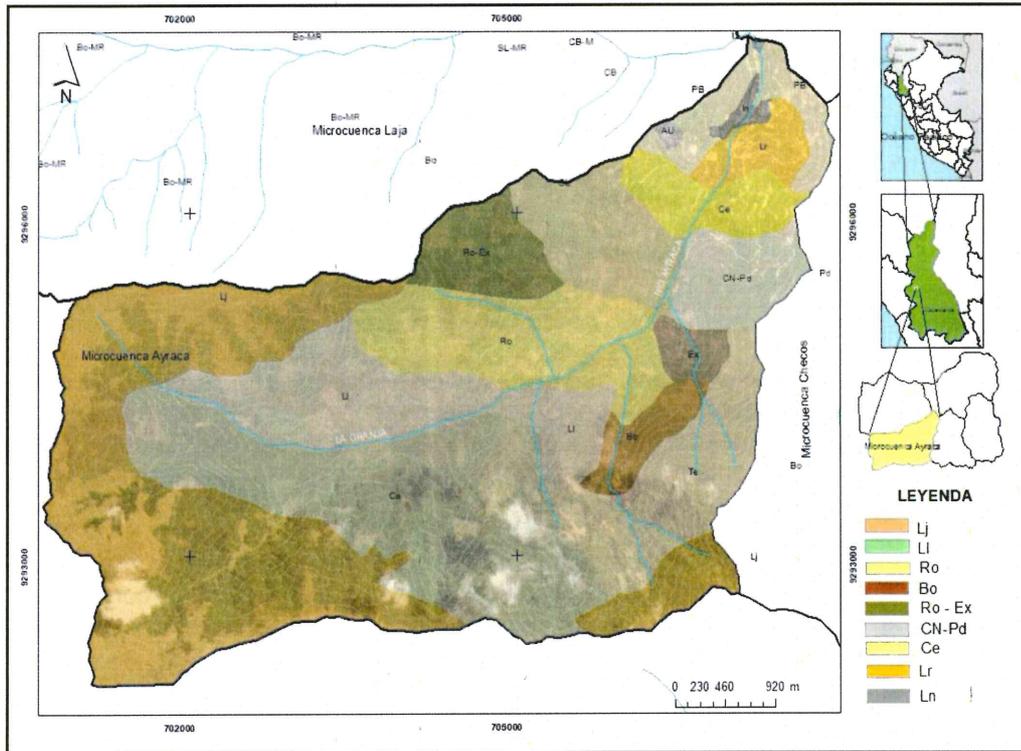


Figura 7-30. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca La Ayraca
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Capacidad de uso mayor de suelos**

Esta clasificación se basó en el D.S. N.º 017-2009-AG cuyo objetivo es determinar la capacidad del suelo identificando sus limitaciones, así como las prácticas de manejo y conservación que eviten su deterioro a través de tratamientos continuos y usos específicos. Para esta microcuenca se tiene las siguientes clasificaciones (Tabla 7-22).

Tabla 7-22. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos

Subclase	Descripción
F2se	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
F2se – Xs	Asociación de tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y riesgo de erosión y tierras de protección (X) por suelo
F3se	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xs	Tierras de protección por suelo
Xse	Tierras de protección (X) con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
F2s	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo
Xs-F3sec	Asociación de tierras de protección (X) por suelo y tierras aptas para producción forestal (f) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
Xs	Tierras de protección por suelo

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-31 se muestra a los suelos de Protección (Xs) ocupando más del 40 % del área total de la microcuenca, seguidamente de los siguientes suelos: (1) tierras de



K
W
P
A
+

LR



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

protección con limitaciones por suelo y riesgo de erosión (Xse), (2) asociación de tierras aptas para producción forestal de calidad agrológica con limitaciones por suelo y riesgo de erosión (F2se – Xs), entre otras clasificaciones de suelos de menor área.

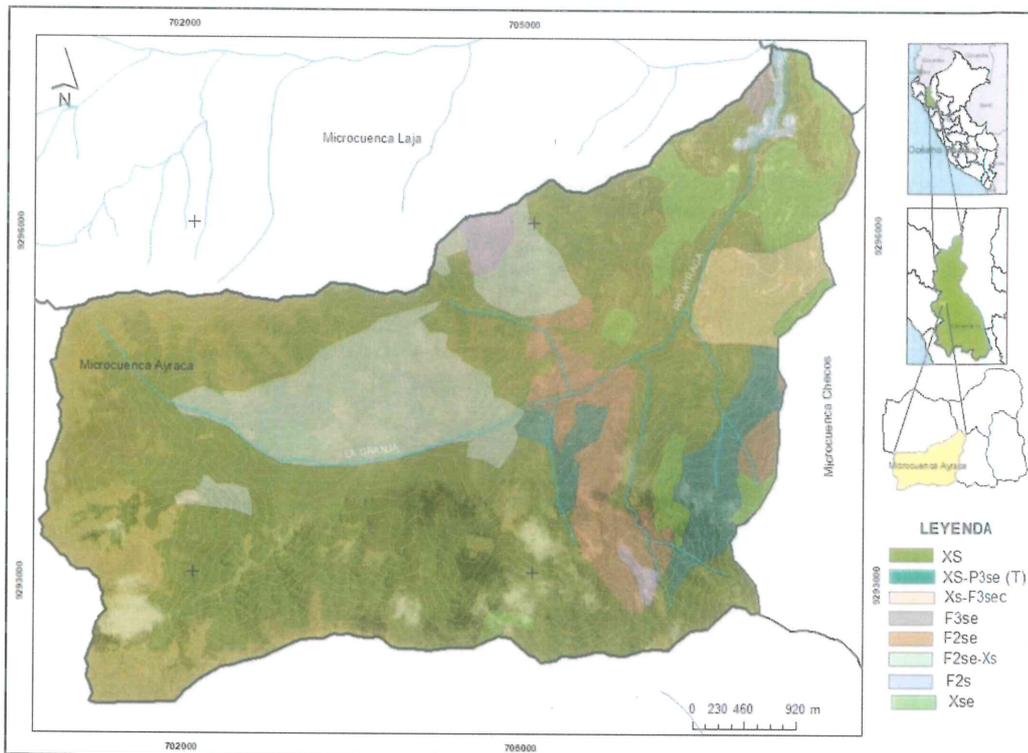


Figura 7-31. Clasificación según la capacidad mayor de suelos en la microcuenca Ayraça
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAAs del proyecto de exploración La Granja (2017)



• **Uso actual de suelos**

El estudio de uso actual de suelos se basó en el sistema de clasificación propuesto por la Unión Geográfica Internacional (UGI, 1979). En la Tabla 7-23 se detalla las clasificaciones para esta microcuenca.

Tabla 7-23. Clasificación de suelos según uso actual de suelos

Categoría	Nombre	Código
Categoría 3: Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos Perennes	Cultivos	Cp-Ce
Categoría 6: Praderas Naturales	Praderas Naturales	Pj
Categoría 7: Terreno con bosques	Bosques	Bq
Áreas sin uso, no clasificadas	Matorrales	Ma

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAAs del proyecto de exploración La Granja (2017)

Los suelos Bosques (Bq) se extiende en casi un 40 %, seguidamente de los terrenos con huerto de frutales (Cp-Ce) y otros de menor extensión como las Praderas Naturales y los Matorrales; en la Figura 7-32 se muestra la distribución de la clasificación de uso actual de suelos en la microcuenca La Ayraça.

Handwritten notes on the left margin: an arrow pointing up, followed by 'K', 'P', a star symbol, a plus sign, and 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

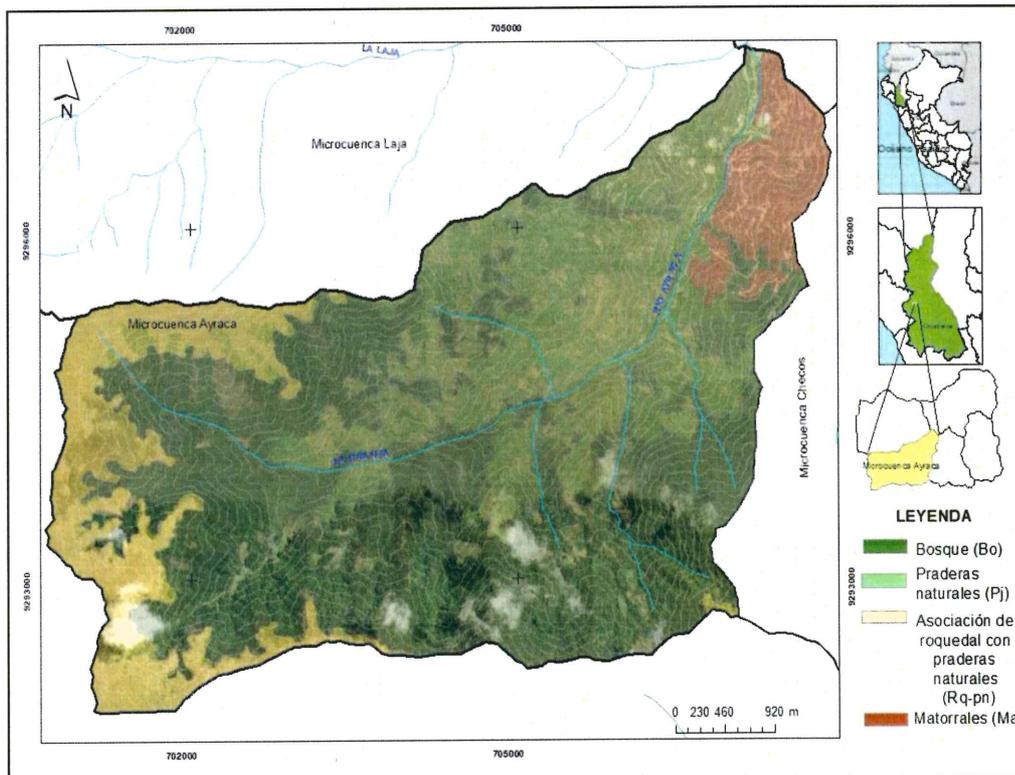


Figura 7-32. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca La Ayraca

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)



b. Metales totales

Esta microcuenca comprende 8 puntos de muestreo (OEFA, 2018), los resultados fueron comparados con el ECA para suelos de uso agrícola e industrial, a continuación, se detalla gráficamente la concentración de los metales en los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca.

En relación a la Figura 7-33, la concentración de arsénico total superó los valores de ECA suelo para uso agrícola en los puntos de muestreo SLG-43, SLG-75, SLG-78, en tanto que el ECA suelo para uso industrial en el punto de muestreo SLG-44.

↑
x
H
P
A
+
LPC



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

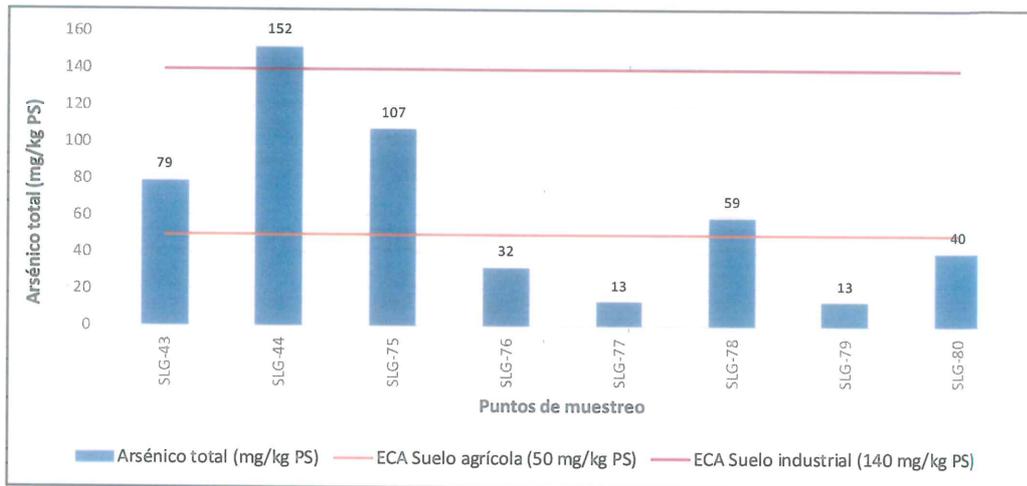


Figura 7-33. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

En la Figura 7-34, la concentración de cadmio total solo logró superar el ECA suelo para uso agrícola en tres puntos de muestreo SLG-43, SLG-44 y SLG-75.

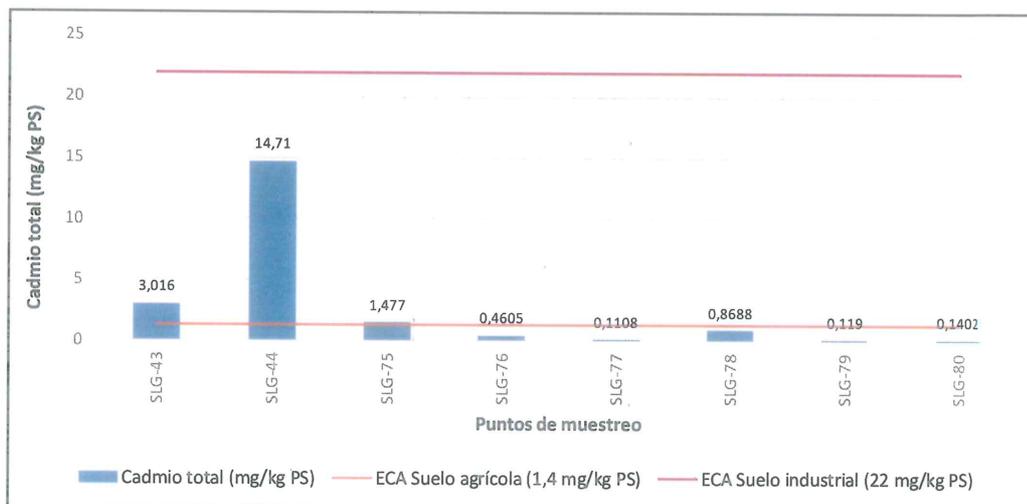


Figura 7-34. Resultados de la concentración de cadmio total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

En la Figura 7-35, la concentración de plomo total logró superar el ECA suelo de uso agrícola en 3 puntos de muestreo (SLG-43, SLG-44 y SLG-75) y el ECA suelo de uso industrial solo en el punto de muestreo SLG-44.

Los metales mercurio, cromo y bario total no lograron superar ningún ECA suelo.



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



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

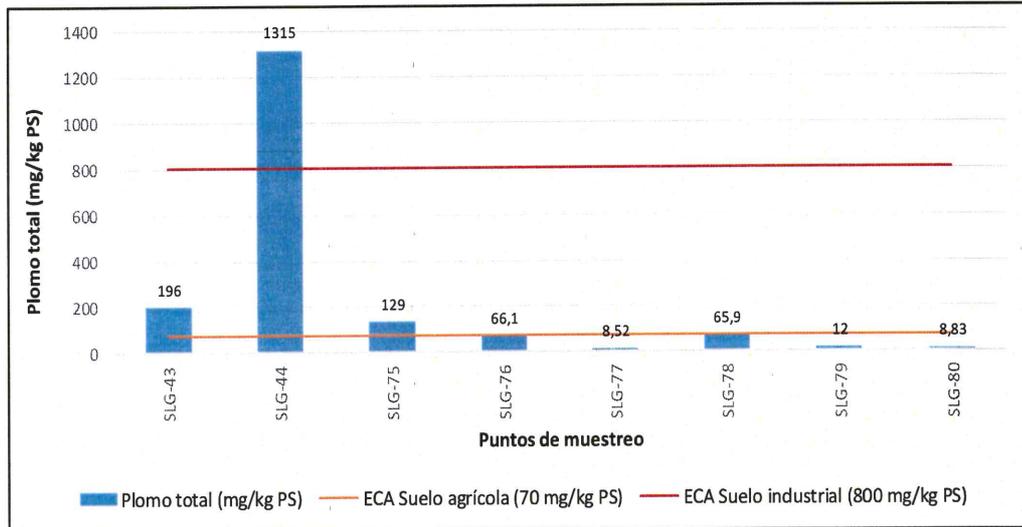


Figura 7-35. Resultados de la concentración de plomo total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

7.1.3. Zona III: Microcuenca Checos

7.1.3.1. Calidad de agua

En esta microcuenca se evaluaron 5 puntos de muestreo: 4 en quebradas y ríos, y 1 manantial, muestreado en ambas épocas. Para un mejor análisis la presentación de los resultados se ha dividido en 2 grupos: manantial y ríos y quebradas.

Las imágenes correspondientes a cada punto de muestreo se presentan en el Anexo 3: Reporte de campo N.º 003-2018-STEC.

- **Calidad de agua manantiales**

En esta microcuenca se ubica el manantial de código FNatu5, cuyos resultados fueron comparados con la normativa nacional del ECA de agua para uso poblacional y recreacional (categoría 1) con las subcategorías A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

La concentración de pH en el punto FNatu5 presenta carácter ligeramente ácido en ambas épocas, el cual incumple el ECA para agua para la categoría 1, subcategoría A1 (ver Figura 7-36a); asimismo, la concentración de oxígeno disuelto en el mismo punto incumple el ECA para la misma subcategoría (ver Figura 7-36b). En la cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

La concentración de hierro total en el punto FNatu5 en época de lluvia, incumple con el ECA para agua categoría 1, subcategoría A1 (ver Figura 7-36c).



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up, a checkmark, a signature, and the initials 'LRC' at the bottom.



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

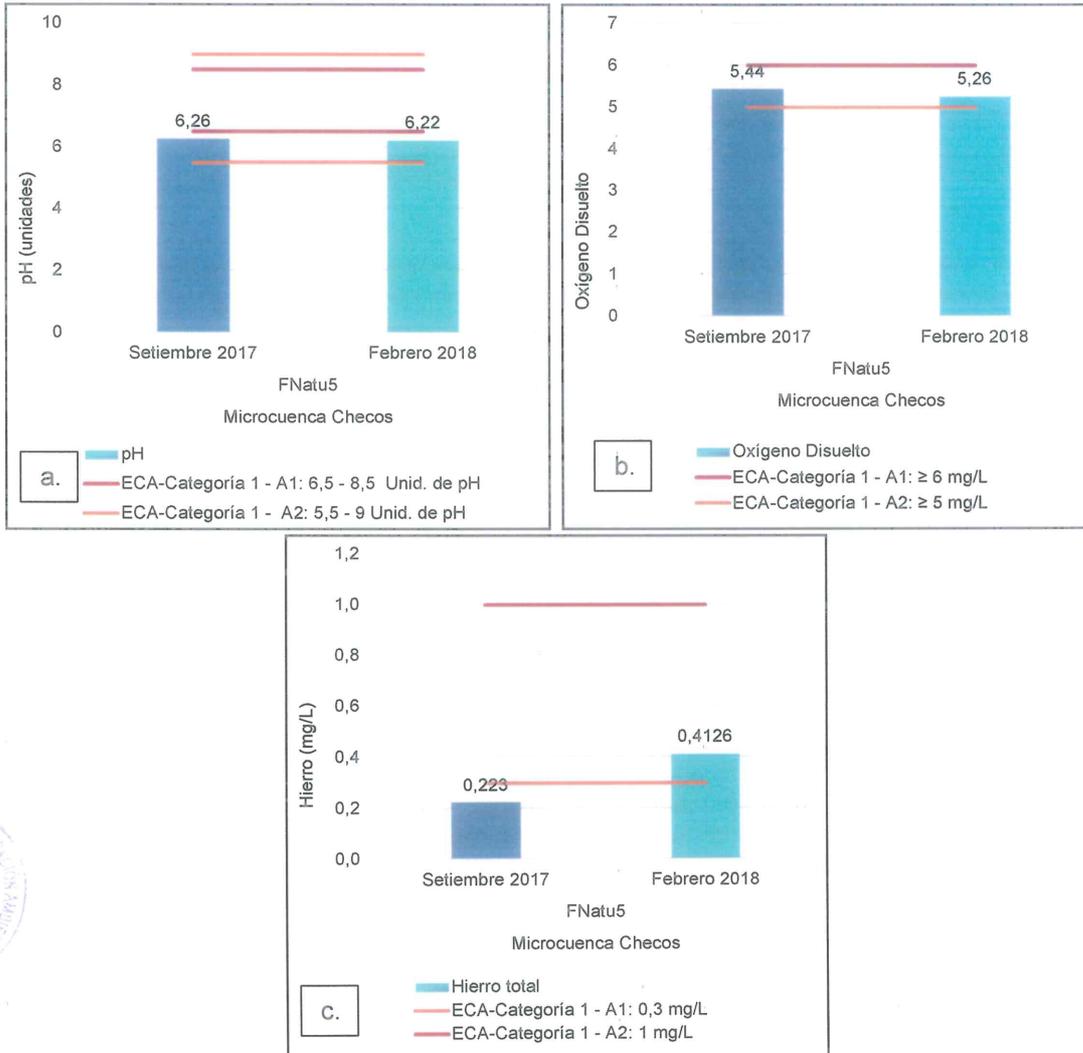


Figura 7-36. Concentraciones de calidad de agua en manantiales de la microcuenca Checos. a. pH, b. Oxígeno disuelto y c. Hierro total.

• **Calidad de agua en ríos y quebradas**

Se han evaluado 4 puntos de muestreo: QChec1, QChec2, QChec3 y QSnbr3, los que fueron comparados con la normativa nacional del ECA de agua categoría 3, con las subcategorías D1: Riego de vegetales (Cat3D1) y D2: Bebida de animales (Cat3D2).

Las concentraciones pH en todos los puntos de muestreo (en ambas épocas) presentan valores cercanos a la neutralidad, los cuales no superaron el ECA para agua para las Cat3D1 y Cat3D2. En cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

En cuanto a la concentración de metales, en ambas épocas evaluadas no superan ningún punto de muestreo el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.



Handwritten blue notes and arrows on the left margin, including 'UP', 'P', 'A', 't', and 'LPC'.



• **Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos**

Previamente al análisis llevado a cabo en sección, se determinó la concentración de metales suspendidos por medio de la diferencia de las concentraciones de los metales totales y disueltos, lo que servirá para luego evaluar, por un lado, la relación entre los metales disueltos y suspendidos, y por otro la relación de los metales con los sólidos totales disueltos y suspendidos.

En esta subsección se consignan los porcentajes de los metales disueltos y suspendidos (relación de cada metal disuelto con su homónimo de metal total) en la microcuena de la quebrada Checos que comprende quebradas y manantiales.

De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %), agrupándolos por colores: anaranjado de 50 a 75 %, rojo claro de 75 a 90 % y verde claro de 90 a 100 %.

En las Tablas 7-24 y 7-25 se muestran los metales que predominaron en su forma disuelta en la microcuena de la quebrada Checos: silicio, aluminio, bario, estroncio, hierro, magnesio, potasio y sodio. Estos mismos, además de arsénico, calcio, cobre y litio en un manantial (FNatu5), se encontraron mayoritariamente.

Cabe resaltar que en la microcuena de la quebrada Checos, el porcentaje de estroncio y magnesio disuelto (<90 %), es mayor en los puntos de los ríos y quebradas. Asimismo, las concentraciones de calcio, estroncio, magnesio y sodio disuelto (<90 %), es mayor en el manantial natural (FNatu5).

En la Tabla del 7-26 se muestran los metales con mayor porcentaje en forma suspendida en la microcuena de la quebrada Checos: aluminio, hierro, fosforo, manganeso, titanio, vanadio y zinc, para el punto de muestreo en el manantial natural (FNatu5).

Cabe resaltar que en la microcuena de la quebrada Checos, el porcentaje de aluminio suspendido (<90 %), es mayor en el punto de muestreo del manantial natural (FNatu5).



↑
d
u
P
d
t
rc



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-24. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca Checos

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Silicio		Aluminio		Bario		Estroncio		Hierro		Magnesio		Potasio		Sodio	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
QChec1	08/09/2017	%	12	88	44	56	N.N.	N.N.	1	99	44	56	3	97	18	82	5	95
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	48	52	27	73	9	91	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
QSnbr3	08/09/2017	%	12	88	29	71	N.N.	N.N.	8	92	42	58	8	92	18	82	18	82
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	22	78	14	86	7	93	22	78	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
QChec2	08/09/2017	%	12	88	38	62	9	91	6	94	24	76	10	90	6	94	5	95
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	33	67	32	68	6	94	38	62	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
QChec3	08/09/2017	%	12	88	43	57	N.N.	N.N.	6	94	58	42	9	91	N.N.	N.N.	15	85
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	35	65	21	79	9	91	37	63	4	96	N.N.	N.N.	4	96

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-25. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca Checos

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Silicio		Arsénico		Bario		Calcio		Cobre		Estroncio		Litio		Magnesio		Potasio		Sodio	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
FNatu5	08/09/2017	%	4	96	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	4	96	< L.C.	< L.C.	3	97	< L.C.	< L.C.	4	96	8	92	7	93
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	11	89	1	99	10	90	6	94	9	91	8	92	10	90	N.N.	N.N.	9	91

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-26. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca Checos

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Hierro		Fósforo		Manganeso		Titanio		Vanadio		Zinc	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
FNatu5	08/09/2017	%	86	14	92	8	N.N.	N.N.	67	33	--	--	--	--	79	21
	13/02/2018	%	79	21	88	12	62	38	55	45	81	19	55	45	N.N.	N.N.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %
--------	----------	----------	-----------



Handwritten notes and symbols: a blue arrow pointing up, a checkmark, 'GK', 'P', a star, a plus sign, and 'LC'.



Finalmente, de acuerdo a los resultados indicados en la Tabla 7-37, los metales que presentaron un comportamiento heterogéneo tanto para su forma suspendida y disuelta, fue el calcio, manganeso y zinc disuelto en puntos en quebradas; en la microcuenca de la quebrada Checos.

Tabla 7-27. Metales en porcentajes variables en quebradas en la microcuenca de la quebrada Checos

Punto de Muestreo	Fecha	Unidad	Calcio		Manganeso		Zinc	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
QChec1	08/09/2017	%	100	0	55	45	24	76
	13/02/2018	%	10	90	57	43	< L.C.	< L.C.
QSnbr3	08/09/2017	%	100	0	13	88	77	23
	13/02/2018	%	9	91	14	86	< L.C.	< L.C.
QChec2	08/09/2017	%	100	0	19	81	8	92
	13/02/2018	%	5	95	29	71	< L.C.	< L.C.
QChec3	08/09/2017	%	11	89	5	95	6	94
	13/02/2018	%	16	84	20	80	< L.C.	< L.C.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos
< L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %
--------	----------	----------	-----------

• **Relación de metales con sólidos (disuelto y suspendidos)**

En esta subsección se presentan las gráficas de dispersión en las que se muestra la relación de los sólidos disuelto totales (SDT) con la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) con los metales disueltos.

En base a dichas gráficas, se calculan las relaciones lineales (medición de la proporcionalidad) respectivas. Esto es indicado por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R²) mayor a 0,90.

El coeficiente de determinación (R²) de la conductividad con los sólidos disueltos totales fue 0,9971 (ver Figura 7-37) para los puntos de muestreo en la microcuenca Checos en época seca y 0,9996 (ver Figura 7-38) para los puntos de muestreo en la microcuenca Checos en época lluviosa, lo que indica una buena correlación entre los valores de conductividad y SDT.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R²) de la concentración de magnesio disuelto con los sólidos disueltos totales fue 0,9999 (ver Figura 7-39) para los puntos de muestreo en la microcuenca Checos en época seca y 0,9986 (ver Figura 7-40) para los puntos de muestreo en la microcuenca Checos en época lluviosa, lo que indica una buena correlación de estos valores.



↑
↓
ut
P
A
+
LPC



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

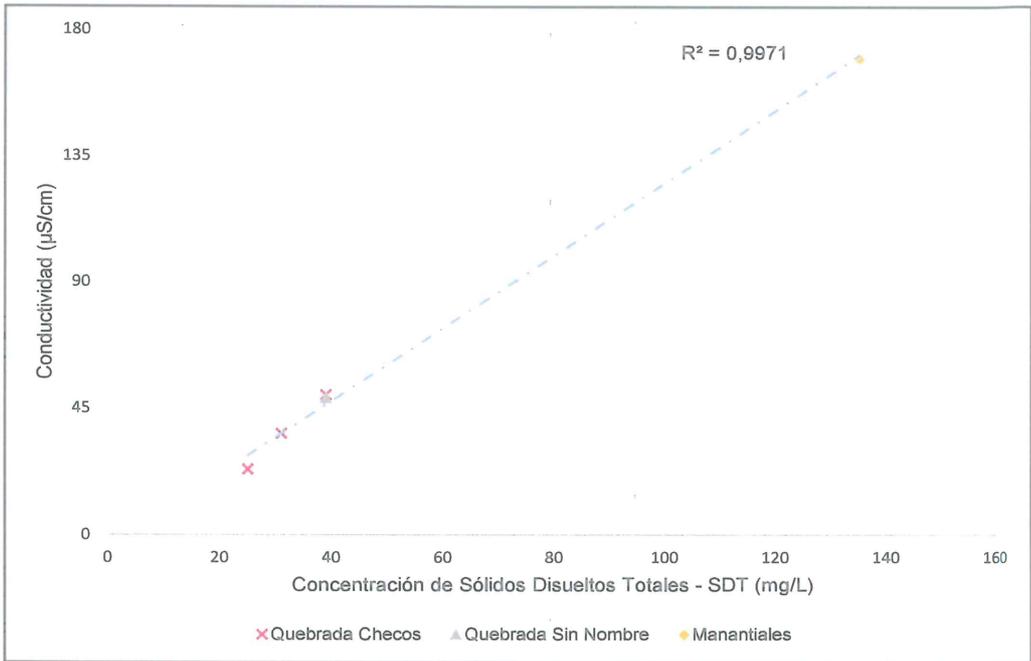


Figura 7-37. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época seca

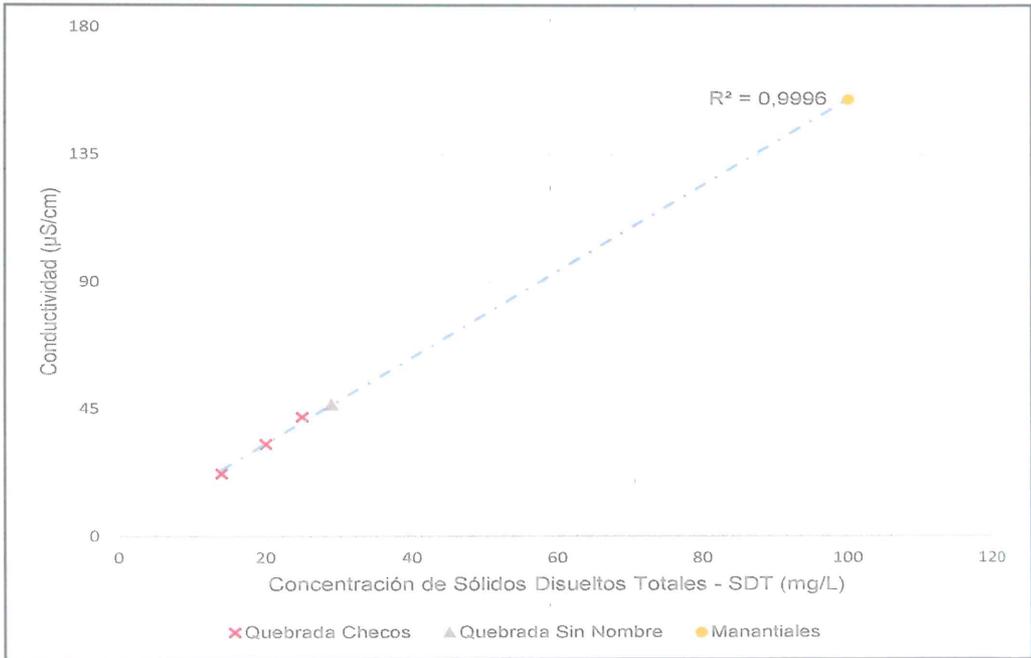


Figura 7-38. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época de lluvia



Handwritten notes and arrows in blue ink, including a large upward-pointing arrow and several smaller arrows pointing to specific data points in the graphs.

Handwritten initials 'HPC' in blue ink.



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

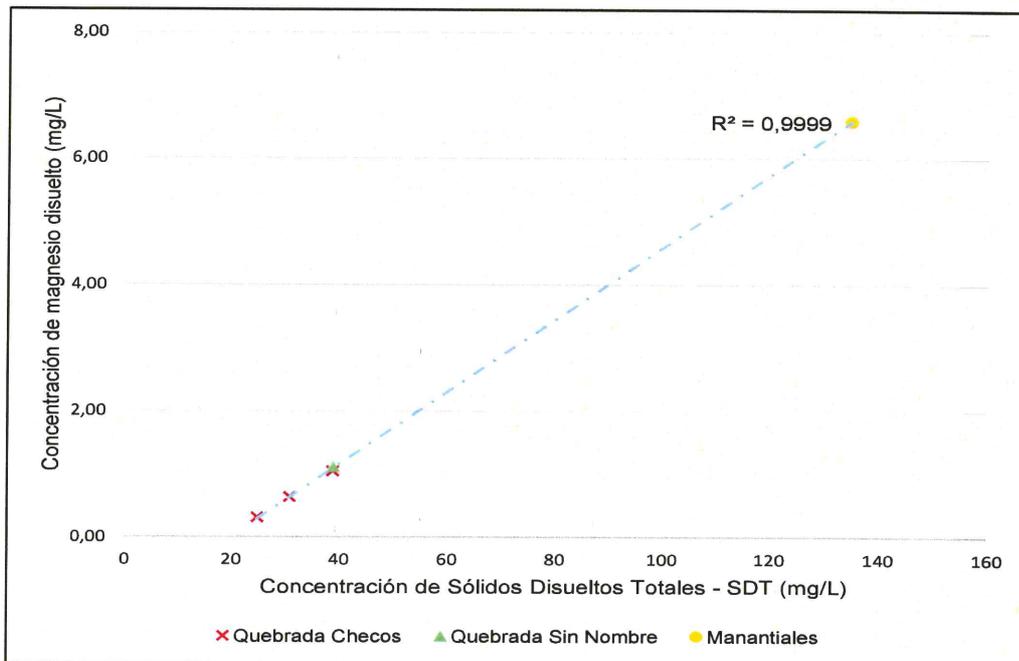


Figura 7-39. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época seca



Handwritten notes in blue ink, including a vertical line with an arrow pointing up, several checkmarks, and the initials 'MC' at the bottom.

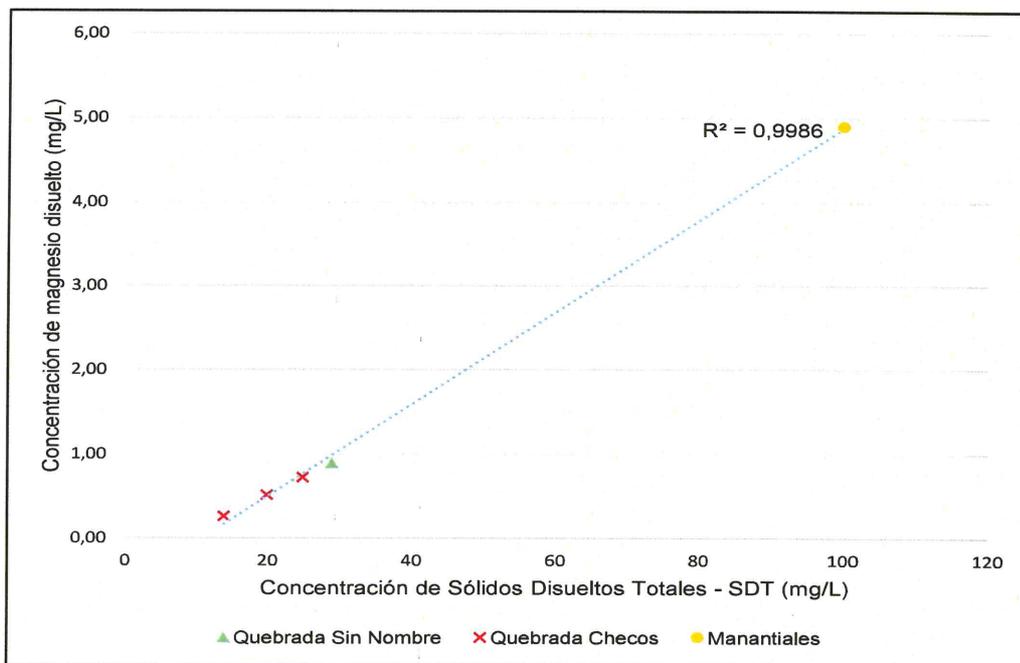


Figura 7-40. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Checos en época de lluvia

7.1.3.2. Calidad de suelo

Este capítulo presenta los resultados de laboratorio y análisis de calidad de suelo para la microcuenca Laja; evaluándose puntos de muestreo para metales totales en 2018, caracterización edáfica en el 2017 y de forma complementaria se recogió información



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

de los IGA del proyecto minero «La Granja» relacionada a la clasificación por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos.

a. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos fue extraída de la cuarta, séptima y décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración la Granja31.

• Unidad de suelos

Esta microcuenca comprende un área de superficie aproximada de 1592,58 hectáreas, los suelos que se encuentran en ella se distribuyen de manera uniforme en la margen derecha e izquierda de los ríos Checos y quebrada Checos, S/N1 y S/N2. Los resultados de las unidades de suelo se detallan en la Tabla 7-28.

Tabla 7-28. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca Checos

Table with 5 columns: Orden, Sub Orden, Gran Grupo, Subgrupo, Nombre Común de los Suelos. Rows include Entisols, Inceptisols, and Mollisols with their respective sub-categories and soil names like La Granja (LG), Paja Blanca (PB), etc.

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2017)



En la Figura 7-41 se observa que hacia el sur se encuentra representada por los suelos La Laja (Lj) y Bosque (Bo) constituida por secuencias de horizontes E, F y G originada por rocas volcánicas Porculla y Llama; asimismo las pendientes representativas para estas unidades son de 60 % característico de relieves empinados de los cerros Checos.

Los suelos Tendal (Te), Pardo (Pd) y Paja Blanca (PB) se encuentran ubicadas en la margen izquierda del río Checos, constituida por secuencia de horizontes D, E, F y G derivada de rocas volcánicas Llama (forman parte del cerro Paja Blanca) y depósitos cuaternarios eluviales-deluviales; asimismo las pendientes características de esta unidad son mayores a 40 %.

En la margen derecha se ubican los suelos Paraguay (Pa), Pardo (Pd) y Paja Blanca (PB) constituida por secuencia de horizontes E y G derivadas de rocas de origen volcánico Llama con pendientes mayores a 40 %.

Los suelos Checos y La Granja se encuentran ubicadas en las laderas bajas del cerro Paja Blanca, Cerro Chucate y circundantes al centro poblado de la Granja, están constituidas por horizontes A, B, D, E y F derivada de depósitos cuaternarios fluviales eluvial- deluvial además de poseer pendientes que varían entre 2 % y 8 %.

31 Informe de la cuarta modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2008)
Informe de la séptima modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2011)
Informe de la décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2017)



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

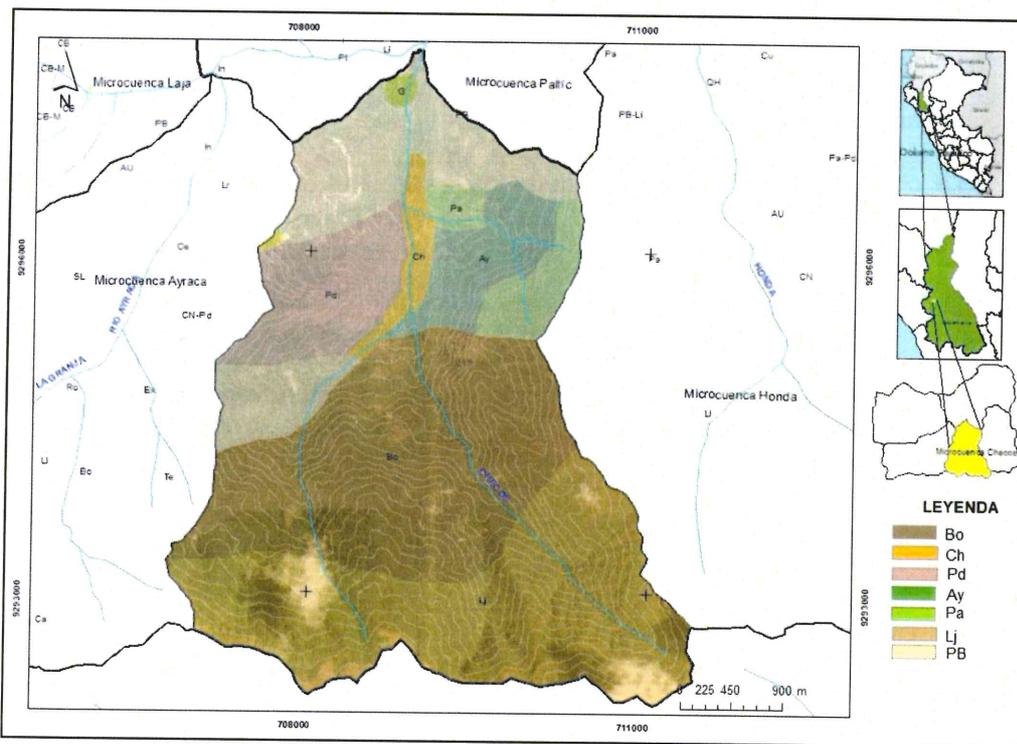


Figura 7-41. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca Checos
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Capacidad de uso mayor de suelos**

Esta clasificación se basó en el D.S. N.º 017-2009-AG cuyo objetivo es determinar la capacidad de suelo identificando sus limitaciones, así como las prácticas de manejo y conservación que eviten su deterioro a través de tratamientos continuos y usos específicos. Para esta microcuenca, se tiene las siguientes clasificaciones que se muestran en la Tabla 7-29.

Tabla 7-29. Clasificación según la capacidad de uso mayor de suelos el ámbito de la microcuenca Checos

Subclase	Descripción
F2se	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
F3se	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xse	Tierras de protección (X) con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
F2s	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo
Xs	Tierras de protección por suelo
F3sec	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
P3sec	Tierras aptas para pastos (P) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
Xse	Tierras de protección (X) con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xs	Tierras de protección por suelo

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

Los suelos de Protección (Xs) ocupan más del 50 % del área total de la microcuenca; seguidamente de los siguientes suelos: (1) Tierras de protección con limitaciones por



Handwritten notes and symbols in blue ink: an upward arrow, a star, the letter 'W', the letter 'P', another star, a plus sign, and the initials 'HC'.



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

suelo y riesgo de erosión (Xse), (2) Tierras aptas para producción forestal (F3sec). Por otro lado, mencionar que existen otros tipos de suelos de menor área que se muestran en la Figura 7-42.

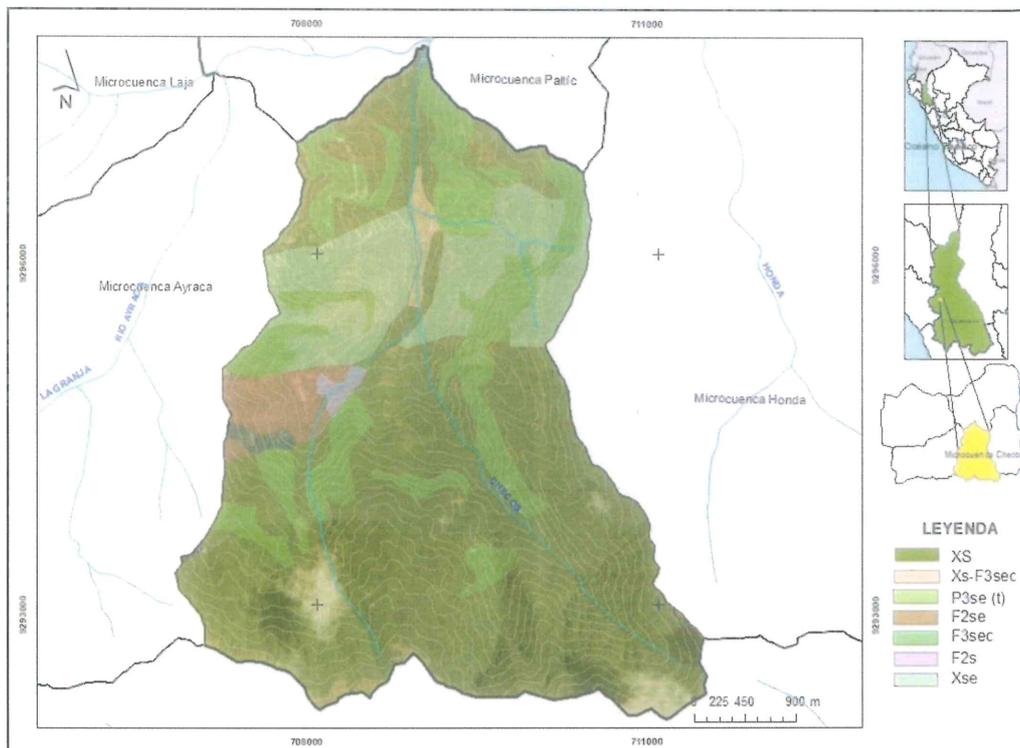


Figura 7-42. Clasificación de capacidad de uso mayor de suelos en la microcuenca Checos

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Uso actual de suelos**

Para la realización del estudio de uso actual de suelos, se basó bajo el sistema de clasificación propuesto por la Unión Geográfica Internacional (UGI, 1979). En la Tabla 7-30 se detalla las clasificaciones para esta microcuenca.

Tabla 7-30. Clasificación de uso actual de suelos para el ámbito de la microcuenca Checos

Categoría	Nombre	Código
Categoría 3: Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos Perennes	Cultivos	Cp-Ce
Categoría 6: Praderas Naturales	Praderas Naturales	Pj
Categoría 7: Terreno con bosques	Bosques	Bq
Categoría 9: Terrenos sin uso y/o improductivos	Asociaciones de Roquedal con Praderas Naturales	Rq-Pn
Áreas sin uso, no clasificadas	Matorrales	Ma

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

Los suelos Bosques (Bq) se extienden en más del 50 %, seguida de los terrenos con huertos de frutales y otros cultivos perennes (Cp-Ce), además de otros de menor extensión que se muestran en la Figura 7-43.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large arrow pointing up, and the letters 'P', 'LRC', and 't'.



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

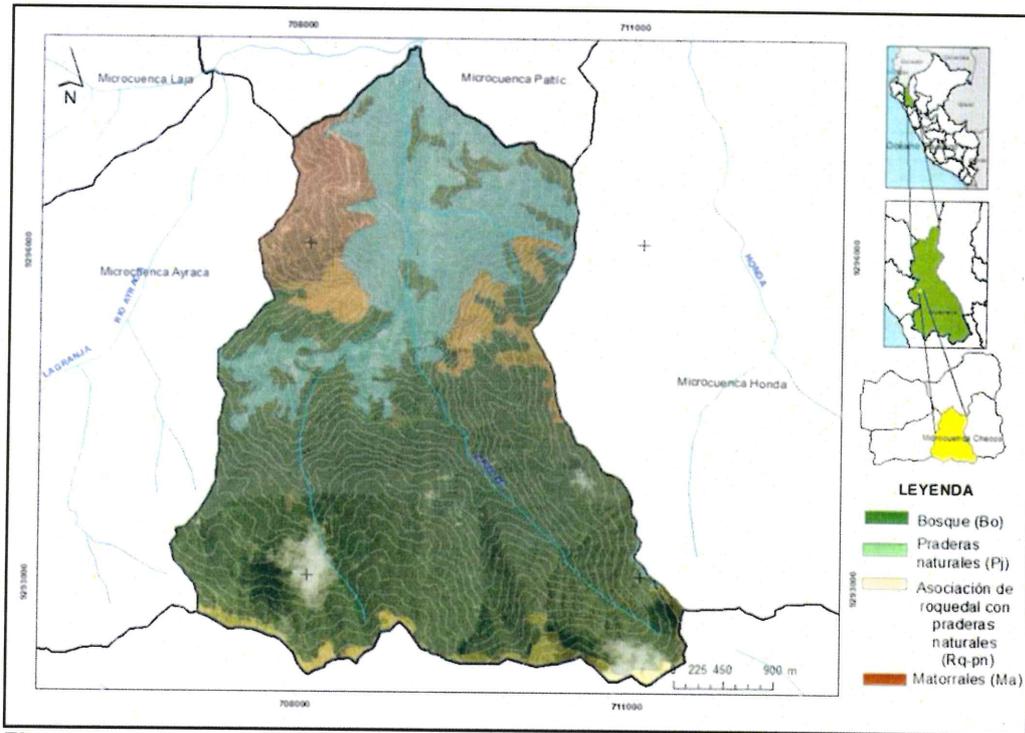


Figura 7-43. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca Checos
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAAs del proyecto de exploración La Granja (2017)

b. Caracterización edafológica

En esta sección se presentará los resultados de las 4 muestras extraídas en la microcuenca Checos (OEFA, 2017). En cuanto a las características edafológicas del suelo se analizó tomando como referencia el D.S N.º 017-2009-AG, Anexo N.º IV «Guía de clasificación de los parámetros edáficos».

Las proporciones porcentuales de las partículas indican que de acuerdo a su cantidad de arena, limo y arcilla representarían a suelos de textura media, que son detalladas en la Tabla 7-31.

Tabla 7-31. Resultados de análisis textural del suelo en el ámbito de la microcuenca Checos

Punto de muestreo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textual
SUE-CHE1	41	38	21,	Franco
SUE-CHE2	43	38	19	Franco

En la Tabla 7-32 se evidencia que las muestras evaluadas tienen un pH de 5,6 a 5,7; rangos que según la clasificación de USDA (Departamento de agricultura de los Estados Unidos de América) representarían a suelos medianamente ácidos³²; en tanto que la cantidad de carbonato de calcio es menor a uno lo que implicaría que poseen un nivel bajo³³.

³² Clasificación del pH en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 5,1 – 5,5 (Fuertemente ácido) y 5,6 – 6,0 (Medianamente ácido).

³³ Comparación referencial de cantidad decarbonato de calcio (Adaptado por Sanchez, 1998): Carbonato de calcio).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical arrow pointing up, a star-like symbol, and the letters 'P', 'A', 'T', 'LPC' arranged vertically.



En cuanto a la conductividad eléctrica, se encuentran en el rango de suelos no salinos³⁴, indicando efectos despreciables en los cultivos y con pocos organismos afectados; mientras que la cantidad de materia orgánica posee un nivel medio a alto³⁵ implicando buena aptitud para los cultivos.

Tabla 7-32. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos en el ámbito de la microcuencas Checos

Punto de muestreo	pH	Conductividad eléctrica	Calcáreo total (Carbonato de Calcio) (%)	Materia orgánica (%)
SUE-CHE1	5,7	0,11	<0,01	4,65
SUE-CHE2	5,6	0,17	<0,01	6,38

Los valores de capacidad de intercambio catiónico son mostrados en la Tabla 7-43, al ser comparados de manera referencial (FAO, 2012) indicaría que posee una mediana capacidad de intercambio catiónico³⁶, implicando una buena capacidad de retener nutrientes.

Con respecto a los nutrientes en las 2 muestras de suelos fue comparada de manera referencial (FAO, 2012)³⁷, resultando que la cantidad de fósforo en los puntos de muestreo posee un rango medio y alto, alto contenido de potasio, alto contenido de calcio, alto contenido de magnesio, muy bajo contenido de sodio y por último el aluminio posee un valor de 0,10 g para ambas muestras.

Tabla 7-33. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC en el ámbito de la microcuencas Checos

Punto de muestreo	Fósforo isponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (cambiable) (meq/100g)	Mg ⁺⁺ (cambiable) (meq/100g)	K ⁺ (cambiable) (meq/100g)	Na ⁺ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+)(meq/100g)
SUE-CHE1	3,50	203,00	22,40	17,80	3,07	0,85	0,14	0,10
SUE-CHE2	16,30	591,00	22,10	13,73	3,38	2,06	0,17	0,10

c. Metales totales

Esta microcuencas comprende 15 puntos de muestreo (OEFA, 2018), los resultados fueron comparados con el ECA para suelos de uso agrícola e industrial, los cuales son representados a continuación:

En la Figura 7-44, la concentración de arsénico total superó los valores de ECA suelo para uso agrícola en los puntos de muestreo SLG-35, SLG-36, SLG-56 y SLG-61 y SLG-74; en tanto que superó el ECA suelo para uso industrial en los puntos de muestreo SLG-34 y SLG-37.

³⁴ Rango de conductividad eléctrica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 0 – 0,98 (No salino, efectos casi despreciables y pocos organismos afectados).

³⁵ Rangos de la materia orgánica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 2% a 4% (Medio contenido de materia orgánica), > 4% (Alto contenido de materia orgánica).

³⁶ Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO,2012), proporciona rangos interpretativos para el CIC (Capacidad de intercambio iónico): 15 ≤ CIC < 25 (Mediana capacidad de intercambio iónico).

³⁷ (FAO,2012), P < 5,5 (Bajo contenido de fósforo total), P ≥ 11 (Alto contenido de fósforo total); K ≥ 0,6 (Alto contenido de potasio); Ca ≥ 10 (Alto contenido de calcio); Mg ≥ 3 (Alto contenido de Magnesio), 0,0 ≤ Na < 0,3 (Muy bajo contenido de sodio).



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»

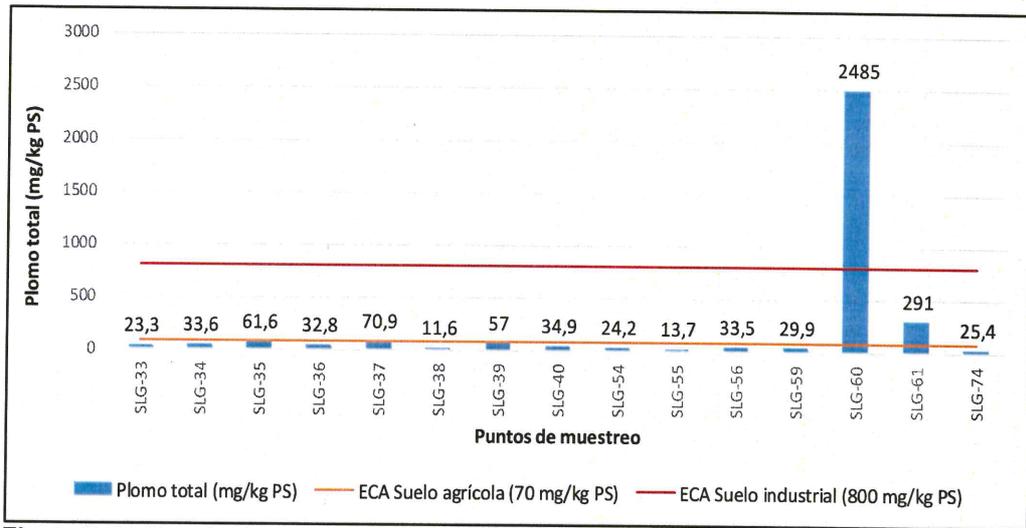


Figura 7-44. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Checos

En la Figura 7-45, la concentración de plomo total logró superar el ECA suelo de uso agrícola en los puntos de muestreo SLG-37 y SLG-61; mientras que, el punto de muestreo SLG-60, logró superar el ECA suelo de uso industrial.

Los metales bario, cadmio, cromo y mercurio total no lograron superar ningún ECA suelo.

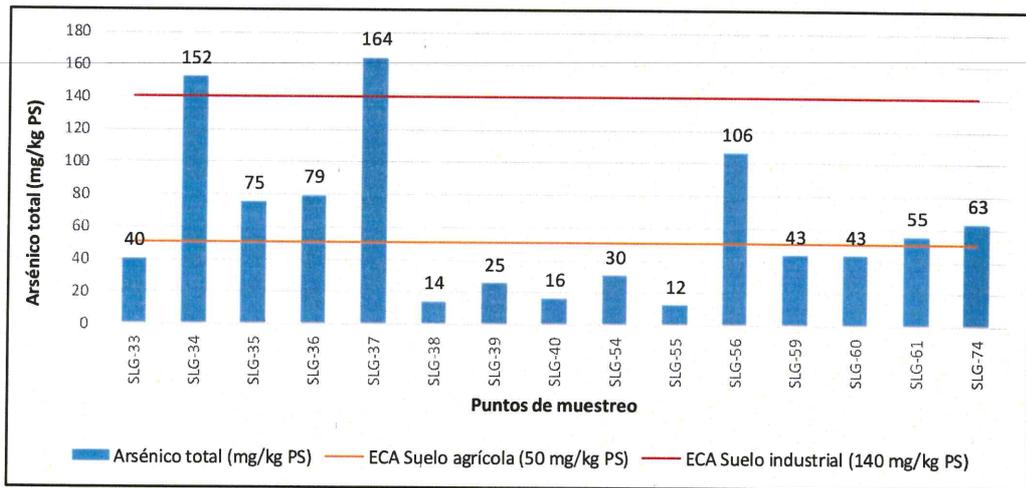


Figura 7-45. Resultados de la concentración de plomo total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Checos

7.1.4. Zona IV: Microcuenca Honda

7.1.4.1. Calidad de agua

En esta microcuenca se evaluaron 8 puntos de muestreo de los cuales 2 corresponden a quebradas y ríos, y 6 manantiales, evaluados en ambas épocas. Para un mejor análisis la presentación de los resultados se ha dividido en 2 grupos: calidad de agua en manantiales y calidad de agua en ríos y quebradas.



Handwritten notes and arrows on the left margin, including an upward arrow, a checkmark, and the letters 'P', 'A', 'f', and 'LRC'.



Las imágenes correspondientes a cada punto de muestreo se presentan en el Anexo 3: Reporte de campo N.º 003-2018-STE y la sistematización se encuentra en el Anexo 2: Reporte de resultados N.º 004-2018-STE.

a. Calidad de agua de manantiales

Con respecto a los manantiales en la esta microcuenca, los de código FPa1, FPara1, FSIsa1, FNaman1 y FEVer1 fueron comparados con el ECA para agua para uso poblacional y recreacional (categoría 1), con las subcategorías A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

La concentración de pH en el punto FLPa1, FSIsa1 (ambos en época seca) y FPara1 (en ambas épocas) presentan carácter ligeramente ácido, que incumplen el ECA para agua categoría 1, subcategoría A1 (ver Figura 7-46). En cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

En cuanto a la concentración de metales, los manantiales en ambas épocas de evaluación cumplieron el ECA para agua en la categoría 1, para las subcategorías A1 y A2.

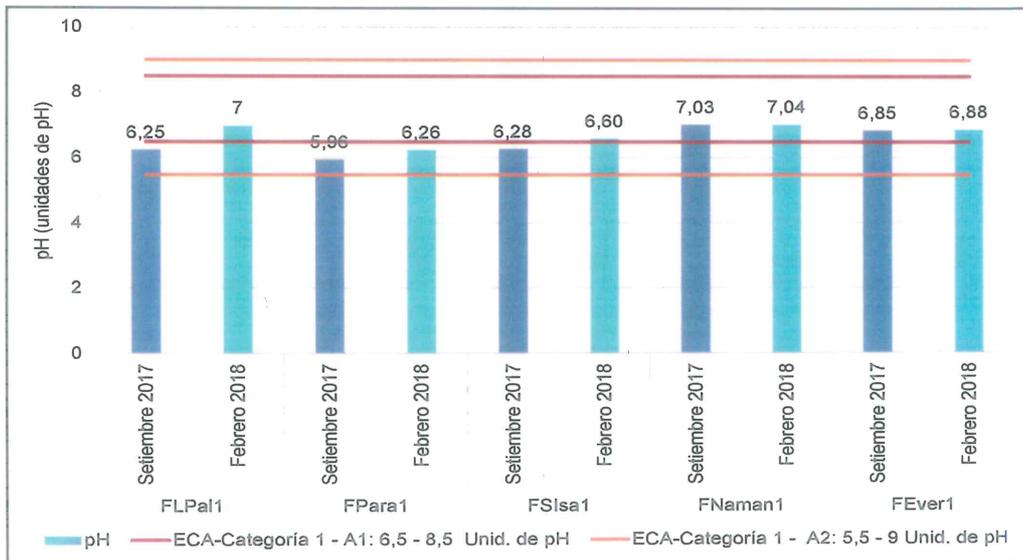


Figura 7-46. Concentraciones de pH en manantiales de la microcuenca Honda

El manantial FNatu7 debido a que no es de uso poblacional fue comparado con el ECA para agua categoría 3, subcategorías D1 y D2 (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente); además, este solo fue evaluado en la época de lluvia.

Las concentraciones pH en el punto FNatu7, evaluado en época de lluvia, presenta carácter ácido (pH=6,06), por lo que incumple el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En cuanto a la conductividad eléctrica y a las concentraciones de metales totales cumplieron el estándar de comparación con el que fueron comparados.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing to the stamp and various initials like 'K', 'H', 'P', 'A', 'T', and 'JRC'.



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

• **Calidad de agua en ríos y quebradas**

Los resultados de los 2 puntos de muestreo (QHond1 y QHond2) en la quebrada Honda fueron comparados con el ECA para agua en la subcategoría D1 (Cat3D1) y subcategoría D2 (Cat3D2).

Las concentraciones pH en todos los puntos de muestreo (en ambas épocas) presentan valores cercanos a la neutralidad, los que no superan el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada Honda (QHond2) en época de lluvia, superó el ECA para agua en la Cat3D1 para hierro total. Asimismo, las concentraciones de aluminio total y manganeso total en dicho punto, superan el referido ECA para Cat3D1 y Cat3D2 (Ver Figura 7-47a, b y c).

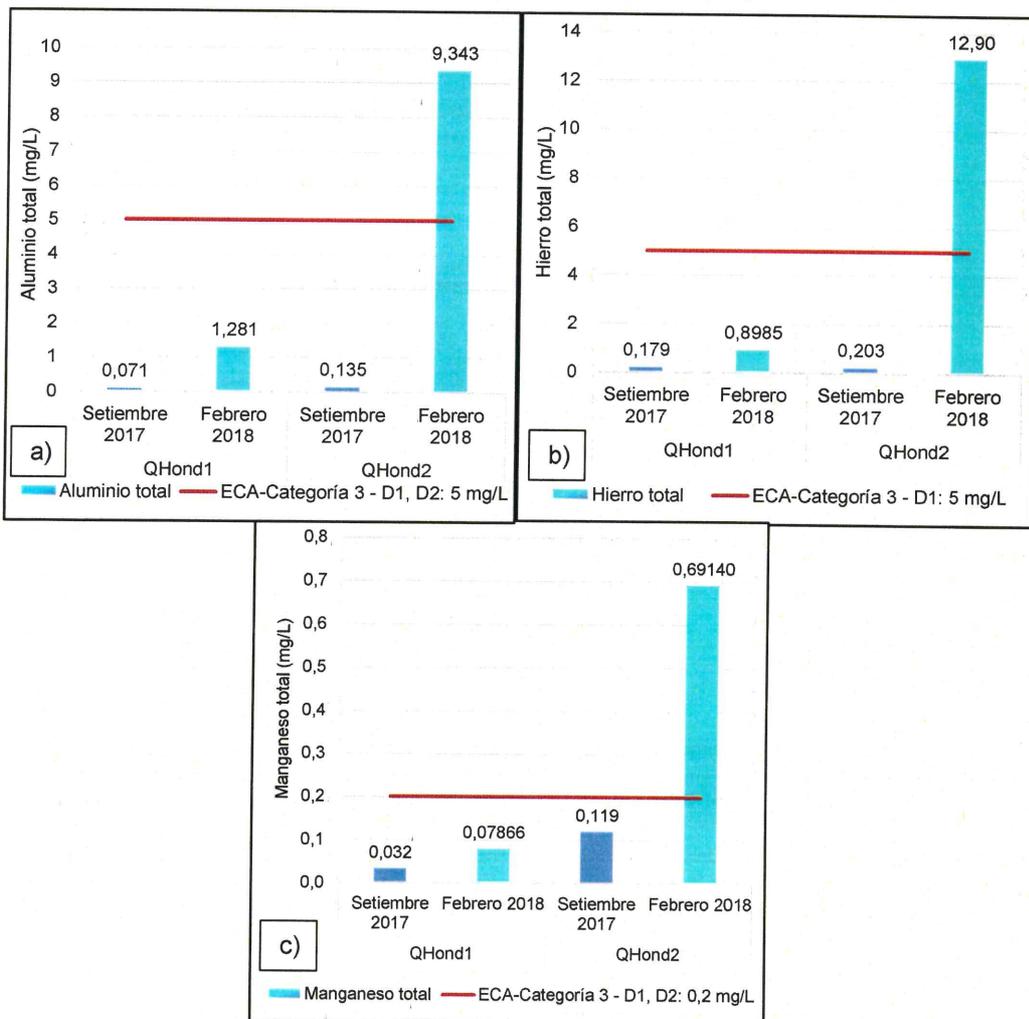


Figura 7-47. Concentraciones de a) aluminio total, b) hierro total y c) manganeso total de agua en ríos y quebradas de la microcuenca Honda



b. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos

Previamente al análisis llevado a cabo en sección, se determinó la concentración de metales suspendidos por medio de la diferencia de las concentraciones de los metales totales y disueltos, lo que servirá para luego evaluar, por un lado, la relación entre los metales disueltos y suspendidos, y por otro la relación de los metales con los sólidos totales disueltos y suspendidos.

En esta subsección se consignan los porcentajes de los metales disueltos y suspendidos (relación de cada metal disuelto con su homónimo de metal total) en la microcuenca de la quebrada Honda que comprende quebradas y manantiales.

De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %), agrupándolos por colores: anaranjado de 50 a 75 %, rojo claro de 75 a 90 % y verde claro de 90 a 100 %.

En las Tablas 7-34 y 7-35 se muestran los metales que predominaron en su forma disuelta en la microcuenca de la quebrada Honda: silicio, estroncio, magnesio, potasio y sodio. Estos mismos, además de arsénico, bario, calcio, cobre y litio en manantiales se encontraron mayoritariamente.

Cabe resaltar que en la microcuenca de la quebrada Honda, el porcentaje de sodio disuelto (<90 %), es mayor en los puntos de quebradas (a excepción del punto QHond1 en época húmeda). Asimismo, las concentraciones de bario disuelto (<90 %), es mayor en los puntos de manantiales muestreados en ambas épocas.

En la Tabla del 7-36 se muestran los metales con mayor porcentaje en forma suspendida en la microcuenca de la quebrada Honda: aluminio y zinc. Asimismo, el hierro se presenta mayoritariamente en los puntos de manantiales (ver Tabla 7-37).



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, followed by 'P', 'LCC', and 'LCC'.



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 7-34. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la microcuenca Honda

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Silicio		Estroncio		Magnesio		Potasio		Sodio	
			Suspendido	Disuelto								
QHond1	05/09/2017	%	13	87	9	91	14	86	11	89	9	91
	18/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	23	77	28	72	4	96	11	89
QHond2	10/09/2017	%	4	96	7	93	11	89	1	99	10	90
	18/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	53	47	68	32	N.N.	N.N.	10	90

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación

Tabla 7-35. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales en la microcuenca Honda

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Silicio		Arsénico		Bario		Calcio		Cobre		Estroncio		Litio		Magnesio	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
FLPa1	04/09/2017	%	5	95	10	90	7	93	< L.C.	< L.C.	33	67	26	74	1	99	11	89
	10/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	30	70	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	1	99
FPara1	04/09/2017	%	9	91	25	75	7	93	8	92	N.N.	N.N.	9	91	5	95	5	95
	10/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	--	--	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
FSIsa1	05/09/2017	%	3	97	< L.C.	< L.C.	6	94	2	98	17	83	5	95	11	89	7	93
	10/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.	2	98	N.N.	N.N.	3	97
FNaman1	05/09/2017	%	18	82	< L.C.	< L.C.	8	92	18	82	N.N.	N.N.	20	80	9	91	17	83
	11/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	17	83	5	95	2	98	< L.C.	< L.C.	7	93	9	91	4	96
FEver1	05/09/2017	%	2	98	< L.C.	< L.C.	4	96	4	96	0	100	0	100	18	82	N.N.	N.N.
	11/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	1	99	5	95	< L.C.	< L.C.	0	100	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
FNatu7	11/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	14	86	0	100	2	98	< L.C.	< L.C.	5	95	3	97	1	99

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación
Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-36. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en quebradas en la microcuenca Honda

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Zinc	
			Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto
QHond1	05/09/2017	%	52	48	< L.C.	< L.C.
	18/02/2018	%	91	9	< L.C.	< L.C.
QHond2	10/09/2017	%	54	46	69	31
	18/02/2018	%	99	1	N.N.	N.N.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %
--------	----------	----------	-----------



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

**Tabla 7-37. Metales en mayor porcentaje en forma suspendida en manantiales en la microcuenca Honda**

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Hierro	
			Suspendido	Disuelto
FLPal1	04/09/2017	%	70	30
	10/02/2018	%	< L.C.	< L.C.
FNaman1	05/09/2017	%	< L.C.	< L.C.
	11/02/2018	%	88	12
FNatu7	11/02/2018	%	62	38

< L.C. : Menor al límite de cuantificación

Finalmente, de acuerdo a los resultados indicados en la Tabla 7-38, los metales que presentaron un comportamiento heterogéneo tanto para su forma suspendida y disuelta, fue el bario, calcio, hierro y manganeso disuelto en puntos de quebradas. Asimismo, el aluminio y manganeso disuelto se presentaron en manantiales en la microcuenca de la quebrada Honda (ver Tabla 7-39).

Tabla 7-38. Metales en porcentajes variables en quebradas en la microcuenca Honda

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Bario		Calcio		Hierro		Manganeso	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
QHond1	05/09/2017	%	13	88	100	0	37	63	3	97
	18/02/2018	%	66	34	22	78	90	10	87	13
QHond2	10/09/2017	%	50	50	100	0	31	69	60	40
	18/02/2018	%	93	7	42	58	99	1	98	2

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-39. Metales en porcentajes variables en manantiales en la microcuenca Honda

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Manganeso	
			Suspendido	Disuelto	Suspendido	Disuelto
FLPal1	04/09/2017	%	45	55	< L.C.	< L.C.
	10/02/2018	%	41	59	N.N.	N.N.
FPara1	04/09/2017	%	35	65	< L.C.	< L.C.
	10/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
FSIsa1	05/09/2017	%	98	2	< L.C.	< L.C.
	10/02/2018	%	--	--	< L.C.	< L.C.
FNaman1	05/09/2017	%	85	15	< L.C.	< L.C.
	11/02/2018	%	76	24	79	21
FEver1	05/09/2017	%	7	93	< L.C.	< L.C.
	11/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	8	92
FNatu7	11/02/2018	%	47	53	11	89

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos

< L.C. : Menor al límite de cuantificación

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %

c. Relación de metales con sólidos (disuelto y suspendidos)

En esta subsección se presentan las gráficas de dispersión en las que se muestra la relación de los sólidos disueltos totales (SDT) con la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) con los metales disueltos.

En base a dichas gráficas, se calculan las relaciones lineales (medición de la proporcionalidad) respectivas. Esto es indicado por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R^2) mayor a 0,90. El coeficiente de determinación (R^2) de la conductividad con los sólidos disueltos totales fue 0,9879 (ver Figura 7-48) para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda en época seca y 0,9284 (ver Figura 7-49) para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda en época lluviosa, lo que indica una buena correlación entre los valores de conductividad y SDT.



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

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) de la concentración de magnesio disuelto con los sólidos disueltos totales fue 0,9400 (ver Figura 7-50) para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda en época seca, para este caso se omitió en el análisis el punto de manantial FEver1 ya que disminuye el coeficiente. En tanto que el coeficiente fue 0,9766 (ver Figura 7-51) para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda en época lluviosa.

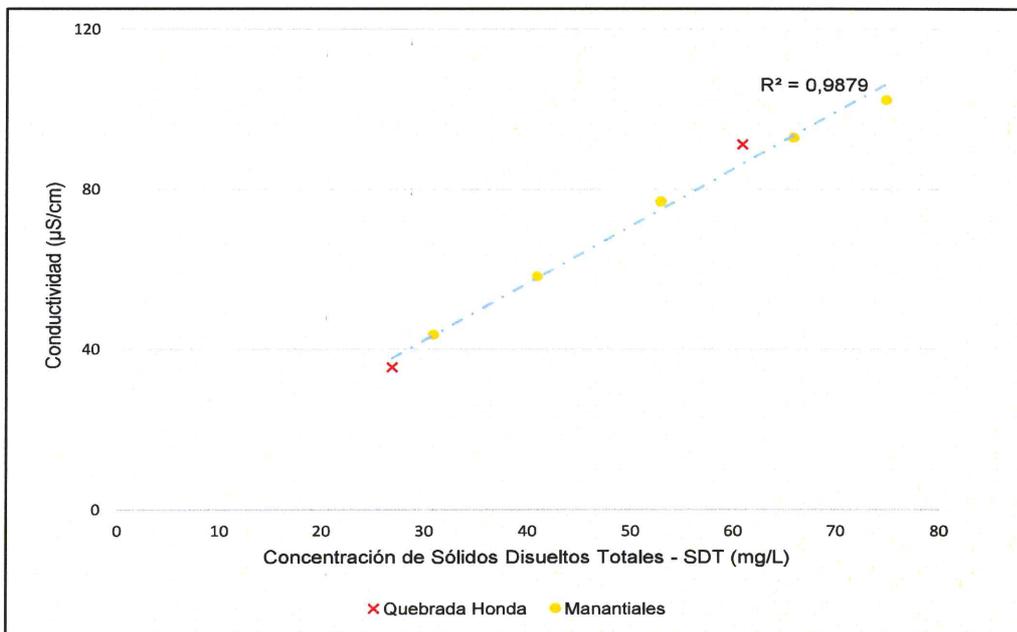


Figura 7-48. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) microcuenca Honda en época seca

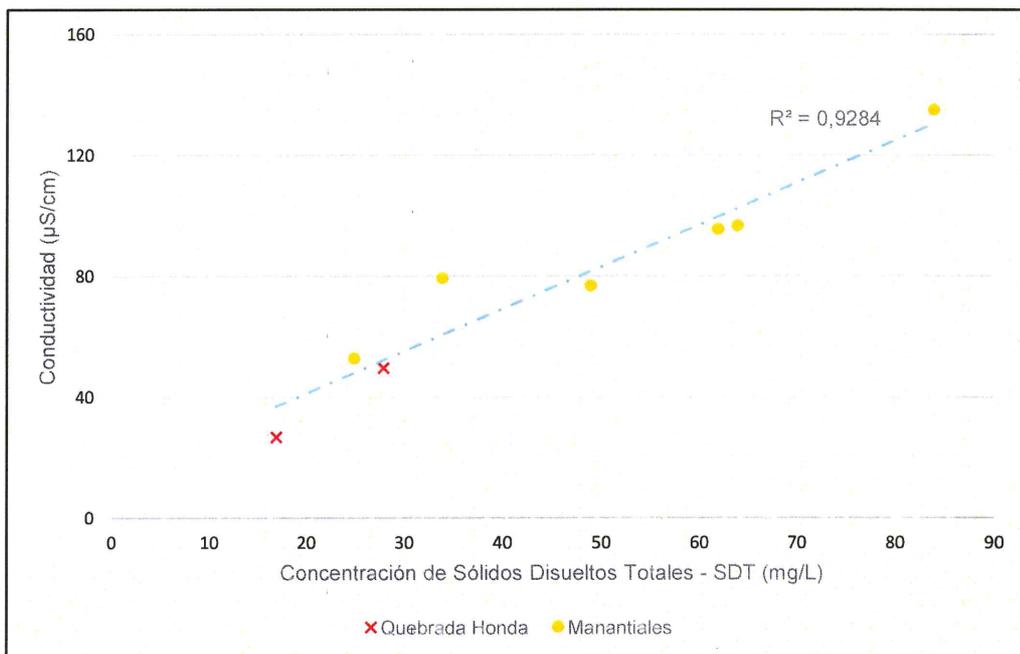


Figura 7-49. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Honda en época de lluvia



↑
*
*
P
*
+
RC



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

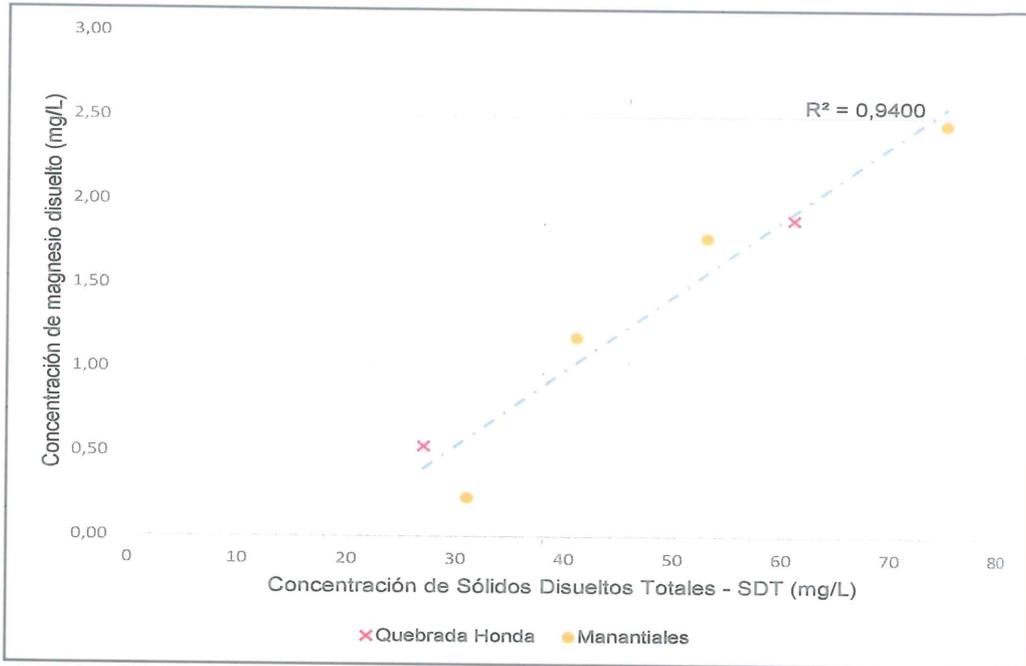


Figura 7-50. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Honda en época seca



Handwritten blue notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, the letter 'H', the letter 'P', a star, a plus sign, and the letters 'LDC'.

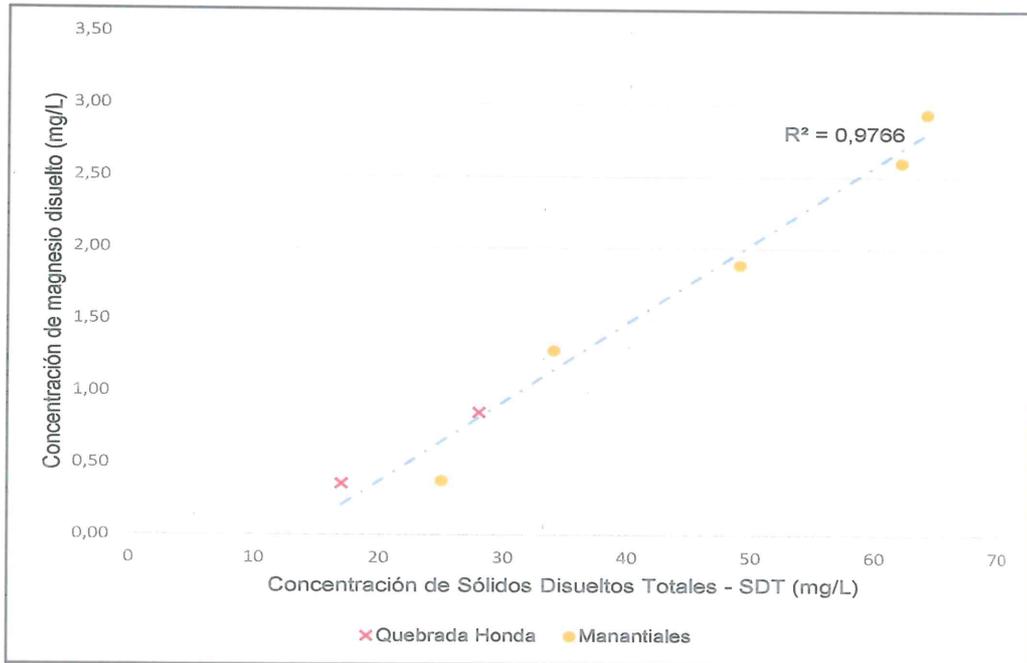


Figura 7-51. Relación de magnesio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la microcuenca Honda en época de lluvia

7.1.4.2. Calidad de suelo

Este capítulo presenta los resultados de laboratorio y análisis de calidad de suelo para la microcuenca Honda; evaluándose puntos de muestreo para metales totales en 2018 además de forma complementaria se recogió información de los IGA del proyecto



minero «La Granja» relacionada a la clasificación por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos.

a. Clasificación de suelos

En esta sección se presentará la clasificación de suelos por unidades de suelos, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos extraída de la cuarta, séptima y décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración la Granja³⁸.

• Unidades de suelo

Esta microcuenca comprende un área de superficie aproximada de 1920,38 hectáreas, los suelos que se encuentran en ella se distribuyen de manera uniforme en la margen derecha e izquierda de la quebrada Honda (Tabla 7-40).

Tabla 7-40. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la microcuenca Honda

Soil Taxonomy (2010)				Nombre Común de los Suelos
Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Subgrupo	
Entisols	Othents	Ustorthents	Lithic Ustorthents	Paja Blanca (PB)
			Typic Ustorthents	Paraguay (Pa)
				Cundín (Cu)
Inceptisols	Ustepts	Humustepts	Lithic Humustepts	Cerro Negro (CN)
			Andic Humustepts	Llama (LI)
				La Laja (Lj)
Mollisols	Ustolls	Haplustolls	Lithic Haplustolls	Quebrada Honda (QH)
			Andic Haplustolls	La Fila (LF)

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-52, se observa que al norte de la microcuenca se encuentra representada por los suelos La Laja (Lj) y Llama (LI) constituida por secuencia de horizontes E, F y G originada de las rocas volcánicas Porculla y Llama; asimismo las pendientes representativas para estas unidades son de 60 % característico de relieves empinados de los Cuyes y cerro Cotorá.

Los suelos Cerro Negro (CN), La Fila (LF), Cundín (Cu) y Quebrada Honda (QH), se encuentran en la margen derecha de la quebrada Honda constituida por horizontes D, E, F, y G, derivada de rocas volcánicas Porculla, cretácicas y depósito coluviales eluviales cuyas pendientes son mayores a 20 %.

En la margen izquierda, se encuentran los suelos Paraguay (Pa), Paja Blanca (PB) y Quebrada Honda (QH), constituidas por horizontes D y E, derivada principalmente de depósitos coluviales eluviales-fluviales con pendientes mayores a 20 %.



↑
P
W
P
↑
↑
↑
MC

³⁸

Informe de la cuarta modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2008)
Informe de la séptima modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2011)
Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)



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

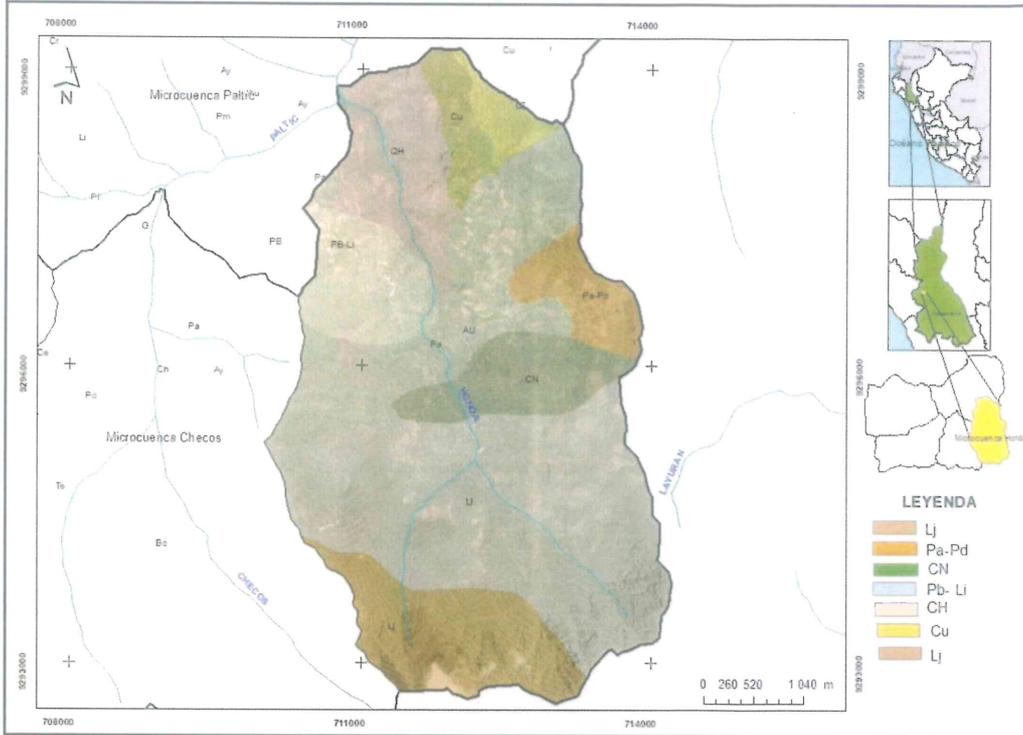


Figura 7-52. Clasificación del mapa de unidades de suelo en la microcuenca Honda
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Capacidad de uso mayor de suelos**

Esta clasificación se basó en el D.S. N.º 017-2009-AG cuyo objetivo fue determinar la capacidad del suelo identificando sus limitaciones, así como las prácticas de manejo y conservación que eviten su deterioro a través de tratamientos continuos y usos específicos. Para esta microcuenca, se tiene las siguientes clasificaciones que se muestran en la Tabla 7-41.

Tabla 7-41. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos

Subclase	Descripción
F2se	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
F3se	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xse	Tierras de protección (X) con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xs	Tierras de protección por suelo
F3sec	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
P3sec	Tierras aptas para pastos (P) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
Xse	Tierras de protección (X) con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xs- P3se(t)	Asociación de tierras de protección (X) por suelo y tierras aptas para pastos temporales (p) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-53 se muestra a la microcuenca cubierta por suelos que se encuentran distribuidas en áreas moderadamente equitativas, obteniendo mayor porcentaje las tierras de protección (Xs), Tierras aptas para producción forestal (F2se) además de



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



tierras de protección con limitaciones de suelo y riesgo de erosión (Xs- P3se(t)). Por otro lado, mencionar que existen otros tipos de suelos de menor área que se pueden observar en la Figura 7-53.

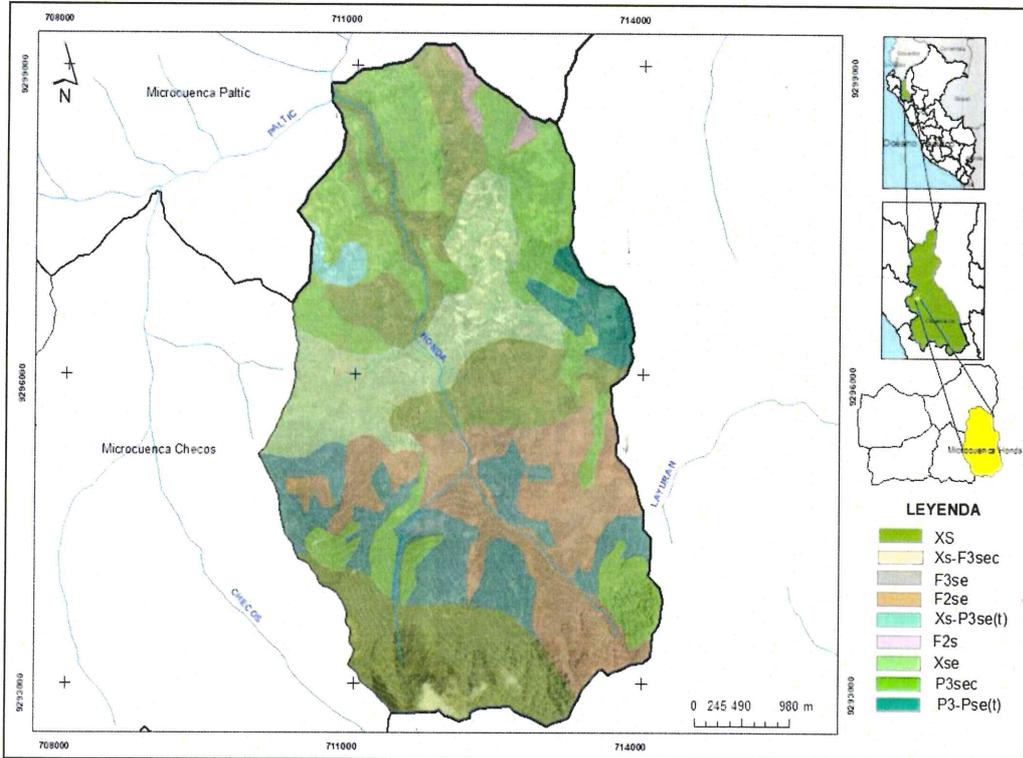


Figura 7-53. Clasificación de capacidad de uso mayor de suelo en la microcuenca Honda
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Uso actual de suelos**

Para la realización del estudio de uso actual de suelos, se basó bajo el sistema de clasificación propuesto por la Unión Geográfica Internacional (UGI, 1979). En la Tabla 7-42 se detalla las clasificaciones para esta microcuenca.

Tabla 7-42. Clasificación de suelos según uso actual de suelos

Categoría	Nombre	Código
Categoría 3: Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos Perennes	Cultivos	Cp-Ce
Categoría 7: Terreno con bosques	Bosques	Bq
Categoría 9: Terrenos sin uso y/o improductivos	Asociaciones de Roquedal con Praderas Naturales	Rq-Pn

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

La Figura 7-54 muestra la microcuenca comprendida por 2 suelos principalmente: (1) Bosques (Bq), (2) Terrenos con huertos frutales y otros cultivos perennes (Cp-Ce); así como también otras de menor área ubicadas al oeste denominadas, Asociación de roquedales con praderas naturales (Rq-Pn)



Handwritten blue notes and symbols on the left margin, including an arrow pointing up, a checkmark, and various initials and symbols.



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

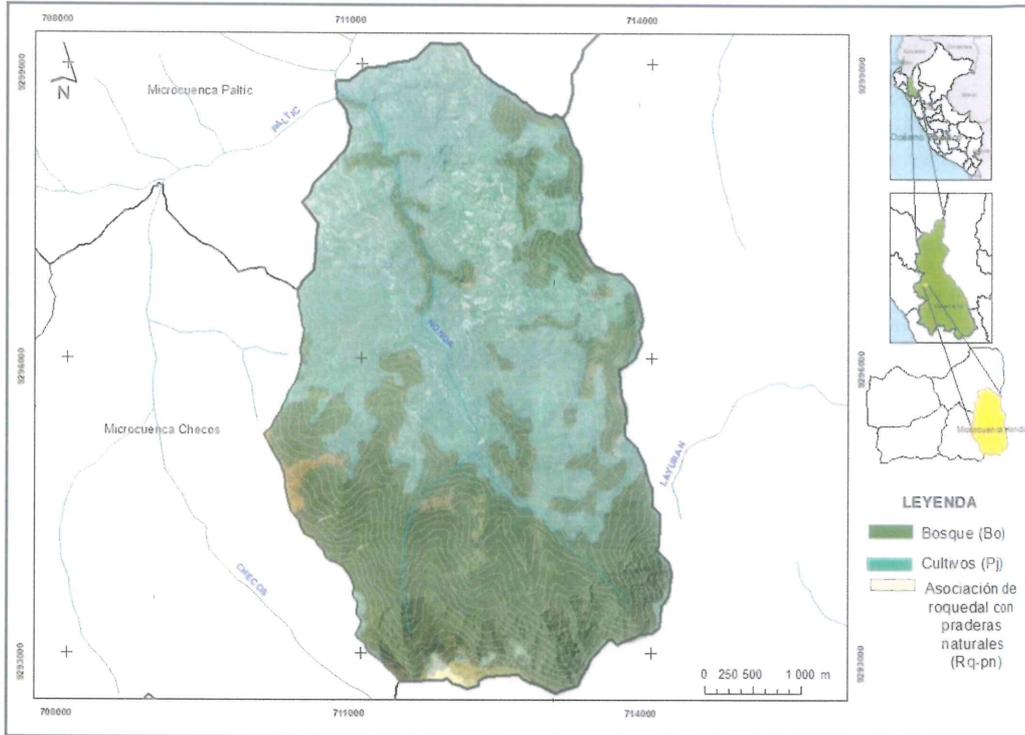


Figura 7-54. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca Honda
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIA del proyecto de exploración La Granja (2017)

b. Caracterización edafológica

En esta sección se presentará los resultados de las 4 muestras extraídas en la microcuenca Honda (OEFA, 2017). En cuanto a las características edafológicas del suelo se analizó tomando como referencia el D.S N.º 017-2009-AG, Anexo Nº IV «Guía de clasificación de los parámetros edáficos».

Las proporciones porcentuales de las partículas indican que de acuerdo a su cantidad de arena, limo y arcilla representarían suelos de textura moderadamente fina, que son detalladas en la Tabla 7-43.

Tabla 7-43. Resultados de análisis textural del suelo

Punto de muestreo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textual
SUE-PAR1	47	26	27	Franco Arcilloso Arenoso
SUE-PAR2	37	28	25	Franco
SUE-VER1	21	50	29	Franco Arcilloso
SUE-CUN1	39	30	31	Franco Arcilloso
SUE-NAM1	45	34	21	Franco
SUE-VER2	35	36	29	Franco Arcilloso
SUE-SIS1	31	38	31	Franco Arcilloso
SUE-LPAL1	63	20	17	Franco arenoso

En la Tabla 7-44 se evidencia que las muestras evaluadas tienen un pH de 4,6 a 5,8; rangos que según la clasificación de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América) representarían a suelos fuertemente ácidos a


 →
 R
 H
 P
 A
 T
 T
 H



medianamente ácidos³⁹; en tanto que la cantidad de carbonato de calcio⁴⁰ es menor a uno lo que implicaría que poseen un nivel bajo.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se encuentran en el rango de suelos no salinos⁴¹, indicando efectos despreciables en los cultivos y con pocos organismos afectados; mientras que la cantidad de materia orgánica posee un nivel medio a alto⁴² implicando buena aptitud para los cultivos.

Tabla 7-44. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos

Punto de muestreo	pH	Conductividad eléctrica	Calcáreo total (Carbonato de Calcio) (%)	Materia orgánica (%)
SUE-PAR1	5,6	0,08	<0,01	2,22
SUE-PAR2	5,2	0,10	<0,01	4,74
SUE-VER1	5,8	0,12	<0,01	3,81
SUE-CUN1	5,2	0,04	<0,01	4,32
SUE-NAM1	5,4	0,18	<0,01	7,29
SUE-VER2	5,0	0,06	<0,01	8,39
SUE-SIS1	5,1	0,08	<0,01	4,87
SUE-SIS2	4,6	0,10	<0,01	5,22
SUE-LPAL1	5,0	0,14	<0,01	7,11

Los valores de capacidad de intercambio catiónico mostrados en la Tabla 7-45, al ser comparados de manera referencial (FAO, 2012) indicaría que posee un mediana capacidad de intercambio catiónico⁴³, implicando una buena capacidad de retener nutrientes.

Con respecto a los nutrientes en los cuatro muestras de suelos fue comparada de manera referencial (FAO, 2012)⁴⁴, resultando que la cantidad de fósforo en los puntos de muestreo posee un rango bajo a alto, alto contenido de potasio, medio a alto contenido de calcio, mediano a alto contenido de magnesio, muy bajo a bajo contenido de sodio y por último el aluminio se encuentra entre el rango de 0,10 a 0,50.

Tabla 7-45. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC

Punto de muestreo	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca++ (cambiable) (meq/100g)	Mg++ (cambiable) (meq/100g)	K+ (cambiable) (meq/100g)	Na+ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+) (meq/100g)
SUE-PAR1	5,20	148,00	18,90	13,91	3,95	0,70	0,23	0,10
SUE-PAR2	2,50	488,00	21,90	9,74	3,03	2,05	0,31	0,20
SUE-VER1	2,40	178,00	20,50	13,04	3,60	1,14	0,51	0,10
SUE-CUN1	2,70	125,00	23,50	7,21	2,43	0,52	0,21	0,30

³⁹ Clasificación del Ph en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 5,1 – 5,5 (Fuertemente ácido) y 5,6 – 6,0 (Medianamente ácido).

⁴⁰ Comparación referencial de cantidad decarbonato de calcio (Adaptado por Sanchez, 1998): Carbonato de calcio).

⁴¹ Rango de conductividad eléctrica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 0 – 0,98 (No salino, efectos casi despreciables y pocos organismos afectados).

⁴² Rangos de la materia orgánica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 2% a 4% (Medio contenido de materia orgánica), > 4% (Alto contenido de materia orgánica).

⁴³ Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2012), proporciona rangos interpretativos para el CIC (Capacidad de intercambio iónico): 15 ≤ CIC < 25 (Mediana capacidad de intercambio iónico).

⁴⁴ (FAO,2012), P < 5,5 (Bajo fósforo total), P ≥ 11 (Alto contenido de fósforo total); K ≥ 0,6 (Alto contenido de potasio); 5 ≤ Ca < 10 (Medio contenido de calcio), Ca ≥ 10 (Alto contenido de calcio); 1,3 ≤ Mg < 3 (Mediano contenido de magnesio), Mg ≥ 3 (Alto contenido de Magnesio), 0,0 ≤ Na < 0,3 (Muy bajo contenido de sodio) 0,3 ≤ Na < 0,6 (Bajo contenido de sodio).



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

Punto de muestreo	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca++ (cambiable) (meq/100g)	Mg++ (cambiable) (meq/100g)	K+ (cambiable) (meq/100g)	Na+ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+) (meq/100g)
SUE-NAM1	12,80	489,00	29,90	15,22	3,25	1,61	0,49	0,10
SUE-VER2	2,30	233,00	23,70	7,04	2,17	1,02	0,23	0,50
SUE-SIS1	2,00	190,00	22,90	10,65	2,90	0,90	0,21	0,10
SUE-SIS2	2,70	310,00	24,80	5,34	1,57	1,20	0,15	1,50
SUE-LPAL1	13,00	168,00	20,00	4,83	1,42	0,66	0,06	0,20

c. Metales totales

Esta microcuenca comprende 5 puntos de muestreo (OEFA, 2018), los resultados fueron comparados con el ECA para suelos de uso agrícola e industrial, y ser representan gráficamente a continuación.

En la Figura 7-55 se observa que el arsénico total logró superar el ECA suelo de uso industrial en solo en dos puntos de muestreo SLG-45 y SLG-46.

Los metales bario, cadmio, cromo y mercurio total, no lograron superar ningún ECA suelo.

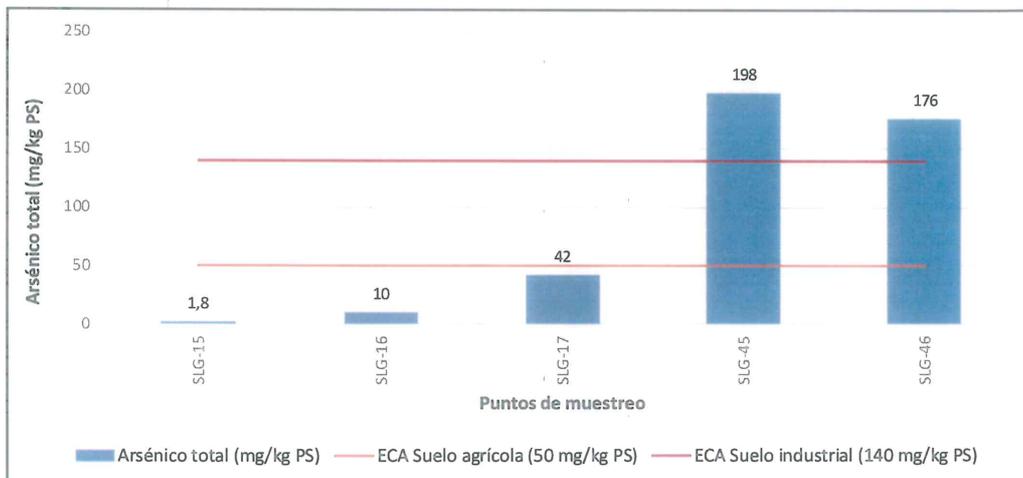


Figura 7-55. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Honda

7.1.5. Zona V: Subcuenca Paltic

7.1.5.1. Calidad de agua

Comprende el río Paltic y sus tributarios, para lo cual se han considerado un total de 16 puntos de muestreo en esta subcuenca, de los cuales 5 corresponden a manantiales y 11 quebradas y ríos evaluados en ambas épocas, excepto el manantial FNatu8 evaluado en época de lluvia. Se han considerado los puntos en la quebrada Checos (QChec3), río La Lima (RLLim2), el río La Ayraca (RLIra4) y la quebrada Honda (QHond2) para determinar su influencia en el río Paltic. Para un mejor análisis la presentación de los resultados se ha dividido en 2 grupos: calidad de agua en manantiales y calidad de agua en ríos y quebradas.



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

Las imágenes correspondientes a cada punto de muestreo se presentan en el Anexo 3: Reporte de campo N.º 003-2018-STECS y la sistematización se encuentra en el Anexo 2: Reporte de resultados N.º 004-2018-STECS.

a. Calidad de agua en manantiales

De los 5 manantiales ubicados en la subcuenca Paltic, 4 fueron comparados referencialmente con el ECA para agua categoría 1 para uso poblacional y recreacional, con las subcategorías A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y con A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, debido a que son utilizados para consumo (FLuñi1, FLPam1, FNatu4 y FLFil1).

La concentración de pH en los puntos de muestreo en ambas épocas presenta valores cercanos a la neutralidad, con lo cual cumplen el ECA para agua categoría 1, subcategoría A1 y A2. Asimismo, para la conductividad eléctrica, los puntos no superaron el ECA en ningún periodo, presentando conductividades eléctricas bajas.

La concentración de oxígeno disuelto en el punto FNatu4 (en época de lluvia), FLPam1 y FLFil1 (en ambas épocas), incumplen el ECA para agua para la categoría 1, subcategoría A1 (ver Figura 7-56).

En cuanto a la concentración de metales, cumplen con el ECA para agua para la categoría 1 en las dos subcategorías, para ambas épocas evaluadas en todos los puntos tomados en manantiales.

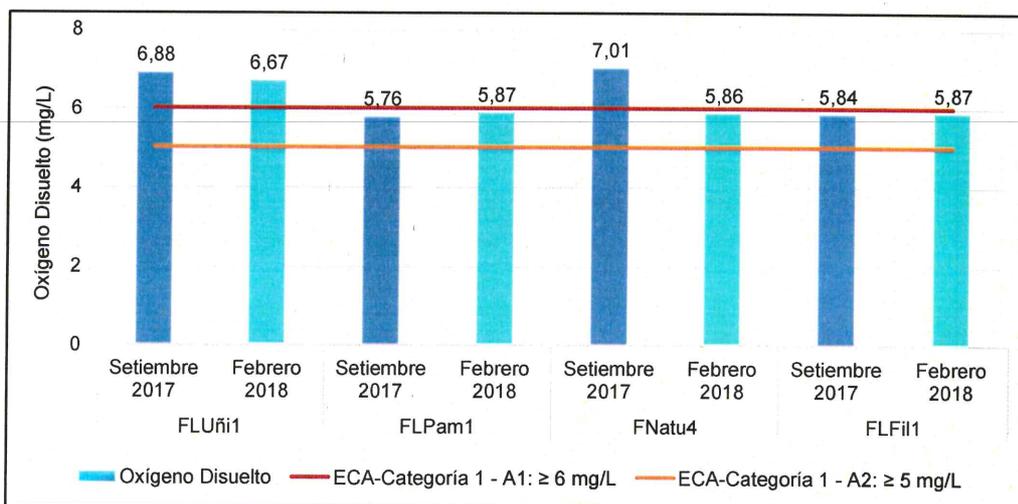


Figura 7-56. Concentraciones de oxígeno disuelto en los manantiales de la subcuenca Paltic

El manantial de código FNatu8, evaluado solo en época de lluvia, fue comparado referencialmente con el ECA categoría 3, subcategorías D1 (Cat3D1) y D2 (Cat3D2) debido a que aporta al río Paltic.

La concentración de pH en el punto FNatu8 presenta un valor cercano a la neutralidad, con lo cual cumplen el ECA para agua en la Cat3D1 y Cat3D2. Asimismo, para la conductividad eléctrica, no supera el ECA, presentando una conductividad eléctrica baja.



Handwritten blue annotations: an arrow pointing up, a checkmark, the letter 'H', the letter 'P', a star-like symbol, a plus sign, and the letters 'uc'.



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

En cuanto a la concentración de metales, cumplen con el ECA para agua en la categoría 3 y sus subcategorías.

b. Calidad de agua en ríos y quebradas

Se presentan los resultados de los 11 puntos de muestreo evaluados en el río Paltic y sus tributarios, los cuales fueron comparados con la normativa nacional del ECA de agua categoría 3, con las subcategorías D1: Riego de vegetales (Cat3D1) y D2: Bebida de animales (Cat3D2).

Las concentraciones pH en los puntos de muestreo RLLim2, RPalt2 y RPalt3 (en época seca) presentan carácter ligeramente ácido, los cuales incumplen con el ECA para agua catego las Cat3D1 y Cat3D2 (Ver Figura 7-57). En cuanto a la conductividad eléctrica, los puntos cumplieron con el ECA en ambas épocas de evlaución, presentando conductividades eléctricas bajas.

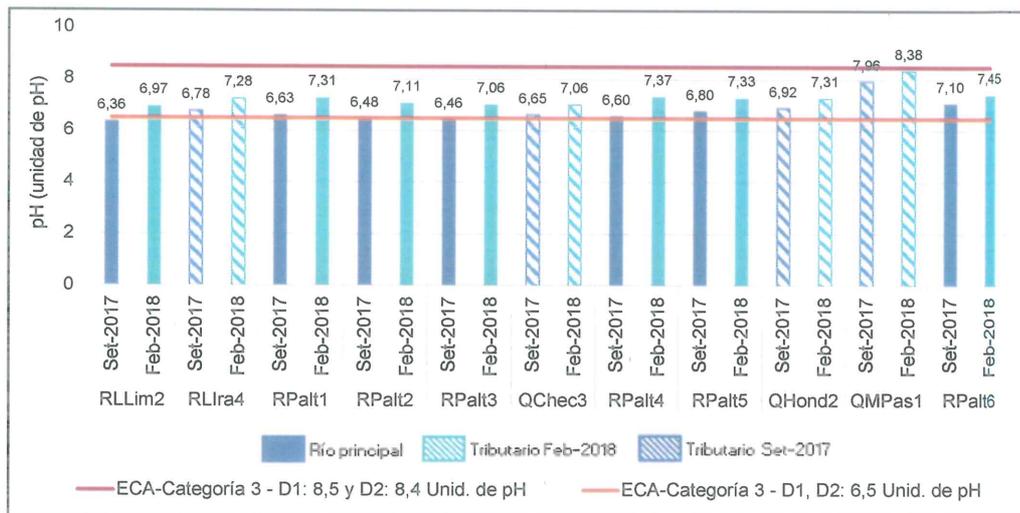


Figura 7-57. Resultado de pH en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic

Las concentraciones de aluminio total y manganeso total en los puntos QHond2 (época de lluvia) y RPalt6 (época seca) incumplen con el ECA para agua CAT3D1 y Cat3D2. Asimismo, en dichos puntos las concentraciones hierro total incumplen el ECA para la subcategoría D1 (ver Figura 7-58, 7-59 y 7-60).


 →
 ✖
 W
 P
 ✖
 †
 LCC



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

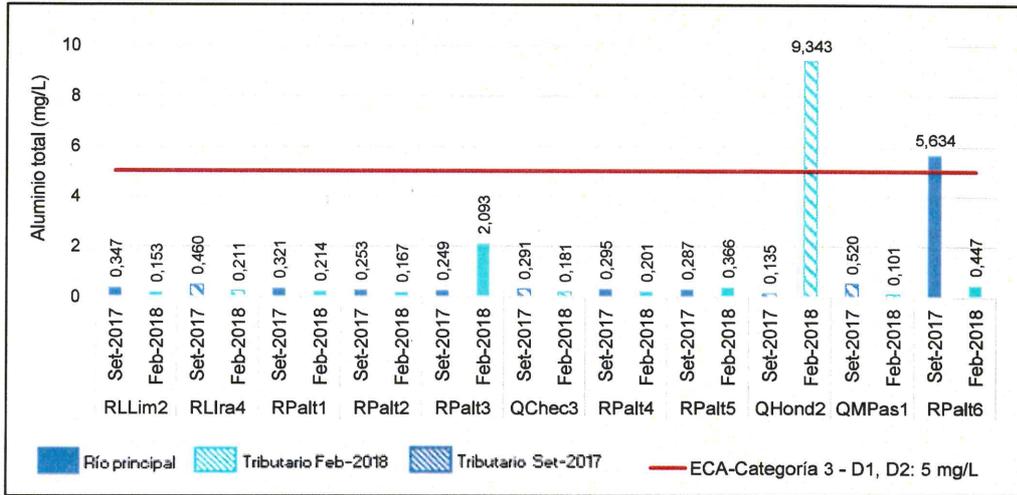


Figura 7-58. Concentración de aluminio total en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic

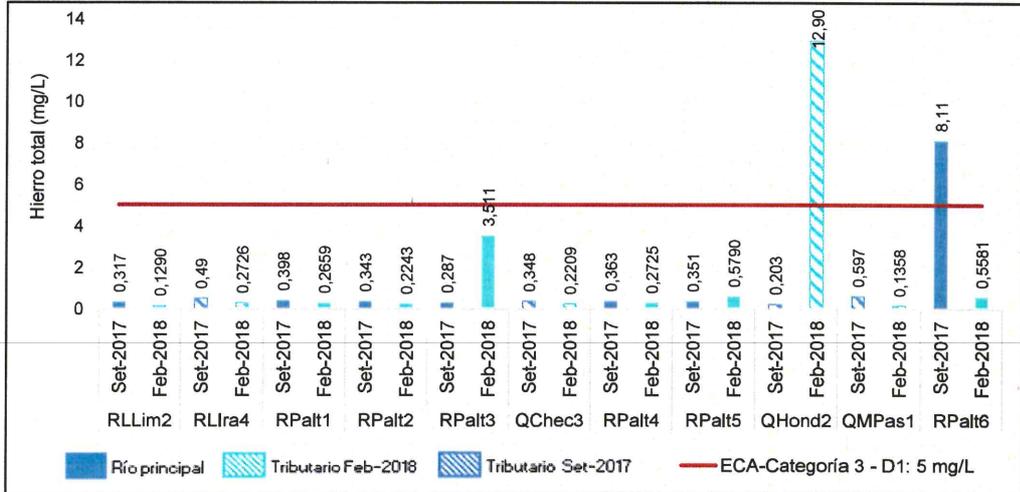


Figura 7-59. Concentración de hierro total en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic

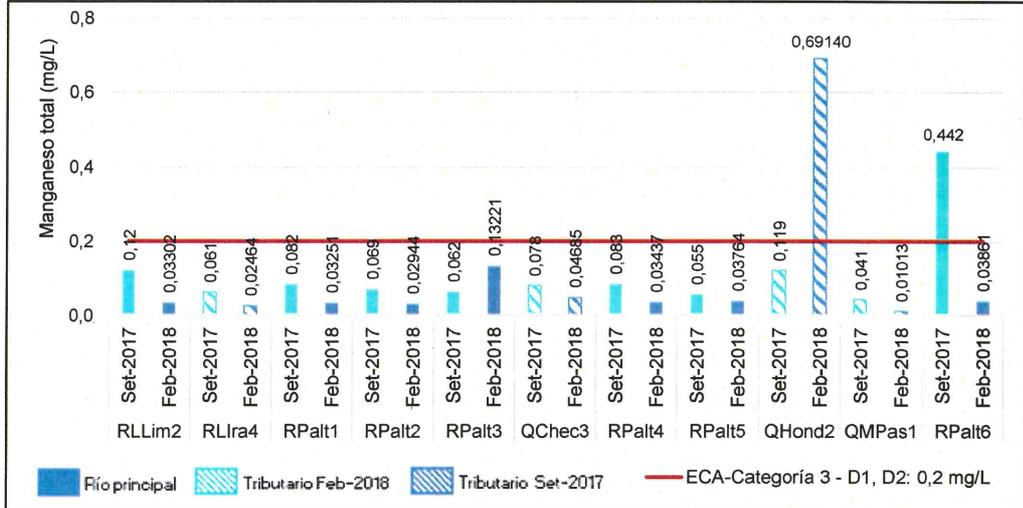


Figura 7-60. Concentración de manganeso total en los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic



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



c. Comportamiento de los metales disueltos y suspendidos

Previamente al análisis llevado a cabo en sección, se determinó la concentración de metales suspendidos por medio de la diferencia de las concentraciones de los metales totales y disueltos, lo que servirá para luego evaluar, por un lado, la relación entre los metales disueltos y suspendidos, y por otro la relación de los metales con los sólidos totales disueltos y suspendidos.

En esta subsección se consignan los porcentajes de los metales disueltos y suspendidos (relación de cada metal disuelto con su homónimo de metal total) en la subcuenca del río Paltic que comprende quebradas y manantiales.

De los resultados obtenidos, se destacaron aquellos metales cuyos porcentajes fueron predominantes (mayores al 50 %), agrupándolos por colores: anaranjado de 50 a 75 %, rojo claro de 75 a 90 % y verde claro de 90 a 100 %.

En las Tablas 7-46 al 7-47 se muestran los metales que predominaron en su forma disuelta en la subcuenca del río Paltic: silicio, arsénico, bario, calcio, cobre, estroncio y magnesio. Estos mismos, además de fosforo, sodio y zinc se encontraron en puntos de muestreo en manantiales, mayoritariamente.

Cabe resaltar que en la subcuenca del río Paltic, el porcentaje de calcio, estroncio, magnesio y sodio disuelto (<90 %), es mayor en los puntos de muestreo en manantiales (a excepción del manantial natural FNatu4).



K

W

P



f

LR



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 7-46. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en ríos y quebradas en la subcuenca del río Paltic

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Silicio		Arsénico		Bario		Calcio		Cobre		Estroncio		Magnesio	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
RLLim2	06/09/2017	%	7	93	100	0	< L.C.	< L.C.	5	95	7	93	5	95	7	93
	15/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	7	93	4	96	N.N.	N.N.	2	98	N.N.	N.N.
RLIra4	06/09/2017	%	8	92	12	88	48	52	7	93	13	87	22	78	9	91
	17/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	9	91	20	80	7	93	5	95	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
RPalt1	06/09/2017	%	8	92	9	91	< L.C.	< L.C.	7	93	8	92	11	89	8	92
	15/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	12	88	31	69	6	94	4	96	3	97	2	98
RPalt2	06/09/2017	%	4	96	4	96	< L.C.	< L.C.	27	73	5	95	13	87	3	97
	17/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	15	85	12	88	7	93	4	96	5	95	N.N.	N.N.
RPalt3	06/09/2017	%	4	96	5	95	< L.C.	< L.C.	4	96	2	98	11	89	5	95
	18/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	24	76	81	19	22	78	36	64	39	61	N.N.	N.N.
QChec3	08/09/2017	%	12	88	11	89	< L.C.	< L.C.	6	94	9	91	N.N.	N.N.	15	85
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	16	84	22	78	9	91	4	96	N.N.	N.N.	4	96
RPalt4	08/09/2017	%	10	90	11	89	< L.C.	< L.C.	8	92	10	90	12	88	9	91
	17/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	7	93	13	87	6	94	6	94	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
RPalt5	10/09/2017	%	11	89	8	92	--	--	10	90	12	88	22	78	10	90
	17/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	7	93	26	74	12	88	6	94	N.N.	N.N.	N.N.	N.N.
QHond2	10/09/2017	%	4	96	100	0	< L.C.	< L.C.	7	93	11	89	1	99	10	90
	18/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	42	58	80	20	53	47	68	32	N.N.	N.N.	10	90
QMPas1	09/09/2017	%	14	86	18	82	< L.C.	< L.C.	18	82	16	84	5	95	21	79
	12/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	3	97	N.N.	N.N.	7	93	4	96	N.N.	N.N.	1	99
RPalt6	09/09/2017	%	44	56	5	95	< L.C.	< L.C.	10	90	31	69	49	51	1	99
	17/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	11	89	29	71	17	83	12	88	18	82	N.N.	N.N.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación, Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-47. Metales en mayor porcentaje en forma disuelta en manantiales de la subcuenca del río Paltic

Punto de muestreo	Fecha	Unidad	Silicio		Bario		Calcio		Estroncio		Fósforo		Magnesio		Potasio		Sodio		Zinc	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
FLUñi1	09/09/2017	%	10	90	N.N.	N.N.	8	92	7	93	50	50	8	92	19	81	10	90	38	62
	12/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	5	95	6	94	< L.C.	< L.C.	6	94	N.N.	N.N.	3	97	< L.C.	< L.C.
FLPam1	09/09/2017	%	12	88	N.N.	N.N.	9	91	4	96	N.N.	N.N.	5	95	6	94	5	95	34	66
	12/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	9	91	6	94	4	96	47	53	4	96	7	93	4	96	< L.C.	< L.C.
FNatu4	09/09/2017	%	14	86	8	92	12	88	11	89	25	75	13	87	2	98	14	86	9	91
	12/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	4	96	3	97	< L.C.	< L.C.	2	98	N.N.	N.N.	6	94	24	76
FLFil1	07/09/2017	%	9	91	6	94	5	95	8	92	N.N.	N.N.	7	93	11	89	4	96	54	46
	13/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	3	97	6	94	1	99	49	51	3	97	N.N.	N.N.	2	98	< L.C.	< L.C.
FNatu8	12/02/2018	%	< L.C.	< L.C.	N.N.	N.N.	4	96	7	93	N.N.	N.N.	3	97	N.N.	N.N.	3	97	< L.C.	< L.C.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos, < L.C. : Menor al límite de cuantificación, Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta



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»

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %
--------	----------	----------	-----------

Finalmente, de acuerdo a los resultados indicados en las Tablas 7-48 y 7-49, los metales que presentaron un comportamiento heterogéneo tanto para su forma suspendida y disuelta, fue el aluminio, arsénico, bario, hierro, manganeso y zinc en ríos y quebradas. Asimismo, se presentaron en forma variable el aluminio y manganeso en manantiales de la subcuenca del río Paltic.

Tabla 7-48. Metales en porcentajes variables en ríos y quebradas en la subcuenca Paltic

Punto de Muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Arsénico		Bario		Hierro		Manganeso		Zinc	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
RLLim2	06/09/2017	%	92	8	<L.C.	<L.C.	18	82	44	56	8	92	3	97
	15/02/2018	%	27	73	<L.C.	<L.C.	22	78	38	62	15	85	<L.C.	<L.C.
RLIra4	06/09/2017	%	44	56	<L.C.	<L.C.	25	75	57	43	7	93	4	96
	17/02/2018	%	50	50	2	98	38	62	54	46	30	70	29	71
RPalt1	06/09/2017	%	63	37	<L.C.	<L.C.	9	91	69	31	4	96	9	91
	15/02/2018	%	38	62	26	74	12	88	42	58	13	87	N.N.	N.N.
RPalt2	06/09/2017	%	59	41	<L.C.	<L.C.	9	91	68	32	1	99	8	92
	17/02/2018	%	44	56	19	81	28	72	60	40	16	84	<L.C.	<L.C.
RPalt3	06/09/2017	%	62	38	<L.C.	<L.C.	9	91	66	34	3	97	11	89
	18/02/2018	%	95	5	94	6	79	21	97	3	82	18	74	26
QChec3	08/09/2017	%	43	57	<L.C.	<L.C.	0	100	58	42	5	95	6	94
	13/02/2018	%	35	65	N.N.	N.N.	21	79	37	63	20	80	<L.C.	<L.C.
RPalt4	08/09/2017	%	69	31	<L.C.	<L.C.	7	93	81	19	6	94	3	97
	17/02/2018	%	55	45	34	66	19	81	63	37	19	81	<L.C.	<L.C.
RPalt5	10/09/2017	%	51	49	<L.C.	<L.C.	8	92	62	38	N.N.	N.N.	6	94
	17/02/2018	%	74	26	58	42	31	69	67	33	34	66	<L.C.	<L.C.
QHond2	10/09/2017	%	54	46	<L.C.	<L.C.	50	50	31	69	60	40	69	31
	18/02/2018	%	99	1	96	4	93	7	99	1	98	2	N.N.	N.N.
QMPas1	09/09/2017	%	94	6	<L.C.	<L.C.	15	85	95	5	93	7	28	72
	12/02/2018	%	69	31	N.N.	N.N.	27	73	80	20	80	20	<L.C.	<L.C.
RPalt6	09/09/2017	%	97	3	<L.C.	<L.C.	81	19	98	2	90	10	82	18
	17/02/2018	%	82	18	65	35	49	51	84	16	53	47	<L.C.	<L.C.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos

<L.C. : Menor al limite de cuantificación

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Tabla 7-49. Metales en porcentajes variables en manantiales en la subcuenca Paltic

Punto de Muestreo	Fecha	Unidad	Aluminio		Manganeso	
			Sus.	Dis.	Sus.	Dis.
FLUñi1	09/09/2017	%	91	9	83	17
	12/02/2018	%	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
FLPam1	09/09/2017	%	67	33	<L.C.	<L.C.
	12/02/2018	%	59	41	51	49
FNatu4	09/09/2017	%	23	77	<L.C.	<L.C.
	12/02/2018	%	<L.C.	<L.C.	33	67
FLFil1	07/09/2017	%	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
	13/02/2018	%	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
FNatu8	12/02/2018	%	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

N.N.: No se determino debido a que la concentración de metales totales es igual al de los disueltos

<L.C. : Menor al limite de cuantificación

Sus.: Forma suspendida y Dis.: Forma disuelta

Rango de colores de los porcentajes

0-50 %	<50-75 %	<75-90 %	<90-100 %
--------	----------	----------	-----------

d. Relación de metales con sólidos (disuelto y suspendidos)

En esta subsección se presentan las gráficas de dispersión en las que se muestra la relación de los sólidos disuelto totales (SDT) con la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) con los metales disueltos.



En base a dichas gráficas, se calculan las relaciones lineales (medición de la proporcionalidad) respectivas. Esto es indicado por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de determinación (R^2) mayor a 0,90.

El coeficiente de determinación (R^2) de la conductividad con los sólidos disueltos totales fue 0,9946 (ver Figura 7-61) para los puntos de muestreo en la subcuenca Paltic en época seca y 0,9900 (ver Figura 7-62) para los puntos de muestreo en la subcuenca Paltic en época lluviosa, lo que indica una buena correlación entre los valores de conductividad y SDT.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) de la concentración de estroncio disuelto con los sólidos disueltos totales fue 0,9849 (ver Figura 7-63) para los puntos de muestreo en la Subcuenca Paltic en época seca. Mientras que el coeficiente fue 0,9978 (ver Figura 7-64) para los puntos de muestreo en la Subcuenca Paltic en época lluviosa, para este caso se omitió en el análisis el punto de manantial FLUñi1 ya que disminuye el coeficiente.

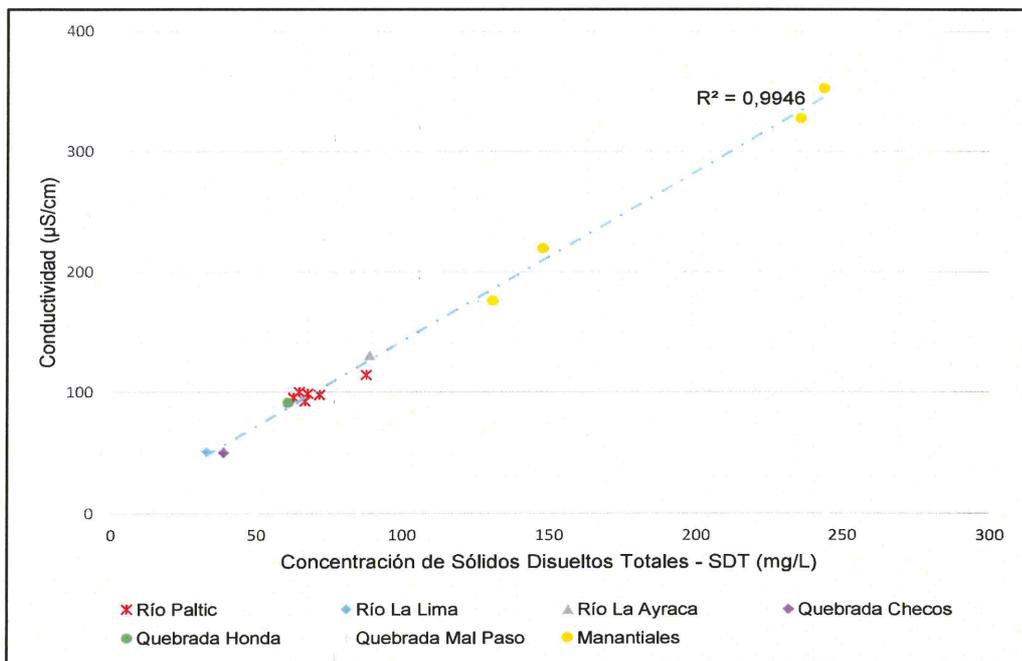


Figura 7-61. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época seca



↑
A
W
P
A
+
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

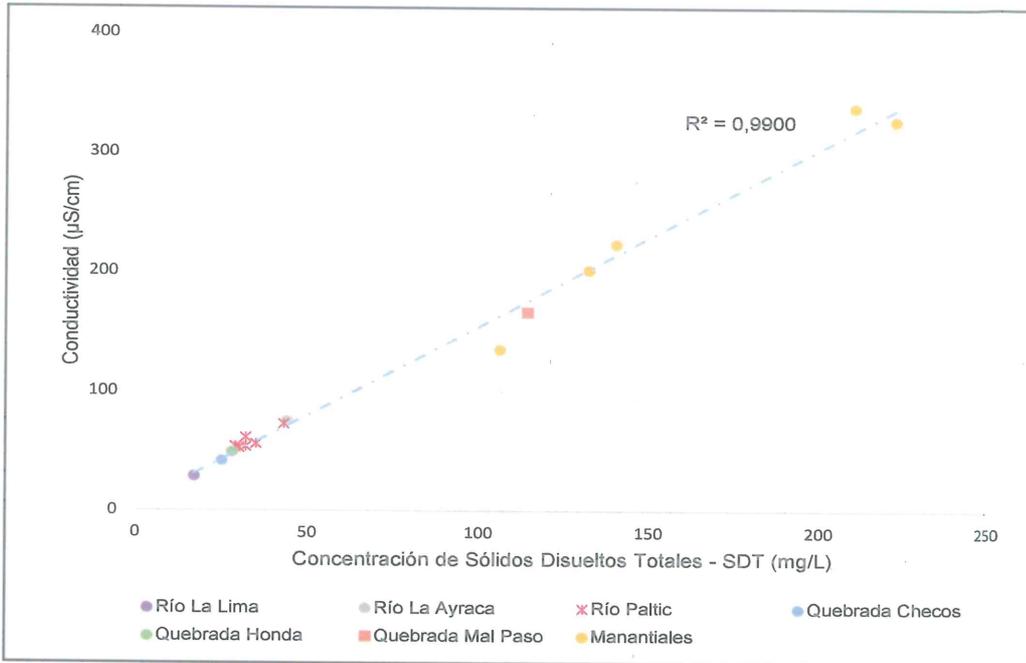


Figura 7-62. Relación de conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época de lluvia

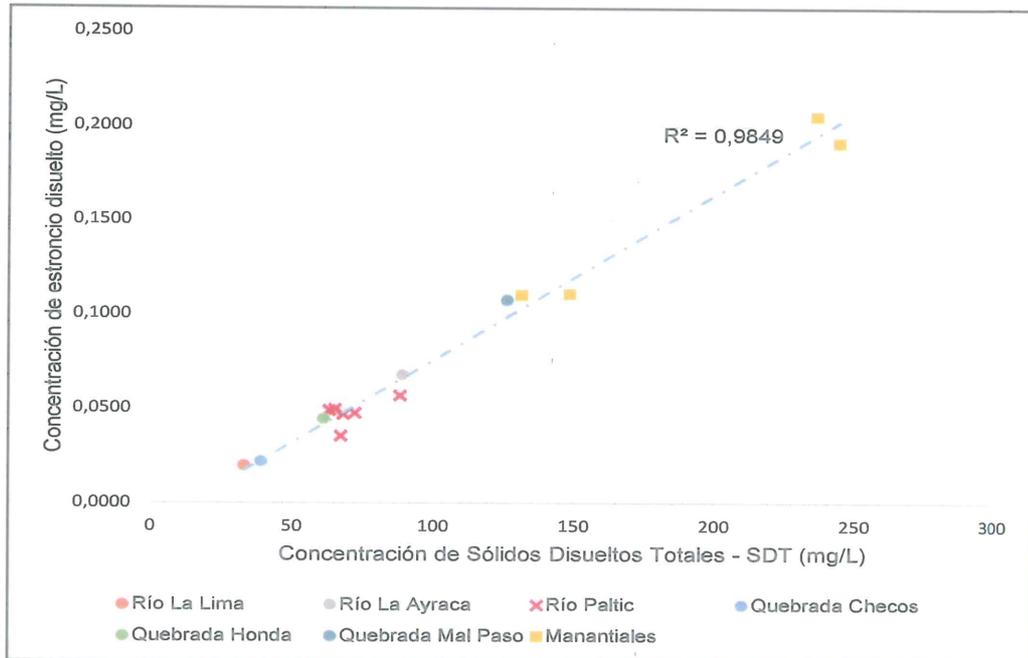


Figura 7-63. Relación de estroncio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época seca



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing to the stamp and several initials.



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

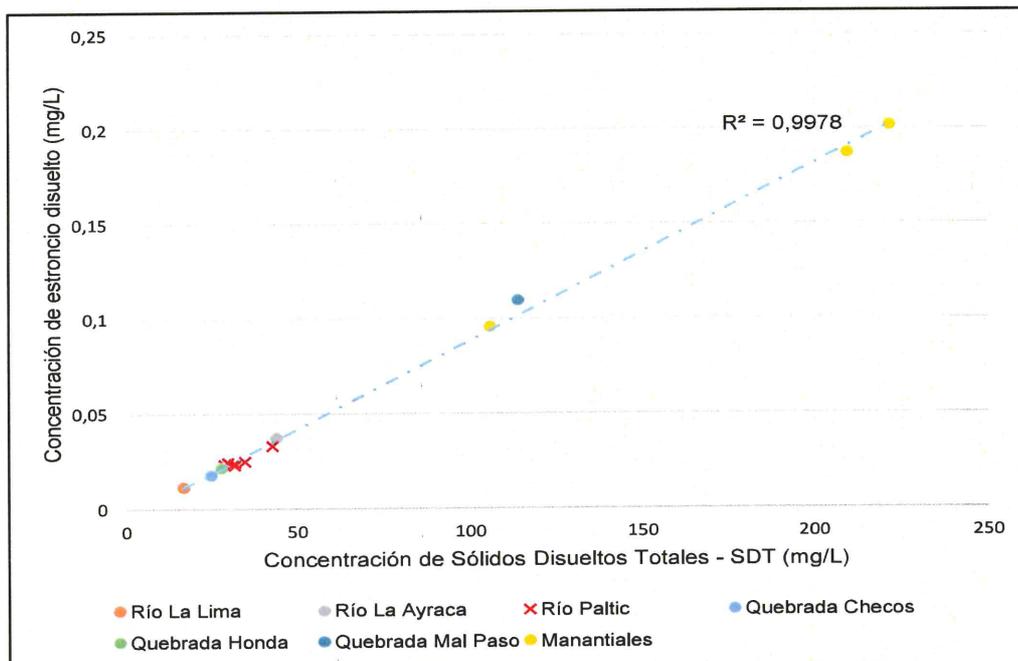


Figura 7-64. Relación de estroncio disuelto y sólidos disueltos totales (SDT) en la subcuenca Paltic en época de lluvia

7.1.5.2. Calidad de suelo

Este capítulo presenta los resultados de laboratorio y análisis de calidad de suelo para la subcuenca Paltic; evaluándose puntos de muestreo para metales totales en 2018, caracterización edáfica en el 2017 y de forma complementaria se recogió información de los IGA del proyecto minero «La Granja» relacionada a la clasificación por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos.

a. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos por unidades, capacidad de uso mayor y uso actual de suelos fue extraída de la cuarta, séptima y décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración la Granja⁴⁵.

• Unidades de suelo

Esta microcuenca comprende un área de superficie aproximada de 2899,88 hectáreas, los suelos que se encuentran en ella se distribuyen de manera uniforme en la margen derecha e izquierda del río Paltic. Los resultados de las unidades de suelo se detallan en la Tabla 7-50.

Tabla 7-50. Resultados de las unidades de suelo en el ámbito de la subcuenca Paltic

Soil Taxonomy (2010)				Nombre Común de los Suelos
Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Subgrupo	
Entisols	Fluvents	Ustifluvents	Mollic Ustifluvents	La Granja (LG)
	Othents	Ustorthents	Lithic Ustorthents	Ayabamba (Ay) Paja Blanca (PB)

⁴⁵ Informe de la cuarta modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2008)
Informe de la séptima modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2011)
Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Soil Taxonomy (2010)				Nombre Común de los Suelos
Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Subgrupo	
Inceptisols	Ustepts	Humustepts	Typic Ustorthents	Cundín (CN)
			Andic Humustepts	Agua de la montaña (AM)
		Haplustepts	Andic Haplustepts	La Laja (Lj)
			Haplustepts	La Pampa (Pm)
			Haplustepts	La Lima (Li)
Mollisols	Ustolls	Haplustolls	Lithic Haplustolls	Quebrada Honda (QH)
			Andic Haplustolls	La Fila (F)
		Calcistolls	Andic Calcistolls	La Curva (C)
			Typic Calcistolls	Sauce (Sa)

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Figura 7-65 se observa que al sur se encuentra representada por los suelos Paja Blanca (PB), La Granja (LG) y Ayabamba (Ay) constituida por secuencia de horizontes E, F y G originada de las rocas volcánicas Porculla, Llama y depósitos cuaternarios coluvio eluvio-deluvial; asimismo las pendientes representativas para estas unidades son de 60 % característico de relieves empinados de los cerros Paja Blanca y Huambo.

Los suelos La Lima (Li), Quebrada Honda (Qh), La Pampa (Pm), La Curva (C), se encuentran ubicados en la margen izquierda de quebrada el Paltic constituida por horizontes D, E, F, y G derivada principalmente de depósito coluviales eluviales cuyas pendientes son mayores a 20 %.



Handwritten notes and arrows: F, P, A, +, LRC

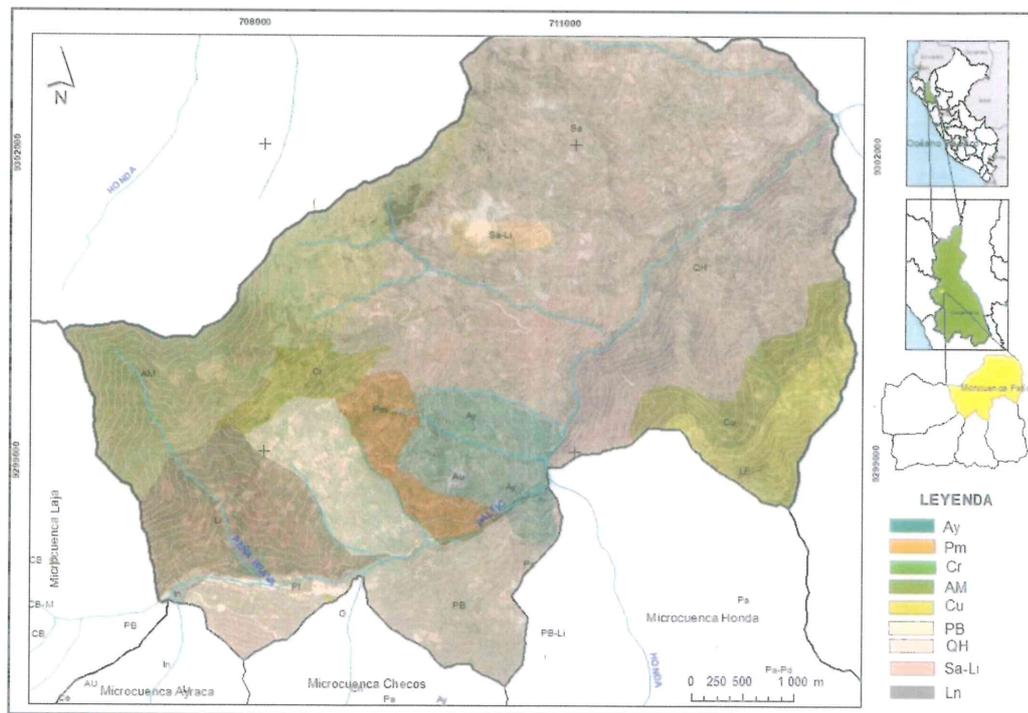


Figura 7-65. Representación del mapa de unidades de suelo de la microcuenca La Laja
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• Capacidad de uso mayor de suelos

El suelo Agua de la Montaña se encuentran ubicada en las laderas del cerro Huambo, constituidas por horizontes D, E, F y G derivada principalmente de rocas volcánicas Porculla y Llama con pendientes mayores a 40 %. Es importante mencionar que existe



dos asociaciones del suelo la Lima, la primera con los suelos Quebrada Honda (Li-QH), en tanto que la segunda con el suelo Ayabamba (Ay-Li).

Esta clasificación se basó según D.S. N.º 017-2009-AG cuyo objetivo es determinar la capacidad del suelo identificando sus limitaciones, así como las prácticas de manejo y conservación que eviten su deterioro a través de tratamientos continuos y usos específicos. Para esta microcuenca, se tiene las siguientes clasificaciones que se muestran en la Tabla 7-51.

Tabla 7-51. Clasificación de suelos según la capacidad de uso mayor de suelos en la subcuenca Paltic

Subclase	Descripción
Xse	Tierras de protección (X) con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xs	Tierras de protección por suelo
F3sec	Tierras aptas para producción forestal (F) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
P3sec	Tierras aptas para pastos (P) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, riesgo de erosión y clima
P3se(t)	Tierras aptas para pastos temporales (P) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
Xs-P3se(t)	Asociación de tierras de protección (X) por suelo y tierras aptas para pastos temporales (p) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión
P3se(t)-Xs	Asociación de tierras aptas para pastos temporales (P) de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y riesgo de erosión y tierras de protección (X) por suelo

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

Los suelos en esta microcuenca se encuentran distribuidas en áreas moderadamente homogéneas, destacando entre ellas las tierras de protección con limitaciones por suelo, riesgo de erosión (Xse), además de las tierras aptas para pastos temporales (P3se-t), entre otras. Cabe resaltar que existen otros tipos de suelos de menor área que se pueden observar en la Figura 7-66.



↑

κ

lt

P

↑

+

HC



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

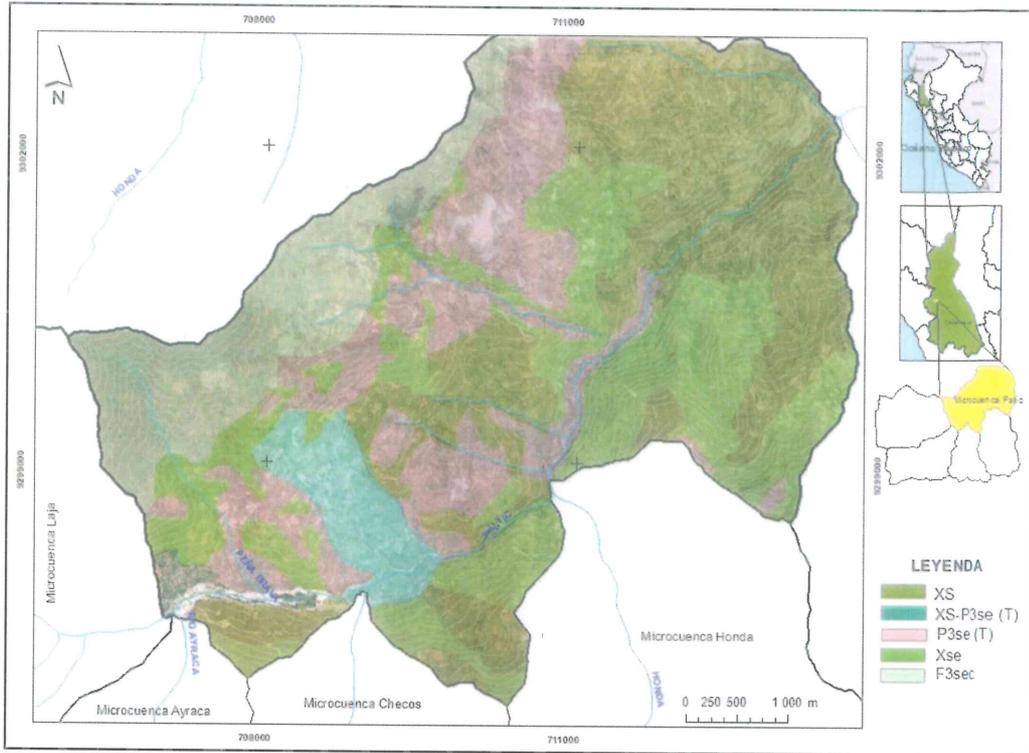


Figura 7-66. Representación de capacidad de uso mayor de suelo en la subcuenca Paltic
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2017)

• **Uso actual de suelos**

Para la realización del estudio de uso actual de suelos, se utilizó el sistema de clasificación propuesto por la Unión Geográfica Internacional (UGI, 1979). En la Tabla 7-52 se detalla las clasificaciones para esta microcuenca.

Tabla 7-52. Clasificación de suelos según uso actual de suelos

Categoría	Nombre	Código
Categoría 3: Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos Perennes	Cultivos	Cp-Ce
Categoría 7: Terreno con bosques	Bosques	Bq

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de exploración La Granja (2017)

Esta microcuenca está representada en su mayoría por terrenos de cultivos (Cp-Ce), además de encontrarse al oeste los terrenos con bosques (Bq) circundante al cerro Paja Blanca cuya distribución se detalla en la Figura 7-67.



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, followed by the letters 'K', 'E', 'P', 'A', 'T', and 'LC' arranged vertically.



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

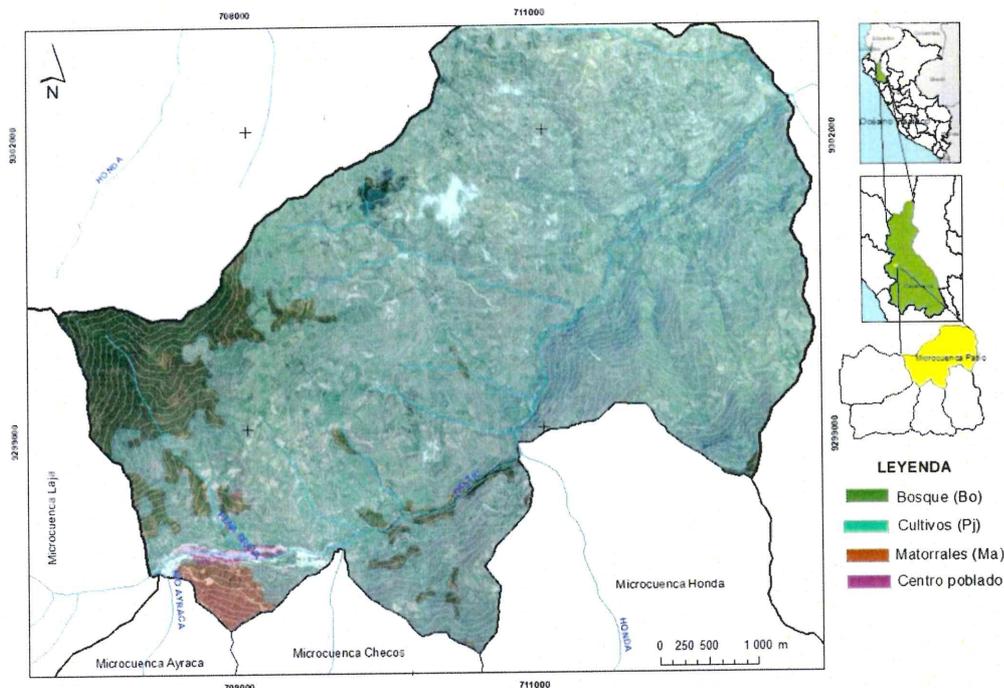


Figura 7-67. Clasificación según uso actual de suelos en la microcuenca La Laja
Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

b. Caracterización edafológica

En esta sección se presentará los resultados de las cuatro muestras extraídas en la microcuenca La Laja (OEFA, 2017). En cuanto a las características edafológicas del suelo se analizó tomando como referencia el D.S N.º 017-2009-AG, Anexo Nº IV «Guía de clasificación de los parámetros edáficos».

Las proporciones porcentuales de las partículas indican que de acuerdo a su cantidad de arena, limo y arcilla representarían a suelos de textura moderadamente fina, que son detalladas en la Tabla 7-53.

Tabla 7-53. Resultados de análisis textural del suelo

Punto de muestreo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textual
SUE-LGR1	53	34	13	Franco arenoso
SUE-LGR2	41	34	25	Franco
SUE-ESA1	25	40	35	Franco arcilloso
SUE-ESA2	31	36	33	Franco arcilloso
SUE-LPAM1	29	36	35	Franco arcilloso
SUE-LPAM2	29	32	39	Franco arcilloso
SUE-UÑI1	35	30	35	Franco arcilloso
SUE-UÑI2	29	36	35	Franco arcilloso

Fuente: Informe de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de exploración La Granja (2017)

En la Tabla 7-54 se evidencia que las muestras evaluadas tienen un pH de 5,2 a 5,8; rangos que según la clasificación de USDA (Departamento de Agricultura de los



Handwritten blue mark resembling a stylized 'd' or 'k'.

Handwritten blue mark resembling a stylized 'H'.

Handwritten blue letter 'P'.

Handwritten blue star-like mark.

Handwritten blue cross-like mark.

Handwritten blue text 'Lac'.



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

Estados Unidos de América) representarían a suelos fuertemente ácidos a medianamente ácidos⁴⁶ a excepción del SUE-ESA1.

La cantidad de carbonato de calcio es menor a uno lo que implicaría que poseen un nivel bajo⁴⁷ en todos los puntos de muestreo a excepción del SUE-ESA1.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se encuentran en el rango de suelos no salinos⁴⁸, indicando efectos despreciables en los cultivos y con pocos organismos afectados; mientras que la cantidad de materia orgánica posee un nivel medio a alto⁴⁹ implicando buena aptitud para los cultivos.

Tabla 7-54. Resultados de parámetros de fertilidad en suelos de la subcuenca Paltic

Punto de muestreo	pH	Conductividad	Calcáreo total (Carbonato de Calcio) (%)	Materia orgánica (%)
		eléctrica		
SUE-LGR1	5,5	0,18	<0,01	5,75
SUE-LGR2	6,2	0,2	<0,01	2,53
SUE-ESA1	7,5	0,34	52,9	3,28
SUE-ESA2	5,8	0,09	<0,01	3,39
SUE-LPAM1	5,2	0,12	<0,01	4,14
SUE-LPAM2	6,1	0,15	<0,01	3,25
SUE-UÑI1	6,3	0,15	<0,01	3,24
SUE-UÑI2	6	0,25	<0,01	7,07

Los valores de capacidad de intercambio catiónico mostrados en la Tabla 7-55, al ser comparados de manera referencial (FAO, 2012) indicaría que posee un mediano capacidad de intercambio catiónico⁵⁰, implicando una buena capacidad de retener nutrientes.

Con respecto a los nutrientes en los cuatro muestras de suelos fue comparada de manera referencial (FAO, 2012)⁵¹, resultando que la cantidad de fósforo en los puntos de muestreo posee un rango bajo ; alto contenido de potasio ; bajo a alto contenido de calcio , mediano a alto contenido de magnesio , muy bajo a bajo contenido de sodio y por último el aluminio posee una valor de 0,10 en la mayoría de las muestras.

Tabla 7-55. Resultados de laboratorio para el complejo de cambio y determinación de la CIC

Punto de muestreo	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca++ (cambiable) (meq/100g)	Mg++ (cambiable) (meq/100g)	K+ (cambiable) (meq/100g)	Na+ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+) (meq/100g)
SUE-LGR1	11	186	20,8	16,28	3,3	0,9	0,23	0,1
SUE-LGR2	7,5	85	22,4	17,58	3,95	0,43	0,43	<0,00

46 Clasificación del Ph en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 5,1 – 5,5 (Fuertemente ácido) y 5,6 – 6,0 (Medianamente ácido).

47 Comparación referencial de cantidad decarbonato de calcio (Adaptado por Sanchez,1998): Carbonato de calcio).

48 Rango de conductividad eléctrica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 0 – 0,98 (No salino, efectos casi despreciables y pocos organismos afectados).

49 Rangos de la materia orgánica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 2% a 4% (Medio contenido de materia orgánica), > 4% (Alto contenido de materia orgánica).

50 Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO,2012), proporciona rangos interpretativos para el CIC (Capacidad de intercambio iónico): $15 \leq CIC < 25$ (Mediana capacidad de intercambio iónico).

51 (FAO,2012), $P < 5,5$ (Bajo fósforo total); $K \geq 0,6$ (Alto contenido de potasio); $5 \leq Ca < 10$ (Medio contenido de calcio), $Ca \geq 10$ (Alto contenido de calcio); $1,3 \leq Mg < 3$ (Mediano contenido de magnesio), $Mg \geq 3$ (Alto contenido de Magnesio), $0,0 \leq Na < 0,3$ (Muy bajo contenido de sodio) $0,3 \leq Na < 0,6$ (Bajo contenido de sodio).



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

Punto de muestreo	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Ca++ (cambiable) (meq/100g)	Mg++ (cambiable) (meq/100g)	K+ (cambiable) (meq/100g)	Na+ (cambiable) (meq/100g)	Al(+3)+H(+) (meq/100g)
SUE-ESA1	16,1	167	17,9	15,78	1,5	0,52	0,12	<0,00
SUE-ESA2	9,1	106	18,4	12,69	2	0,44	0,13	0,1
SUE-LPAM1	2,3	110	19,7	14,37	4,37	0,53	0,31	0,1
SUE-LPAM2	3,3	103	22,9	17,72	4,43	0,5	0,23	<0,00
SUE-UÑI1	8,6	121	23,2	18,58	3,93	0,51	0,18	<0,00
SUE-UÑI2	2	190	25,6	20,55	4,13	0,62	0,3	<0,00

d. Metales totales

Esta microcuenca comprende 36 puntos de muestreo (OEFA, 2018), los resultados fueron comparados con el ECA para suelos de uso agrícola e industrial, los que se representan gráficamente a continuación.

En la Figura 7-70, la concentración de arsénico total superó los valores de ECA para suelo de uso agrícola en los puntos de muestreo SLG-01, SLG-02, SLG-03, SLG-04, SLG-07, SLG-10, SLG-21, SLG-25, SLG-26, SLG-28 y SLG-29; mientras que el punto SLG-05 superó el ECA suelo para uso industrial.

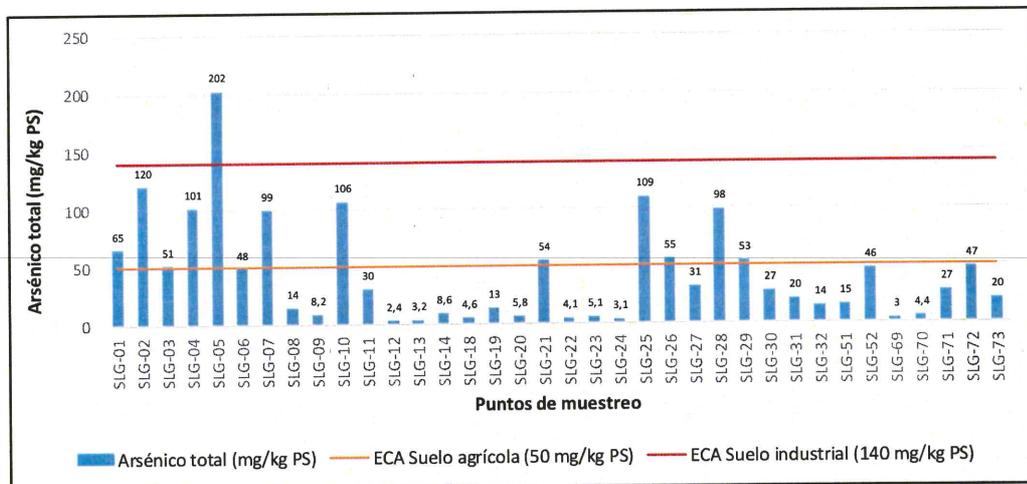


Figura 7-68. Resultados de la concentración de arsénico total para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

En la Figura 7-69, la concentración de cadmio total en los puntos de muestreo SLG-02, SLG-03, SLG-04, SLG-05, SLG-06, SLG-10 y SLG-72 superaron el ECA suelo para uso agrícola; mientras que para el plomo total los puntos de muestreo SLG-02, SLG-03, SLG-04, SLG-05, SLG-06, SLG-07, SLG-10, SLG-19, SLG-26, SLG-29, SLG-69 y SLG-73 superaron el ECA suelo para uso agrícola (ver Figura 7-70).

Los metales bario, cadmio, cromo y mercurio total, no lograron superar ningún ECA suelo



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

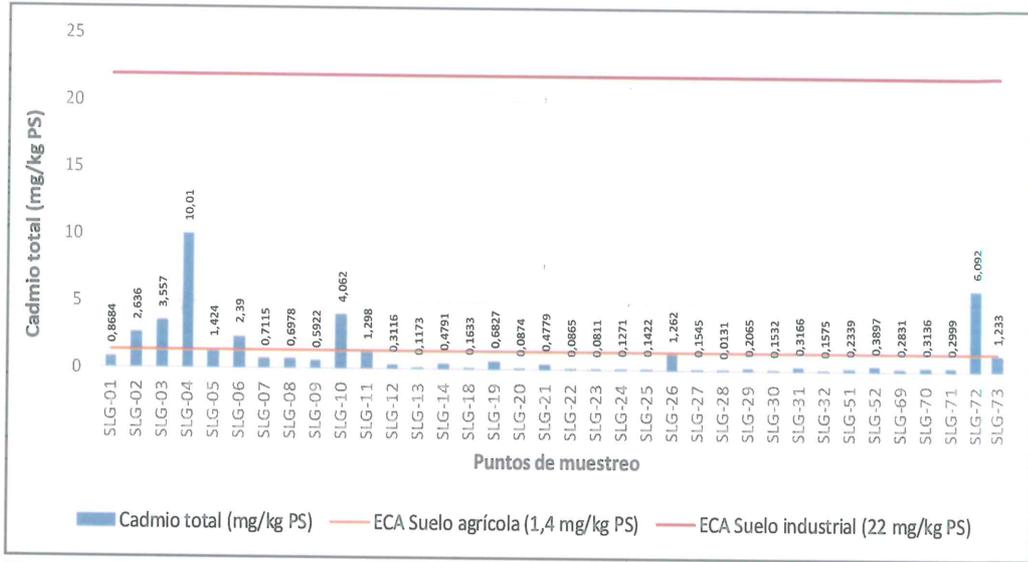


Figura 7-69. Resultados de la concentración de cadmio total para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

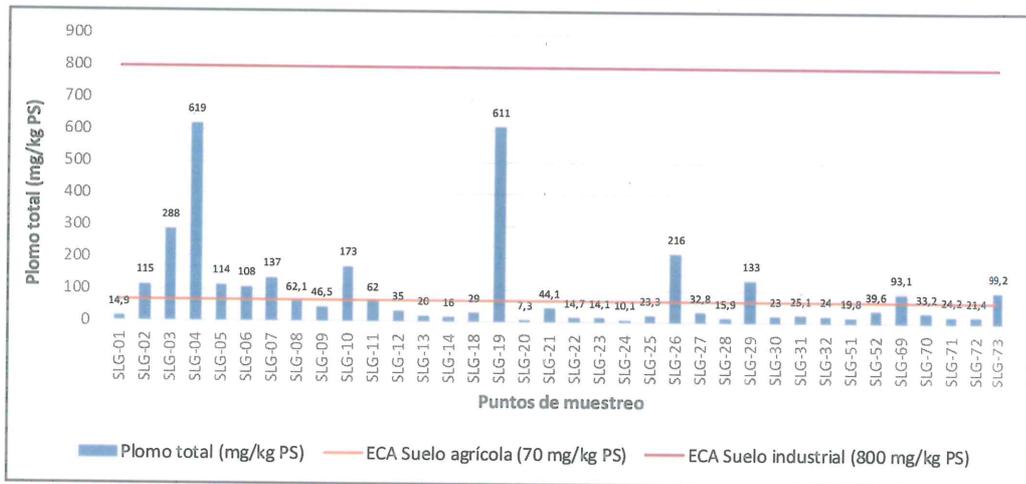


Figura 7-70. Resultados de la concentración de plomo total para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic



Handwritten blue ink marks and symbols on the left margin, including an arrow pointing to the stamp and various scribbles.



7.1.5.3. Calidad de aire

a. Condiciones meteorológicas

El registro de las variables meteorológicas permite explicar los resultados obtenidos de calidad de aire y permiten el cálculo del flujo promedio a condiciones de referencia o estándar. En la Tabla 7-56, se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1.

Tabla 7-56. Parámetros meteorológicos de las estaciones de monitoreo

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad (m/s)	Precipitación (mm)
Estación de monitoreo CA-LGran1					
Mínimo	14,6	34,0	600,5	0,1	0
Máximo	25,7	93,9	605,3	3,4	0
Promedio	18,5	70,5	603,5	1,1	0
Estación de monitoreo CA-Parag1					
Mínimo	13,4	38,6	577,2	0	0
Máximo	24,2	95,6	581,6	1,4	0
Promedio	16,5	74,3	579,8	0,5	0

Como se observa en la Tabla 7-56, la temperatura varió entre 16,5 °C y 18,5 °C, la humedad relativa registró valores entre 70,5 % y 74,3 %, la presión atmosférica presentó valores entre 579,8 mbar y 603,5 mmHg y la velocidad de viento registró valores promedios entre 0,5 m/s y 1,1 m/s y un máximo valor de 3,4 m/s en el punto CA-LGran1.

La dirección y velocidad del viento se representa gráficamente en la rosa de vientos, como se aprecia en las Figuras 7-71 y 7-72. En relación a la dirección del viento, el punto de muestreo CA-LGran1, presentó dirección predominante de suroeste (SW); mientras que la estación del punto CA-Parag1, presentó dirección predominante de nor-noroeste (NWN).

Las frecuencias de las predominancias fueron 17,9 % para la estación del punto CA-LGran1, es decir con dicho porcentaje los vientos se dirigen desde el proyecto La Granja hacia el poblado del mismo nombre, la estación de monitoreo CA-Parag1, tuvo una frecuencia de 22,9 % (ver Figura 7-73).



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, a star, a checkmark, the letter 'P', a crosshair, a plus sign, and the letters 'LDC'.

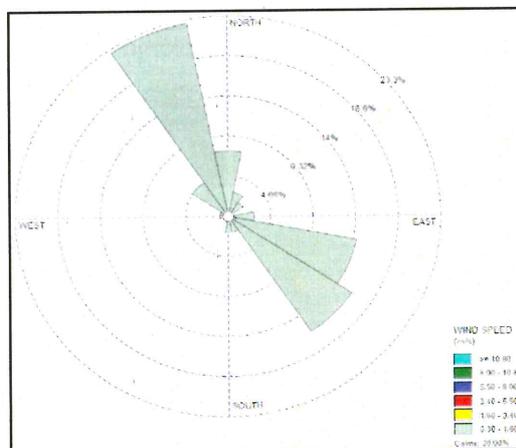


Figura 7-71. Rosa de viento de las estación de monitoreo del C.P. de Paraguay (CA-Parag1)



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

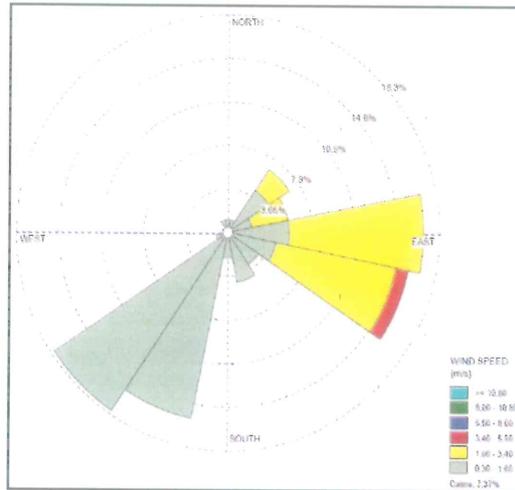


Figura 7-72. Rosa de viento de las estación de monitoreo del C.P. La Granja (CA-LGran1)

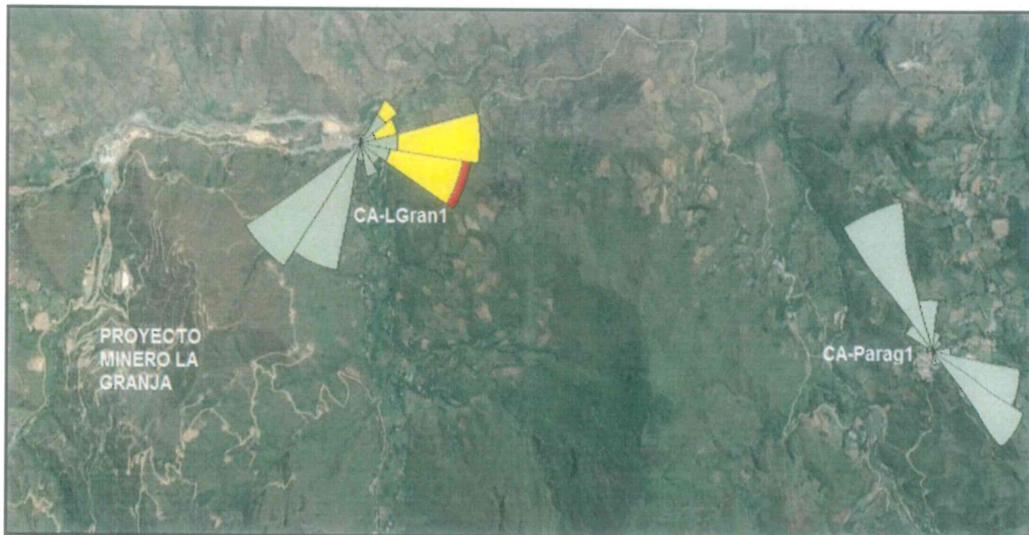


Figura 7-73. Ubicación de las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1 y sus rosas de vientos



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, the letter 'K', 'W', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'URC'.

b. Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀)

En las Figura 7-74 y 7-75 se presentan los resultados de las concentraciones diarias de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) de las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1 respectivamente, dichos resultados fueron comparados con los valores establecidos en los ECA para aire, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM que se encuentra actualmente vigente.

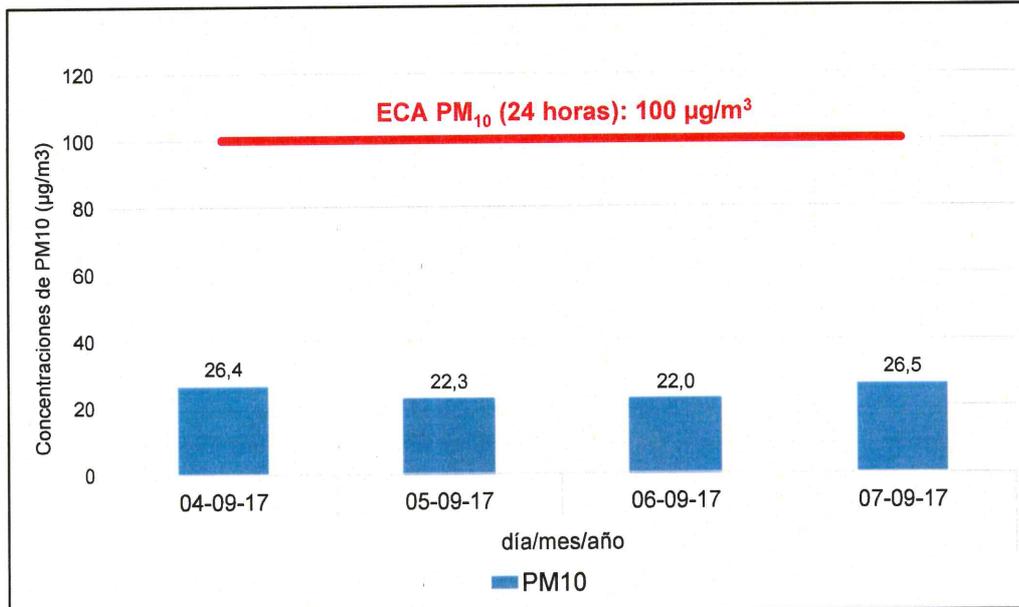


Figura 7-74. Resultados de PM₁₀ en la estación de monitoreo del centro poblado Paraguay (CA-Parag1), según ECA vigente

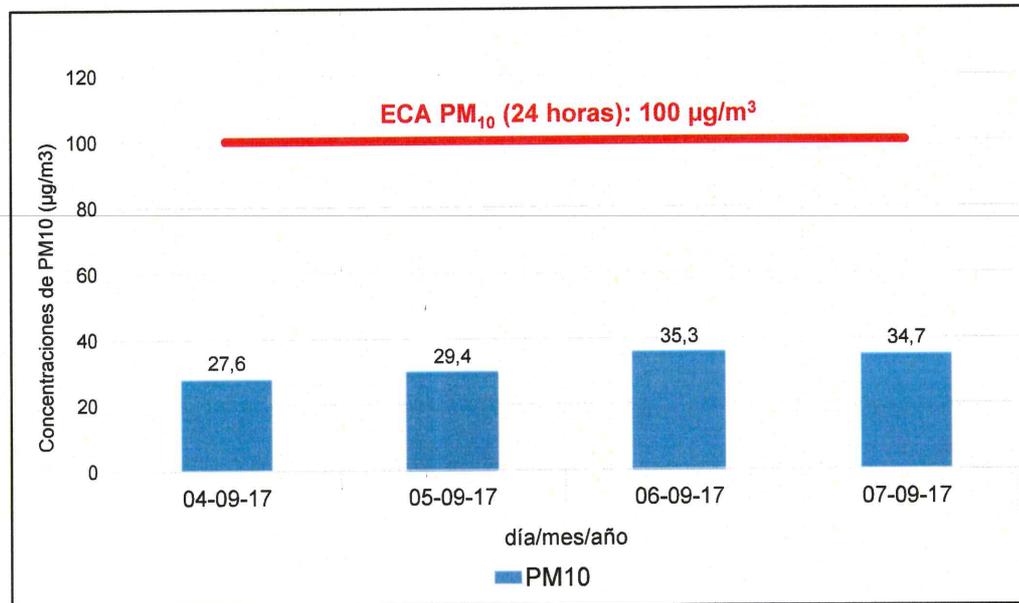


Figura 7-75. Resultados de PM₁₀ en la estación de monitoreo del centro poblado La Granja (CA-LGran1), según ECA vigente

Las concentraciones de PM₁₀ registradas en las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Paga1, no superan el valor de 100 µg/m³ (para un periodo de 24 horas) establecido en el ECA para aire vigente.

La máxima concentración de PM₁₀ se obtuvo en la estación de monitoreo CA-LGran1 y fue de 35,3 µg/m³; mientras que, la mínima concentración fue obtenida en la estación de monitoreo CA-Parag1 con 22,0 µg/m³. Cabe precisar que, durante la ejecución del monitoreo (i.e. realizado del 4 al 9 de septiembre de 2017) no se



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

presentaron precipitaciones pluviales cercanas a las estaciones de monitoreo, además, se observó que las vías de acceso no presentan asfalto.

Las Tablas 7-57 y 7-58 contienen las concentraciones de metales determinados en PM₁₀ correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1.

Tabla 7-57. Concentraciones de 24 horas de metales en la estación de monitoreo del centro poblado de la Granja - CA-LGran1

Parámetro	Símbolo	CA-LGran1				AQQC* (µg/m ³)
		Del 04/09/17 al 05/09/17	Del 05/09/17 al 06/09/17	Del 06/09/17 al 07/09/17	Del 07/09/17 al 08/09/17	
Concentración de metales (µg/m ³)						
Plata	Ag	<0,00002	<0,00001	<0,00001	<0,00002	1
Aluminio	Al	0,11391	0,17581	0,30783	0,25133	-
Arsénico	As	0,00114	0,00185	0,00394	0,00266	0,3
Boro	B	0,01023	0,01000	0,00765	0,00697	120
Bario	Ba	0,00117	0,00220	0,00301	0,00207	10
Berilio	Be	<0,00009	<0,00009	<0,00009	<0,00009	0,01
Bismuto	Bi	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	-
Calcio	Ca	0,30216	0,40942	0,34554	0,40292	-
Cadmio	Cd	<0,00001	<0,00020	<0,00014	<0,00013	0,025
Cobalto	Co	<0,00013	<0,00012	<0,00022	<0,00013	0,1
Cromo	Cr	<0,07350	<0,07240	<0,07254	<0,07279	0,5
Cobre	Cu	0,02831	0,02629	0,03867	0,03048	50
Hierro	Fe	<0,65164	<0,64184	<0,64312	<0,64530	4
Mercurio	Hg	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	2
Potasio	K	0,36850	0,36611	0,32267	0,36017	-
Litio	Li	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	20
Magnesio	Mg	0,05308	0,08724	0,12031	0,10109	-
Manganeso	Mn	0,00657	0,01050	0,01594	0,01319	0,2
Molibdeno	Mo	0,00041	0,00062	0,00119	0,00091	120
Sodio	Na	0,04317	0,09448	0,09072	0,09816	-
Níquel	Ni	<0,00239	<0,00235	<0,00236	<0,00237	0,1
Fósforo	P	0,01583	0,02527	0,02738	0,02945	-
Plomo	Pb	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,5
Antimonio	Sb	<0,00052	<0,00051	<0,00051	<0,00051	25
Selenio	Se	<0,00009	<0,00009	<0,00009	<0,00009	10
Silicio	Si	0,08353	0,16770	0,32977	0,26969	-
Estaño	Sn	<0,00014	<0,00014	0,00018	0,00140	10
Estroncio	Sr	0,00154	0,00209	0,00206	0,00222	120
Titanio	Ti	0,00272	0,00417	0,00773	0,00633	120
Talio	Tl	<0,00007	<0,00007	<0,00007	<0,00007	-
Uranio	U	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	0,15
Vanadio	V	0,00039	0,00058	0,00114	0,00083	2
Zinc	Zn	<0,01079	<0,01181	<0,01530	<0,01251	120

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

Nota: los valores precedidos por el símbolo < (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

Tabla 7-58. Concentraciones de 24 horas de metales en la estación de monitoreo del centro poblado de Paraguay - CA-Parag1

Elemento	Símbolo	CA-Parag1				AQQC*(µg/m ³)
		Del 04/09/17 al 05/09/17	Del 05/09/17 al 06/09/17	Del 06/09/17 al 07/09/17	Del 07/09/17 al 08/09/17	
Concentración de metales (µg/m ³)						
Plata	Ag	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	1
Aluminio	Al	0,17304	0,10738	0,16482	0,16743	-
Arsénico	As	0,00117	0,00077	0,00139	0,00117	0,3
Boro	B	0,01121	0,01117	0,00712	0,00767	120
Bario	Ba	0,00116	0,00050	0,00140	0,00115	10
Berilio	Be	<0,00009	<0,00009	<0,00009	<0,00009	0,01
Bismuto	Bi	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	-
Calcio	Ca	0,12525	0,14460	0,16450	0,17889	-
Cadmio	Cd	<0,00001	<0,00017	<0,00013	<0,00001	0,025
Cobalto	Co	<0,00013	<0,00013	<0,00013	<0,00013	0,1



Elemento	Símbolo	CA-Parag1				AQQC*(µg/m ³)
		Del 04/09/17 al 05/09/17	Del 05/09/17 al 06/09/17	Del 06/09/17 al 07/09/17	Del 07/09/17 al 08/09/17	
Concentración de metales (µg/m ³)						
Cromo	Cr	<0,07577	<0,07555	<0,07525	<0,07580	0,5
Cobre	Cu	0,04512	0,04382	0,05969	0,04722	50
Hierro	Fe	<0,67172	<0,66976	<0,66715	<0,67204	4
Mercurio	Hg	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	2
Potasio	K	0,34031	0,28838	0,26761	0,36768	-
Litio	Li	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	20
Magnesio	Mg	0,05636	0,03960	0,05647	0,06059	-
Manganeso	Mn	0,00636	0,00418	0,00584	0,00627	0,2
Molibdeno	Mo	0,00134	0,00148	0,00205	0,00147	120
Sodio	Na	0,06510	0,06573	0,08102	0,07997	-
Níquel	Ni	<0,00246	<0,00246	<0,00245	<0,00246	0,1
Fosforo	P	0,01805	<0,01241	<0,01236	0,01616	-
Plomo	Pb	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	0,5
Antimonio	Sb	<0,00054	<0,00053	<0,00053	<0,00054	25
Selenio	Se	<0,00009	<0,00009	<0,00009	<0,00009	10
Silicio	Si	0,15656	0,10492	0,13446	0,10049	-
Estaño	Sn	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	10
Estroncio	Sr	0,00082	0,00110	0,00108	0,00100	120
Titanio	Ti	0,00552	0,00362	0,00581	0,00544	120
Talio	Tl	<0,00007	<0,00007	<0,00007	<0,00007	-
Uranio	U	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	0,15
Vanadio	V	0,00072	0,00042	0,00056	0,00063	2
Zinc	Zn	<0,00931	<0,00928	<0,00925	<0,00932	120

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

Nota: los valores precedidos por el símbolo < (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

Las concentraciones de metales reportadas en las estaciones de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1 cumplieron con los valores establecidos en la norma de referencia «*Ontario's Ambient Air Quality Criteria (AQQC)*» (2012) del Ministerio del Medio Ambiente de Ontario – Canadá, para periodos de 24 horas.

En relación a la concentración de cobre se observa que en las 2 estaciones de monitoreo, las mayores concentraciones fueron reportadas en la estación de monitoreo CA-Parag1 y el valor más alto fue de 0,05969 µg/m³. Resulta importante resaltar los resultados obtenidos de dicho metal, debido a su posible explotación en el proyecto minero La Granja, en un futuro.

7.2. Comparación referencial con otros estándares para calidad de sedimentos

7.2.1. Zona I: Microcuenca La Laja

En esta microcuenca se ubican 4 puntos de muestreo, los resultados de los metales que superaron la Guía de Calidad Ambiental para Sedimentos en Cuerpos de Agua Dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water*)⁵² se detallan en el Anexo 2: Reporte de resultados N.º 004-2018-STE. A continuación se detalla gráficamente la concentración de metales en sedimentos de los puntos de muestro de la microcuenca La Laja.

⁵² Disponible en: http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/. Consultado el 19 de enero de 2017.



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

La concentración de arsénico total superó los valores de la norma canadiense para todos los puntos de muestreo tanto el ISQG⁵³ como el PEL⁵⁴. Además, el punto SED-QPSol1 superó al valor PEL en 824 % en época seca y 1035 % en época lluviosa (Figura 7-76).

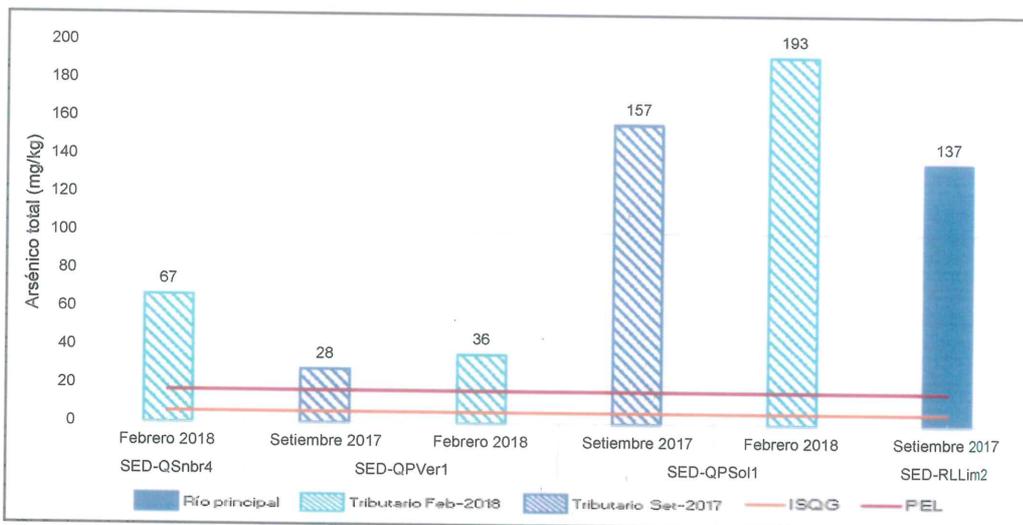


Figura 7-76. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

En cuanto al cadmio total, con excepción del punto SED-RLLim2 todos los puntos superaron el valor de ISQG, mientras que los puntos SED-QPSol1 (en ambas campañas) y SED-QSnr4 superaron el valor PEL. Además, la concentración de cadmio total aumenta en época lluviosa con respecto a la época seca (Figura 7-77).



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

53 ISQG (Guías para calidad de sedimentos interinos): Límite por debajo el cual ocurre rara vez efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos

54 PEL (Nivel de Efecto Probable): Límite por encima el cual ocurre frecuentemente efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos



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»

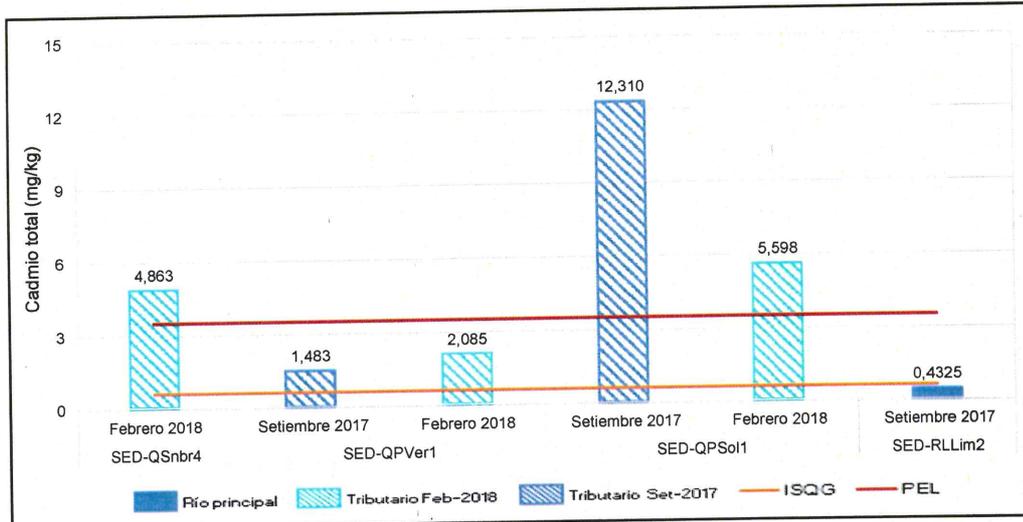


Figura 7-77. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

La concentración de cobre total muestra que todos los puntos superaron el valor ISQG, mientras que los puntos SED-QVer1 (época lluviosa) y SED-QPSol1 (en ambas evaluaciones) superaron el valor PEL. Por otro lado, el cromo total no superó la norma canadiense para ningún punto de muestreo.

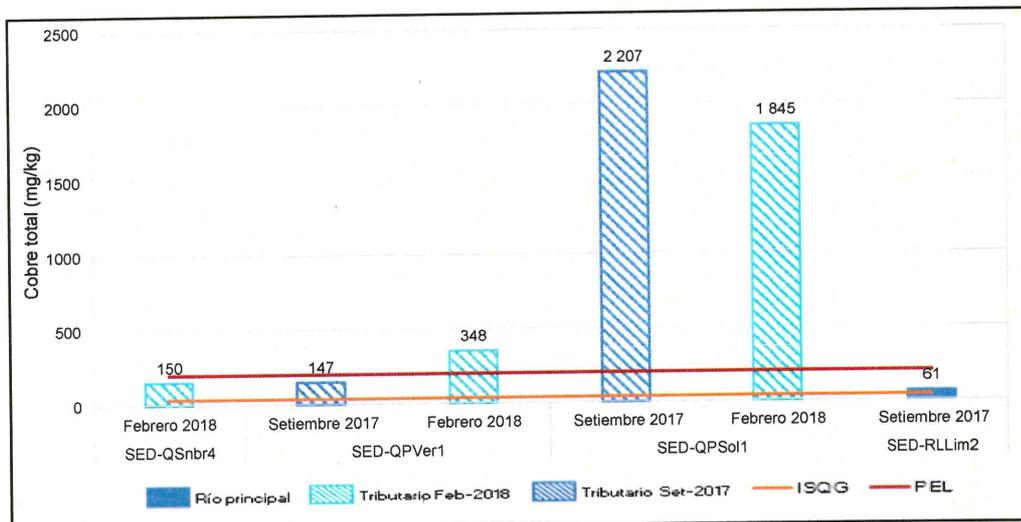


Figura 7-78. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

La concentración de mercurio total fue superada solo en el punto SED-QPSol1 (en ambas campañas) para el valor ISQG y en época seca este punto superó el valor PEL (ver Figura 7-79).



↑

OK

W

P

★

+

LPC



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

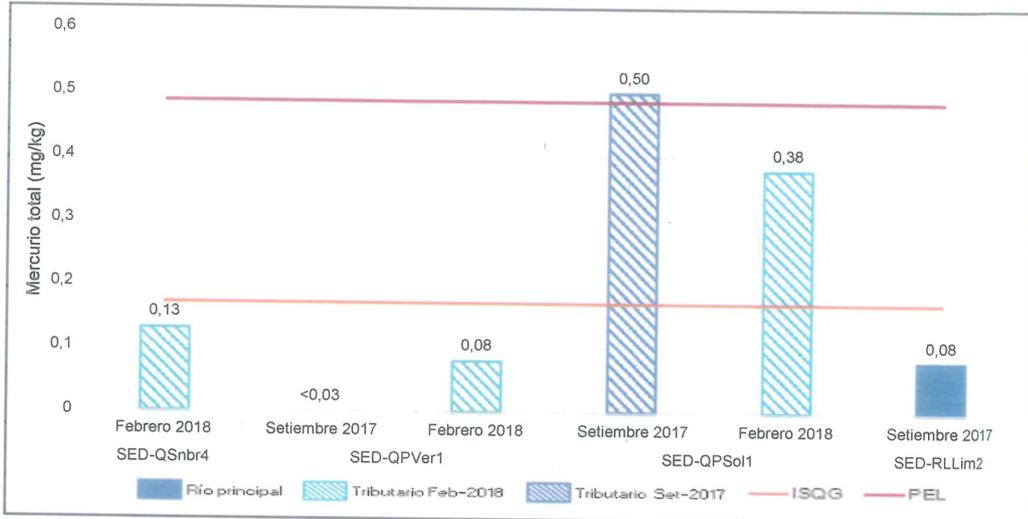


Figura 7-79. Resultados de la concentración de mercurio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

Mientras que la concentración de plomo total todos los puntos de muestreo superaron el valor ISQG; y los puntos SED-QPVer1 (época lluviosa), SED-QPSol1 (ambas campañas) y SED-QSnr4 superaron el valor PEL. Cabe señalar que el punto SED-QPSol1 (época seca) superó en 1188 % al valor PEL (ver Figura 7-80).

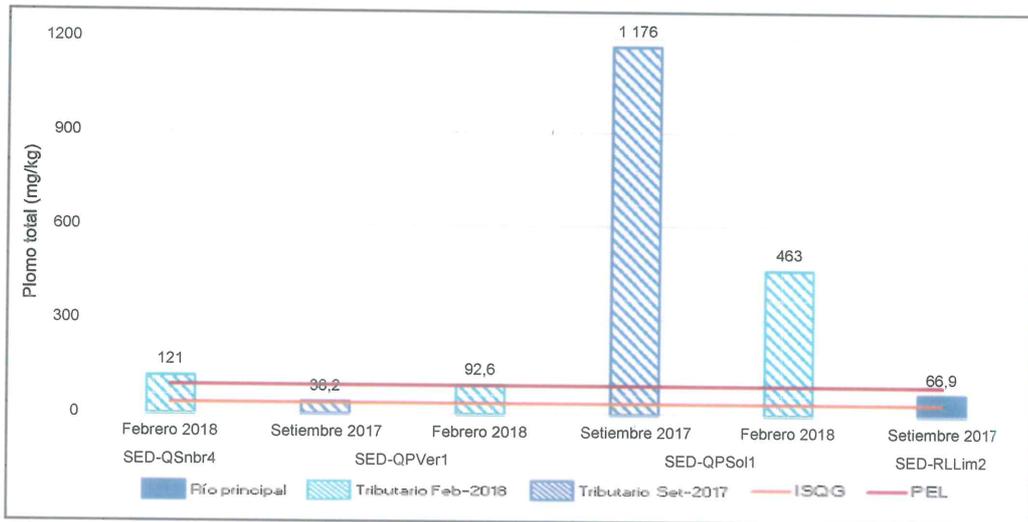


Figura 7-80. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

La concentración de zinc total, con excepción del punto SED-RLLim2 todos los puntos superaron el valor de ISQG, mientras que los puntos SED-QPSol1 (en ambas campañas) y SED-QSnr4 superaron el valor PEL (ver Figura 7-81).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and the letters 'P', 'A', 'C'.



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

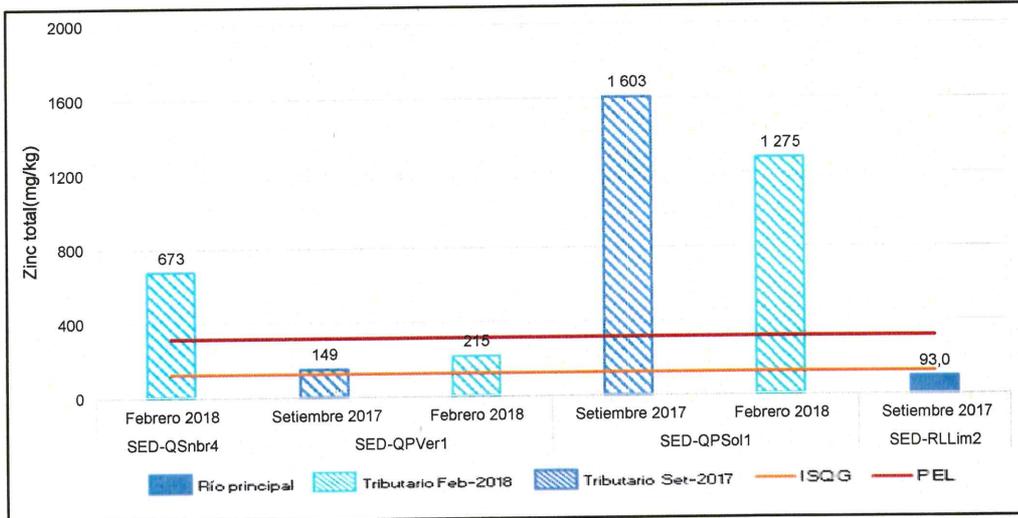


Figura 7-81. Resultados de la concentración de zinc para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Laja

Asimismo, para el punto de muestreo SED-QPSol1 ubicado en la quebrada Peña Brava que es tributaria al río La Lima, se realizó el análisis de extracción secuencial de metales por la metodología de Tessier para verificar la biodisponibilidad de metales en sedimentos.

A continuación se detalla gráficamente la extracción secuencial de metales solubles para el zinc, plomo, manganeso, cobre, cadmio y arsénico; que superaron la Guía de Calidad Ambiental para Sedimentos en Cuerpos de Agua Dulce de Canadá en el punto de muestreo SED-QPSol1.

De acuerdo a la Figura 7-82, en la extracción 1 se presenta zinc soluble y cobre soluble con concentraciones de 41,6 mg/Kg y 23 mg/Kg respectivamente. Mientras que en la extracción 2 se presenta zinc soluble, plomo soluble y cobre soluble con concentraciones de 351 mg/Kg, 20,9 mg/Kg y 463 mg/Kg respectivamente.



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



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

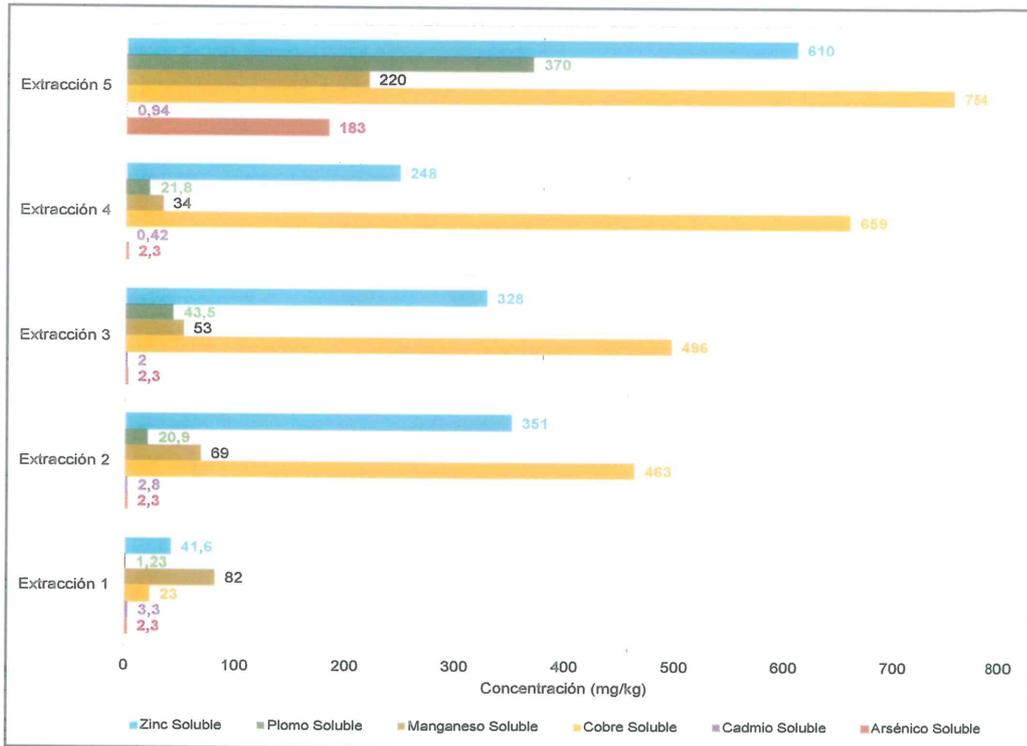


Figura 7-82. Extracciones secuenciales de zinc soluble, plomo soluble, cobre soluble, cadmio soluble y arsénico soluble; para el punto de muestreo SED-QPSol1 ubicado en la microcuenca La Laja

7.2.2. Zona II: Microcuenca La Ayraza

En esta microcuenca se ubican 7 puntos de muestreo, los resultados que superan la norma canadiense con la que fueron comparados se detallan graficamente a continuación.

La concentración de arsénico total superó los valores de la norma canadiense para todos los puntos de muestreo tanto el ISQG como el PEL. Para el punto SED-QSald1 superó al valor PEL en 918 % en época seca y 1482 % en época lluviosa (Figura 7-83).



Handwritten blue annotations: an arrow pointing up, and the letters 'P', 'H', 't', 'lc' arranged vertically.



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

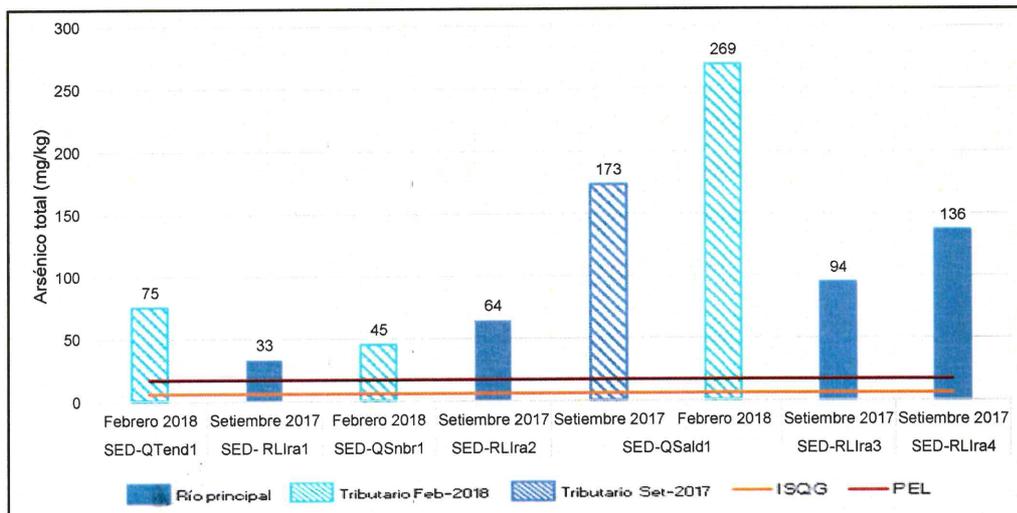


Figura 7-83. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

Además, la concentración de cadmio total superó el valor ISQG en los puntos SED-QSnbr1 (época húmeda), SED-RLIra2 y SED-RLIra4 (ambos en época húmeda), ver Figura 7-84.

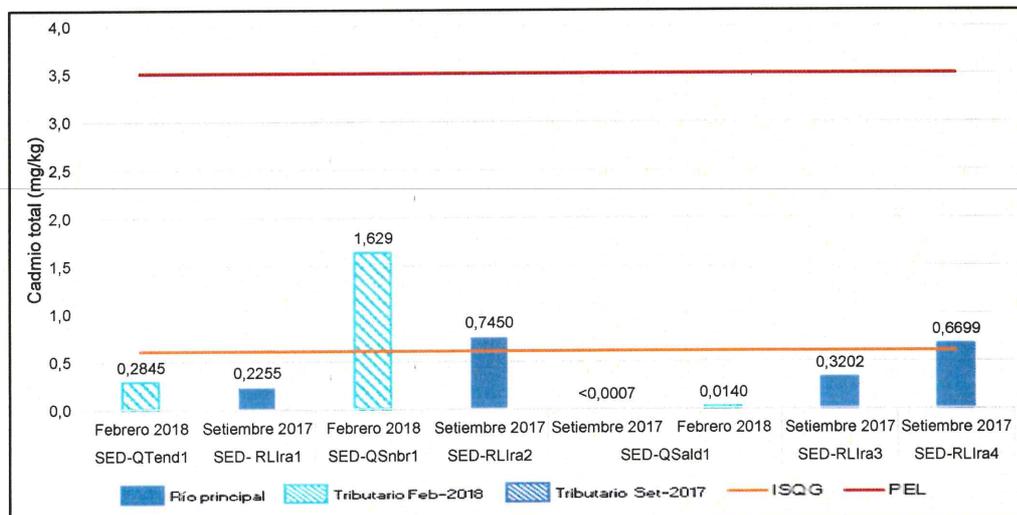


Figura 7-84. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

Todos los puntos superaron la concentración de cobre total para el valor ISQG; mientras que los puntos SED-QSnbr1, SED-RLIra2, SED-QSald1 (en ambas campañas) y SED-RLIra4, superaron el valor PEL. Para el punto SED-QSald1, la concentración de cobre total es mayor en época lluviosa que en época seca. Además, la concentración de cromo total y mercurio total para todos los puntos de muestreo no superaron la norma canadiense (ver Figura 7-85).



Handwritten notes in blue ink: an upward arrow, a checkmark, the letter 'H', the letter 'P', a plus sign, and the letters 'HC'.



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

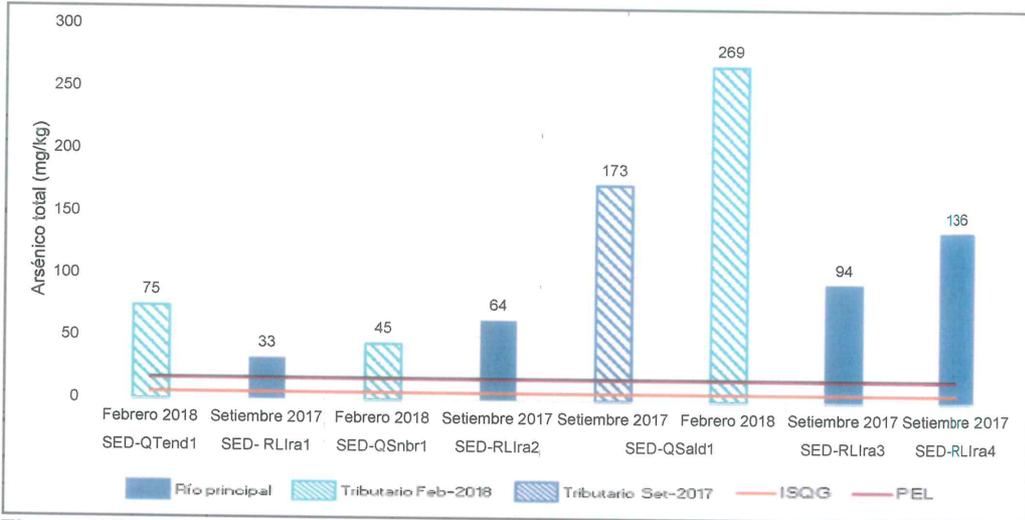


Figura 7-83. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

Además, la concentración de cadmio total superó el valor ISQG en los puntos SED-QSnbr1 (época húmeda), SED-RLIra2 y SED-RLIra4 (ambos en época húmeda), ver Figura 7-84.

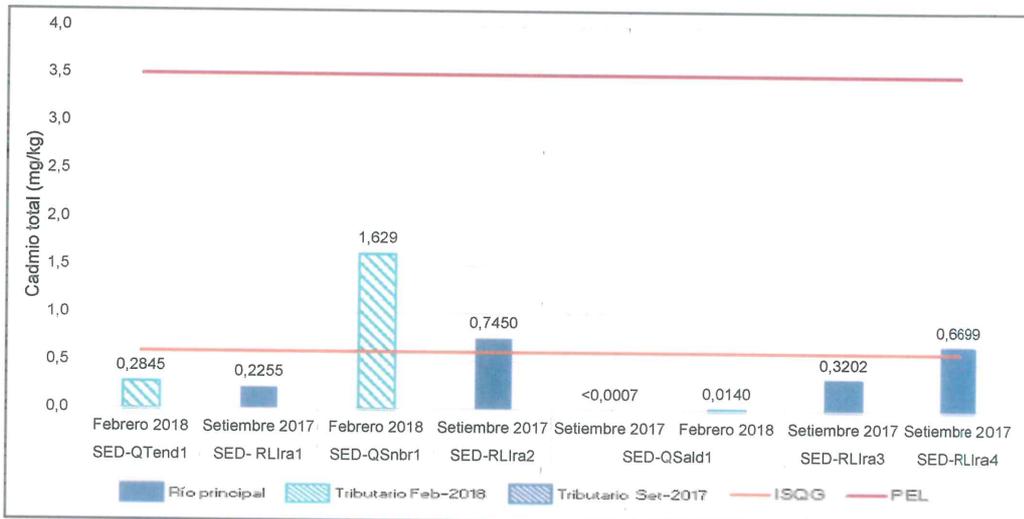


Figura 7-84. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

Todos los puntos superaron la concentración de cobre total para el valor ISQG; mientras que los puntos SED-QSnbr1, SED-RLIra2, SED-QSald1 (en ambas campañas) y SED-RLIra4, superaron el valor PEL. Para el punto SED-QSald1, la concentración de cobre total es mayor en época lluviosa que en época seca. Además, la concentración de cromo total y mercurio total para todos los puntos de muestreo no superaron la norma canadiense (ver Figura 7-85).



Handwritten blue annotations on the left margin, including an arrow pointing up, a checkmark, a star, and the initials 'LDC' at the bottom.



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

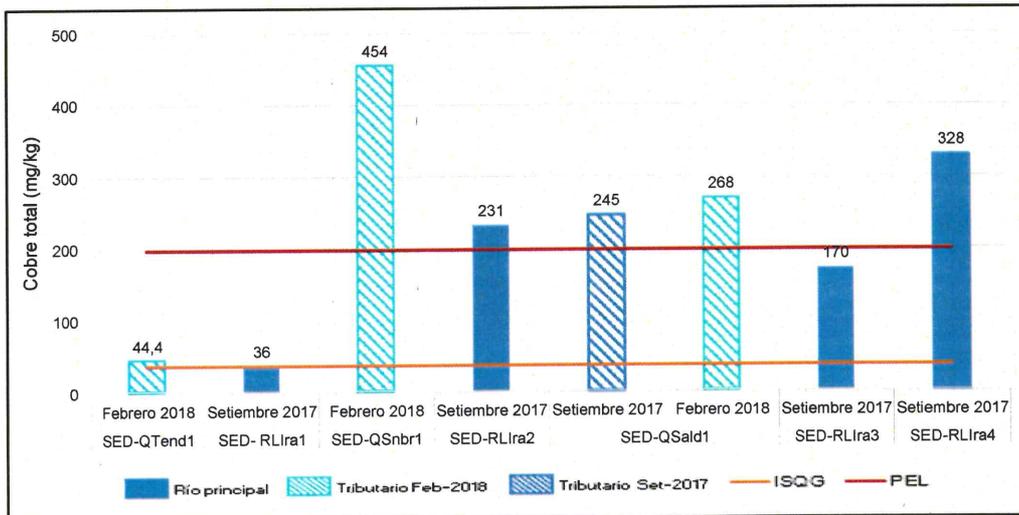


Figura 7-85. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

La concentración de plomo total superó el valor ISQG en todos los puntos de muestreo con excepción del punto SED-RLIra1 y solo el punto SED-QSnr1 superó el valor PEL; además, para el punto SED-QSald1 la concentración de este metal es mayor en época lluviosa que en época seca (ver Figura 7-86).

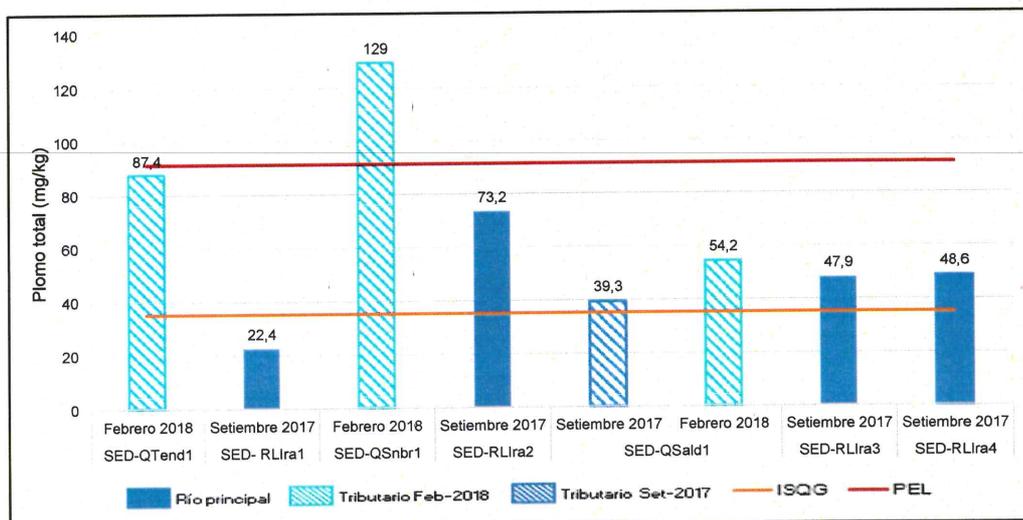


Figura 7-86 Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca La Ayraca

Mientras que la concentración de zinc total superó el valor ISQG en los puntos SED-QSnr1, SED-RLIra2 y SED-RLIra4; solo el primero superó el valor PEL en 98 % (ver Figura 7-87).

↑
 d
 W
 P
 ↗
 +
 Le



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

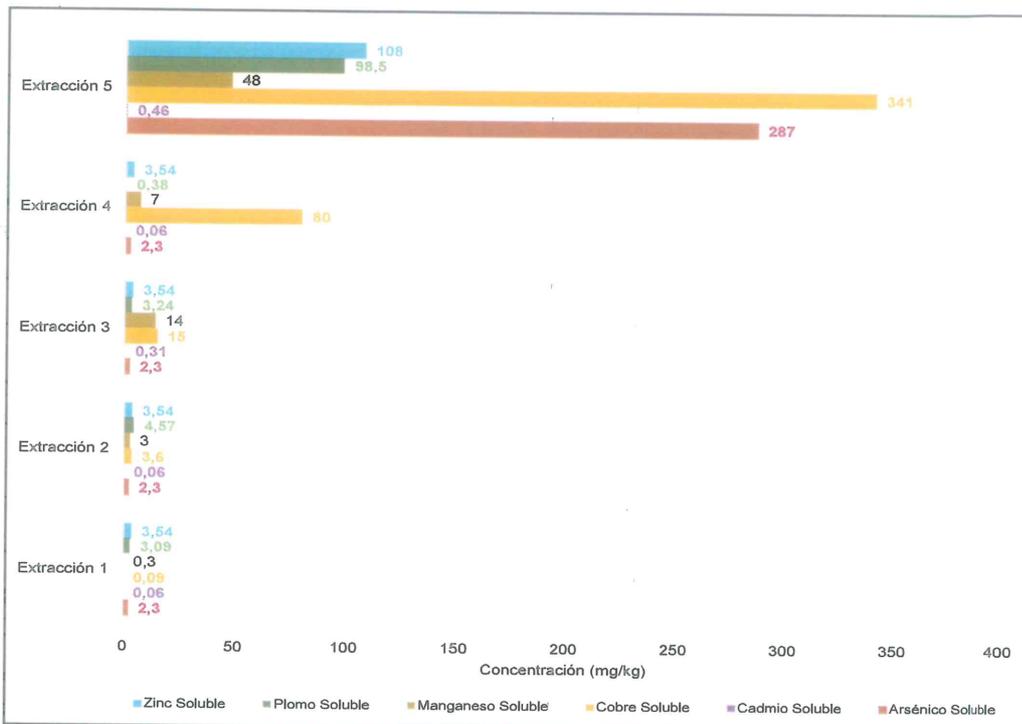


Figura 7-88. Extracciones secuenciales de zinc soluble, plomo soluble, manganeso soluble, cobre soluble, cadmio soluble y arsénico soluble; para el punto de muestreo SED-QPSald1 ubicado en la microcuenca La Ayraça



7.2.3. Zona III: Microcuenca Checós

En esta microcuenca se ha tomado sedimento solo en un punto de muestreo debido a que el resto de puntos no cumplían con las características propias del sedimento, los resultados que incumplen el estándar de la norma canadiense se presentan en la Tabla 7-59.

Para el punto SED-QChec3 la concentración de arsénico y cromo total superaron el valor ISQG de la norma canadiense, solo la concentración de arsénico total superó ligeramente el valor PEL en 6 %.

Tabla 7-59. Resultados del análisis de metales totales para los puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Checós

Parámetros	Unidad	SED-QChec3	CEQG-SQG para la protección de la vida acuática	
		Set-2017	ISQG	PEL
Arsénico total	mg/kg	18	5,9	17
Cobre total	mg/kg	49	35,7	197

: Resultado que excede el valor ISQG, pero no el Valor PEL de las CEQG-SQG
 : Resultado que excede el valor PEL de las CEQG-SQG

7.2.4. Zona IV: Microcuenca Honda

En esta microcuenca se ubican 2 puntos de muestreo, los resultados de los metales en sedimentos que excedieron la norma canadiense con la que fueron comparados se representan gráficamente a continuación.



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

La concentración de arsénico total superó el valor ISQG de la norma canadiense para todos los puntos de muestreo; y solo el punto SED-QHond2 superó el valor PEL. Mientras que para el punto SED-QHond1 la concentración de este metal es mayor en época lluviosa que en época seca (ver Figura 7-89).

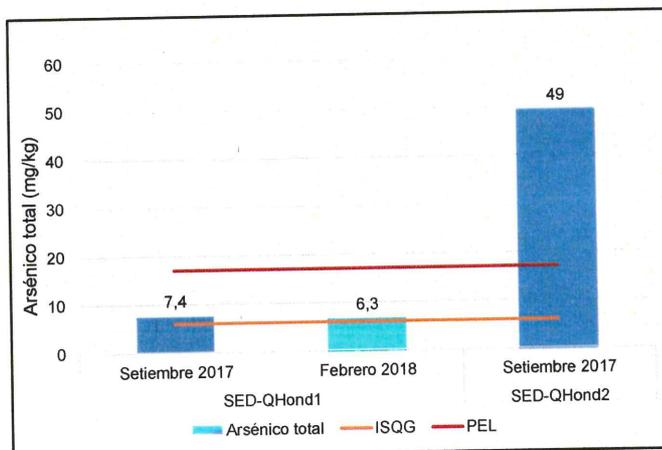


Figura 7-89. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda

Solo la concentración de cobre total para el punto de muestreo SED-QHond2 superó el valor ISQG, mas no superó el valor PEL. Mientras que para el punto SED-QHond1 la concentración de este metal es mayor en época lluviosa que en época seca (ver Figura 7-90).

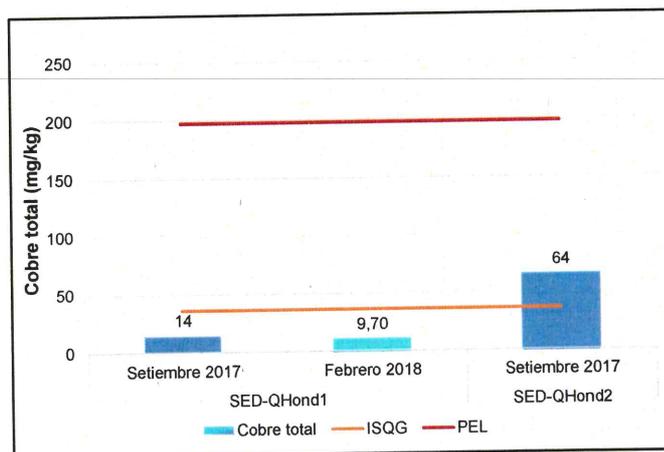


Figura 7-90. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda

Solo la concentración de plomo total para el punto de muestreo SED-QHond2 superó el valor ISQG, mas no superó el valor PEL. Mientras que para el punto SED-QHond1 la concentración de este metal es mayor en época de lluvia que en época seca (ver Figura 7-91).



Handwritten notes in blue ink: an upward arrow, a star-like symbol, the letter 'W', the letter 'P', a signature, and the letters 'LPC'.



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

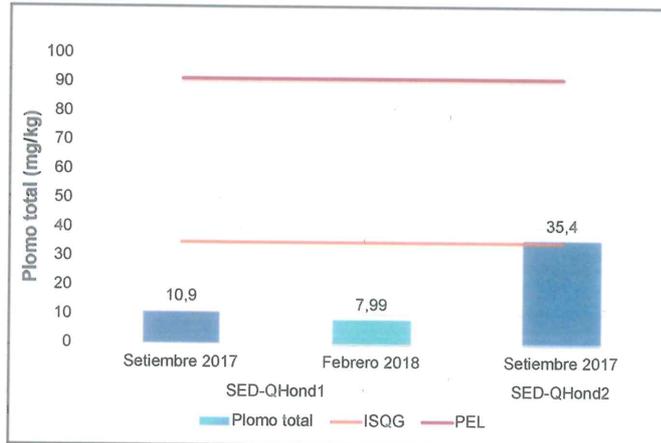


Figura 7-91. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo en la microcuenca Honda

7.2.5. Zona V: Subcuenca Paltic

En esta microcuenca se ubican 7 puntos de muestreo, considerando el punto SED-QChec3 de la microcuenca Checos y el punto SED-QHond2 de la microcuenca Honda debido a que ambos son tributarios del río Paltic; se muestran los resultados de los metales que excedieron la norma canadiense con la que fueron comparados.

La concentración de arsénico total superó el valor ISQG y el valor PEL de la norma canadiense con excepción del punto SED-QMPas1 (época de lluvia) que no superó el valor PEL (ver Figura 7-92).

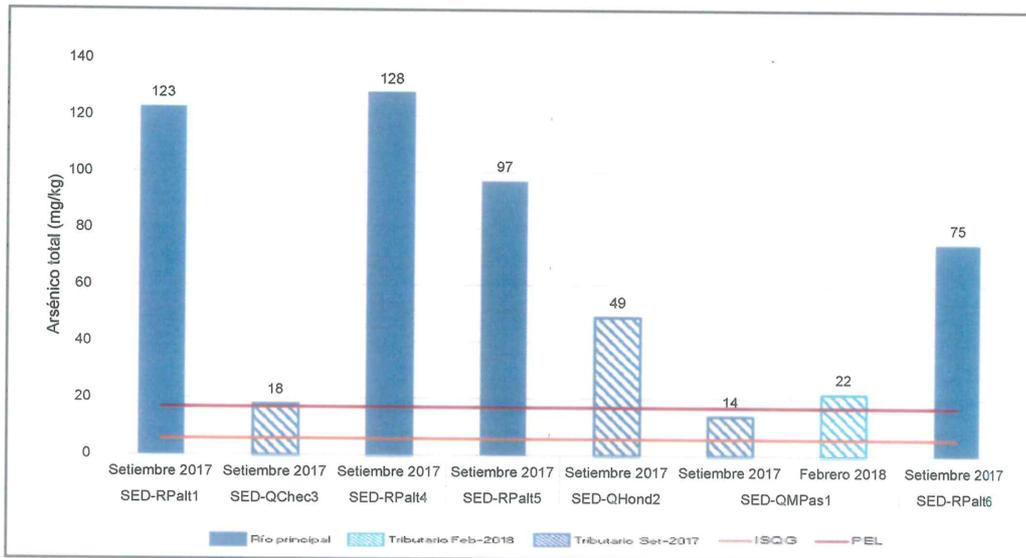


Figura 7-92. Resultados de la concentración de arsénico para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

Mientras que la concentración de cadmio total superó el valor ISQG en los puntos SED-RPalt5 y SED-QMPas1 (en ambas evaluaciones), ver Figura 7-93.



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»

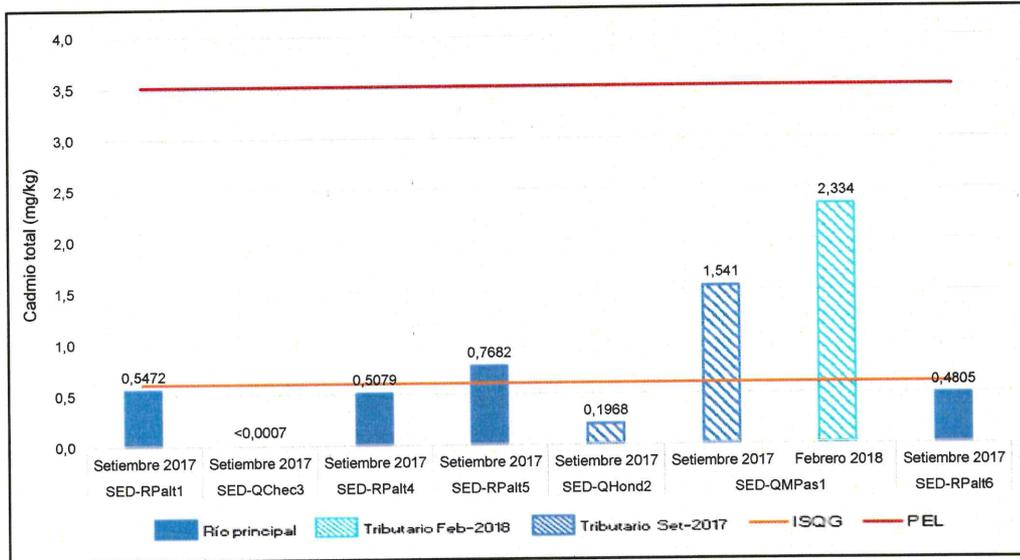


Figura 7-93. Resultados de la concentración de cadmio para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

Todos los puntos superaron la concentración de cobre total para el valor ISQG, mientras que solo el punto SED-RPalt1 superó el valor PEL en 15 %. Además, la concentración de cromo total y mercurio total para todos los puntos de muestreo no superaron la norma canadiense (ver Figura 7-94).

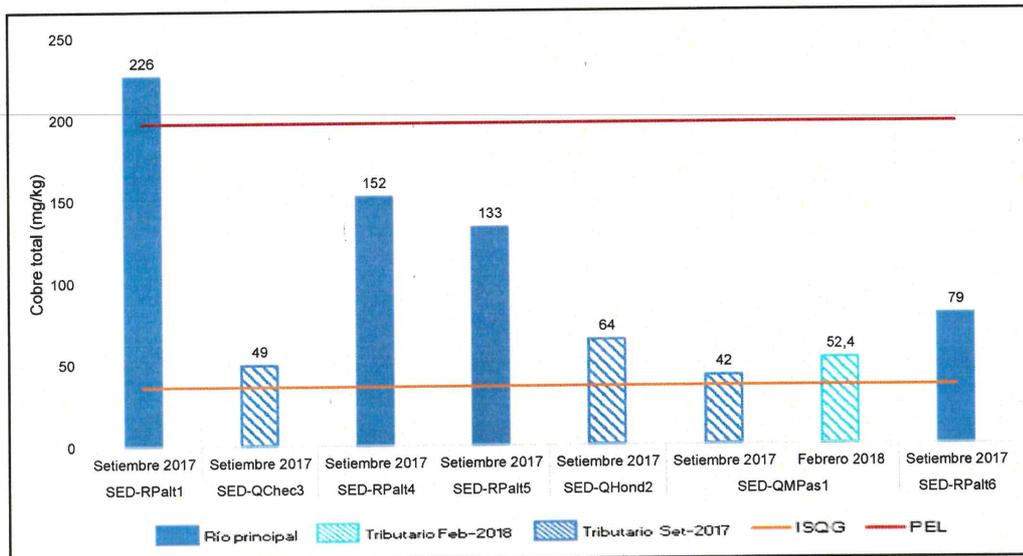


Figura 7-94. Resultados de la concentración de cobre para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

La concentración de plomo total superó el valor ISQG para todos los puntos de muestreo con excepción de los puntos SED-QChec3, y solo el punto SED-QMPas1 (en ambas evaluaciones) superó el valor PEL (ver Figura 7-95).



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

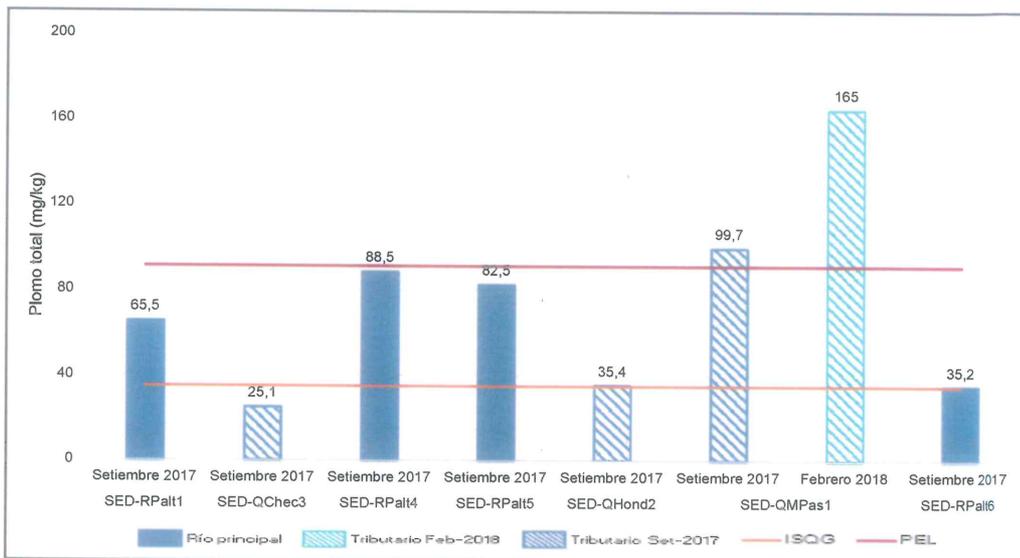


Figura 7-95. Resultados de la concentración de plomo para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

Mientras que la concentración de zinc total superó el valor ISQG para los puntos con excepción de SED-QChec3, SED-QHond2 y SED-RPalt6; y solo el punto SED-QMPas1 (época de lluvia) superó ligeramente el valor PEL en 7 % (ver Figura 7-96).

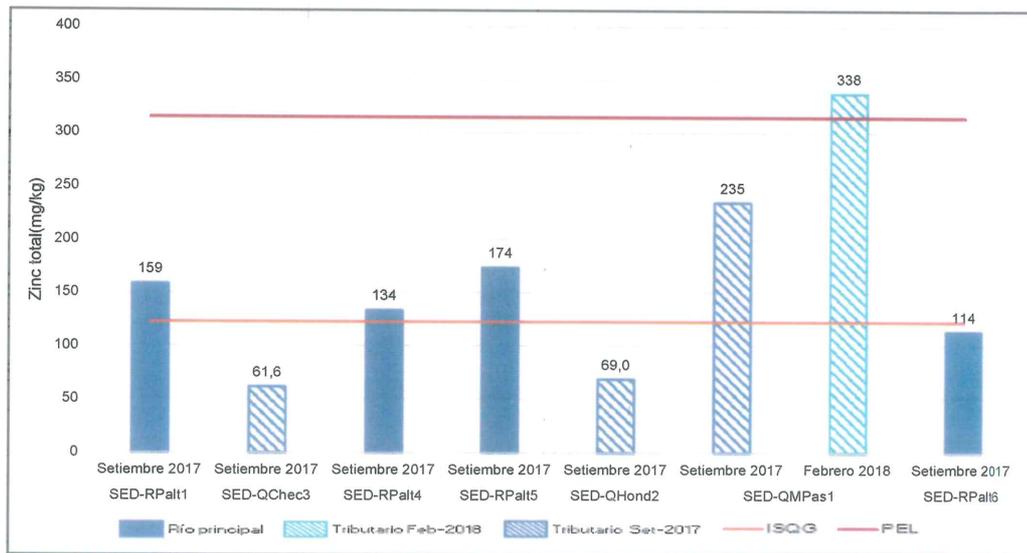


Figura 7-96. Resultados de la concentración de zinc para los puntos de muestreo ubicados en la subcuenca Paltic

Cabe señalar que para el punto de muestreo SED-QMPas1, la concentración de metales en todos los casos es mayor en época de lluvia que en época seca.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P', 'f', and 'LR'.



7.3. Estudios especializados

7.3.1. Zona I: Microcuenca La Laja

7.3.1.1. Comunidades hidrobiológicas

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de las comunidades hidrobiológicas en la microcuenca La Laja evaluada en los meses de septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia). Se tomaron un total de 9 puntos de muestreo, de los cuales 4 fueron evaluados en ambas épocas, mientras que 5 puntos en la época de lluvia.

a. Perifiton

El perifiton será analizado en sus 2 componentes: microalgas del perifiton o perifiton vegetal y microorganismos del perifiton o perifiton animal.

a.1. Microalgas

• Composición y riqueza

La muestra de microalgas en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 76 especies, las cuales están agrupadas en 33 familias, 18 órdenes y 6 clases, pertenecientes a 5 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 51 especies, Cyanobacteria con 17 especies, Chlorophyta con 4 especies, Charophyta con 3 especies y Ochrophyta con una sola especie, como se puede ver Anexo 2: Reporte de resultados N.º 004-2018-STEC.

En la Figura 7-97 se presentan los valores de riqueza o número de especies de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan los tributarios

El valor de riqueza más alto corresponde al punto de muestreo HID-QLLaj1 (parte alta de la quebrada La Laja) con 25 especies, seguida del punto HID-QPVer1 (quebrada Pampa Verde afluente por margen derecho de la quebrada La Laja) con 18 especies, ambas en la evaluación de época de lluvia, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-RLLim2 (río La Lima antes de su llegada al río Paltic, parte baja de la microcuenca La Laja) con 3 especies, en la evaluación de época de seca.

En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de especies, seguido por el phylum Cyanobacteria, excepto en el punto HID-QPSol1 donde la mayor riqueza de especies fue del phylum Cyanobacteria. El phylum de menor riqueza fue el Ochrophyta con 1 especie en el punto HID-QAPEo1 (quebrada agua del Peón) en época de lluvia.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia.



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, a checkmark, a plus sign, a letter 'P', a plus sign, a plus sign, and the initials 'LRC'.



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

Finalmente, la especie de mayor riqueza es *Hannaea arcus* presente en los puntos HID-QLLaj1 en ambas evaluaciones, y en los puntos HID-QSnbr4, HID-QSnbr2, HID-QSnbr5, HID-RLLim1, HID-QAPeo1 e HID-RLLim2 en la evaluación de época de lluvia (febrero de 2018).

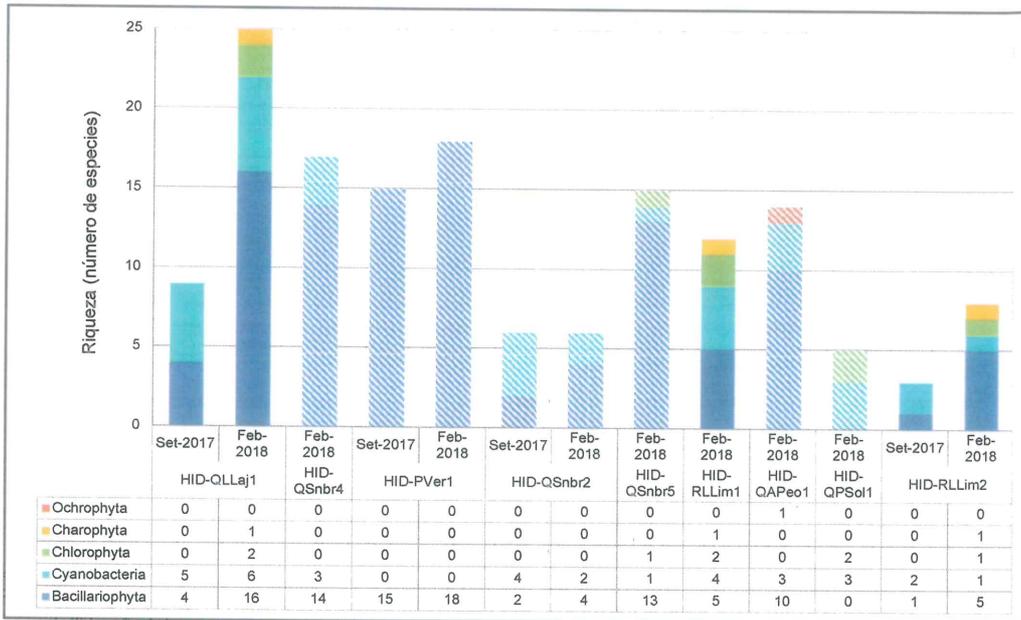


Figura 7-97. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Laja.

Abundancia

En la Figura 7-98 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los colores sólidos representan el cauce principal y las tramas los tributarios. Se aprecia que la abundancia de las microalgas está representada principalmente por 5 phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta y Ochrophyta. En todos los puntos de muestreo de ambas evaluaciones el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, con 568800 organismos, seguida del phylum Cyanobacteria con 83200 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-QLLaj1 (Parte alta de la quebrada La Laja) con 59200 organismos en la evaluación de época de lluvia, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (parte baja del río La Lima) con 4800 organismos.

No se observa una diferencia marcada en la abundancia de organismos en cuanto a época de evaluación

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Hannaea arcus* con 30400 organismos, estuvo presente en los puntos HID-QLLaj1 en ambas evaluaciones, y en los puntos HID-QSnbr4, HID-QSnbr2, HID-QSnbr5, HID-RLLim1, HID-QAPeo1 e HID-RLLim2 en la evaluación de época de lluvia.



Handwritten notes and signatures in blue ink: an arrow pointing up, the letters 'SC', 'H', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'LAC'.



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

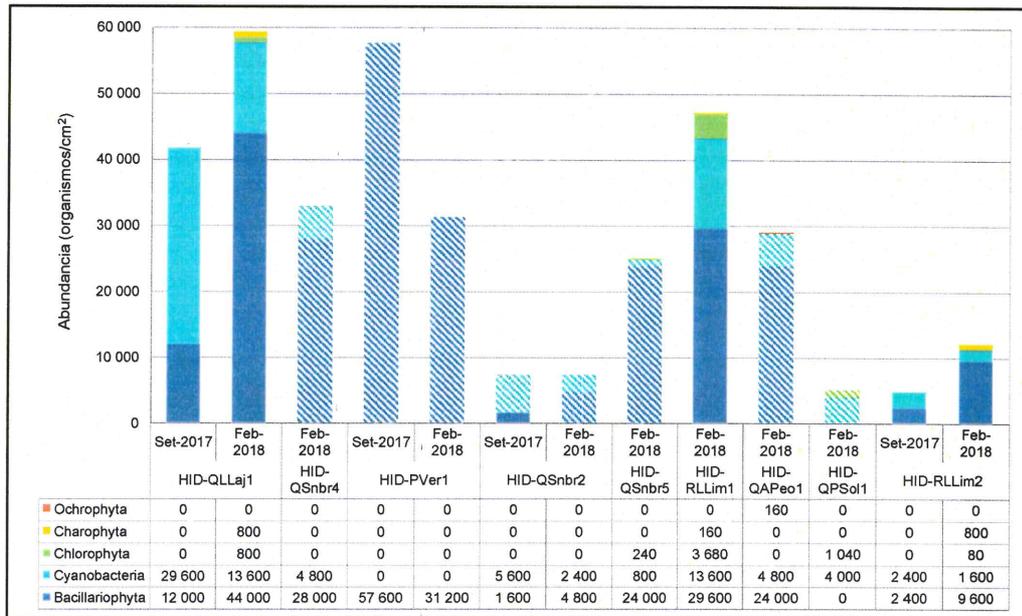


Figura 7-98. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Laja

Diversidad alfa

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-60.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en los puntos de muestreo HID-QLLaj1 e HID-QPVer1 en la evaluación de época de lluvia, mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (río La Lima) en la evaluación de época seca, resultados que también se corroboran con la densidad y abundancia en estos puntos.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QSnr2 en ambas evaluaciones, lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-60. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca La Laja

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-QLLaj1	Septiembre 2017	5,516	4,147	0,7772
	Febrero 2018	15,74	10,66	0,8562
HID-QSnr4	Febrero 2018	14,7	12,64	0,9487
HID-PVer1	Septiembre 2017	11,37	9,357	0,8978
	Febrero 2018	15,28	13,23	0,9433
HID-QSnr2	Septiembre 2017	5,67	5,400	0,9684
	Febrero 2018	5,67	5,400	0,9684
HID-QSnr5	Febrero 2018	12,21	10,3	0,9241
HID-RLLim1	Febrero 2018	7,761	6,236	0,8246
HID-QAPeo1	Febrero 2018	10,91	9,358	0,9056
HID-QPSol1	Febrero 2018	3,741	3,188	0,8197
HID-RLLim2	Septiembre 2017	2,749	2,571	0,9206

P

 *

 †

 WC



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»

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
	Febrero 2018	5,686	4,652	0,8358

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

En la Figura 7-99 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que ninguno de los puntos de muestreo muestra un porcentaje de similitud mayor al 50 %; sin embargo el punto HID-QPVer1 en sus dos evaluaciones presenta más de 40 % de porcentaje de similitud, al igual que los puntos HID-RLLim2 e HID-QSnbr2 en la evaluación de época seca, es decir, que estos puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de microalgas registradas.

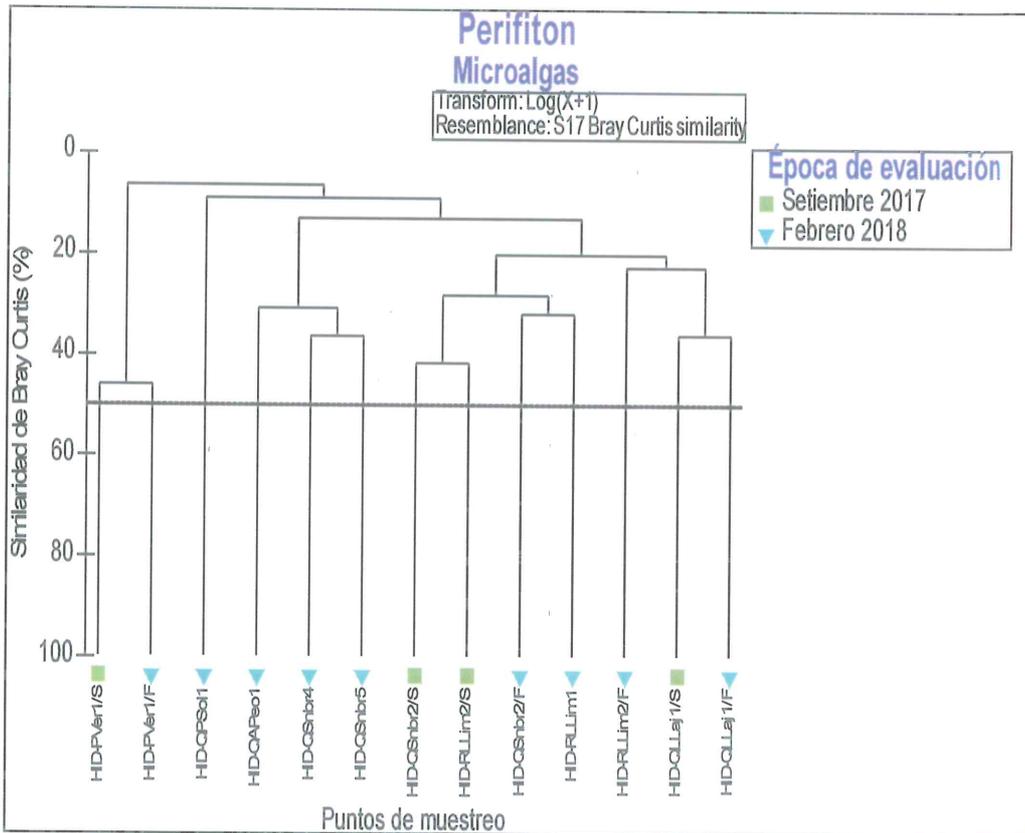


Figura 7-99. Dendrograma de similitud de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Laja

• **Análisis de componentes principales (ACP)**

Para el análisis de componentes principales (ACP) se consideraron las siguientes variables: parámetros *in situ*, tales como pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; parámetros fisicoquímicos, los metales totales en agua superficial considerados en el ECA para Agua en la categoría 3 «Riego Vegetales y Bebida de Animales» y los metales cuyos resultados son mayores a los límites de cuantificación de análisis de laboratorio. Además se realizó el análisis de componentes principales



por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y para febrero de 2018 (época de lluvia) por separado.

En la Tabla 7-61 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la microcuenca La Laja, evaluados en la época seca; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los dos componentes que fue de 96,45 %, el primer componente aportó un 68,42 % del potencial explicativo y el segundo aportó el 28,03 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: estroncio, fósforo y zinc, además, de los parámetros fisicoquímicos: sólidos disueltos totales, bicarbonatos y carbonatos; y los parámetros *in situ*: pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

Este primer componente presentó correlaciones positivas entre las concentraciones de estroncio total, fósforo total, los sólidos disueltos totales, los carbonatos y bicarbonatos con la conductividad eléctrica y el pH, lo cual indica que un aumento en la concentración del estroncio, fósforo, bicarbonatos, carbonatos y sólidos disueltos totales involucra un aumento en la conductividad eléctrica y el pH. Sin embargo, presentó una correlación negativa con el oxígeno disuelto, indicando que un aumento en la concentración del magnesio, bicarbonatos, cloruros y sólidos disueltos totales involucra una reducción del oxígeno disuelto. Además, el zinc total presentó una relación negativa con el pH y la conductividad eléctrica, por lo que un incremento en la concentración de zinc implica la disminución del pH y la conductividad eléctrica.

El segundo componente presentó una relación positiva entre la concentración de los metales totales aluminio, hierro y manganeso.

Tabla 7-61. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Laja, evaluados en la época seca

Variables		Componentes	
		1	2
Parámetros <i>in situ</i>	pH	0,961	0,000
	Oxígeno disuelto	-0,842	-0,461
	Conductividad	0,995	0
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Bicarbonatos	0,999	0
	Sólidos disueltos totales	0,997	0
	Carbonatos	0,995	0
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	-0,202	0,973
	Estroncio total	0,999	0
	Fósforo total	0,995	0
	Hierro total	0,327	0,931
	Manganeso total	-0,237	0,957
	Zinc total	-0,645	0,633
Porcentaje de explicación por componente (%)		68,42	28,03

En la Tabla 7-62 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la microcuenca La Laja, evaluados en la época de lluvia; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 2 componentes que fue de 93,31 %, el primer componente aportó un 71,44 % del potencial explicativo y el segundo aportó el 21,87 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a



conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, níquel, plomo, potasio y zinc; además, de los parámetros fisicoquímicos: sólidos totales disueltos y suspendidos, y los parámetros in situ: conductividad eléctrica. Este primer componente presentó correlaciones positivas entre los metales totales, los sólidos totales disueltos y suspendidos con la conductividad eléctrica, lo cual indica que un aumento en la concentración de los metales totales, los sólidos totales disueltos y suspendidos involucra un aumento de la conductividad.

El segundo componente presentó una relación positiva entre las concentraciones de bicarbonatos, calcio y estroncio con el pH, y negativa con la concentración del oxígeno disuelto, es decir, cuando se incrementa pH y disminuye el oxígeno disuelto hay un incremento de la concentración de los bicarbonatos, el calcio y el estroncio.

Tabla 7-62. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Laja, evaluados en la época de lluvia

Variables		Componentes	
		1	2
Parámetros in situ	pH	-0,311	0,844
	Oxígeno disuelto	0	-0,700
	Conductividad	0,960	0
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Bicarbonatos	-0,109	0,967
	Sólidos suspendidos totales (SST)	0,966	0
	Sólidos disueltos totales (SDT)	0,805	0,585
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	0,991	-0,129
	Calcio total	0,613	0,775
	Cadmio total	0,993	0,000
	Cobalto total	0,961	-0,165
	Cobre total	0,993	0
	Estroncio	0,257	0,946
	Hierro total	0,999	
	Magnesio total	0,979	0,190
	Manganeso total	0,994	0
	Níquel total	0,990	-0,107
	Plomo total	0,886	-0,251
	Potasio total	0,975	0
Zinc total	0,993	0	
Porcentaje de explicación por componente (%)		71,44	21,87

• **Análisis de correspondencia canónica (ACC)**

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de microalgas y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de microalgas así como las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP, al igual que el análisis de ACP se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia) por separado de los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja.

En la Tabla 7-63 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de septiembre de 2017, explicada por los dos ejes seleccionados fue de 93,47 %, el primer eje explicó el 67,5 % de la varianza, mientras que el segundo eje explicó el 27,97 %. Los demás



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large blue arrow pointing upwards and several initials.



ejes explicaron solamente el 6,53 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los dos primeros ejes.

Tabla 7-63. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja evaluado en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,97536	0,37522
Varianzas	Varianza explicada (%)	67,5	25,97
	Varianza acumulada explicada (%)	67,5	93,47
Correlación de las especies de microalgas	<i>Achnanthydium cf. exilis</i>	0,80927	0,599244
	<i>Cocconeis placentula</i>	-1,21265	-0,0258386
	<i>Gomphonema cf. pumilum</i>	-1,21265	-0,0258386
	<i>Navicula erifuga</i>	-1,21265	-0,0258386
	<i>Navicula angusta</i>	-1,21265	-0,0258386
	<i>Navicula symmetrica</i>	-1,21265	-0,0258386
	<i>Navicula radiosa</i>	-1,21265	-0,0258386
	<i>Phormidiochaete crustacea</i>	0,861901	-2,05111
	<i>Tapinothrix varians</i>	0,846312	-0,883437
	<i>Pseudanabaena sp. 1</i>	0,779061	2,1424
	<i>Pseudanabaena sp. 2</i>	0,842938	-0,630767
Correlación de las variables ambientales	pH	-0,914069	-0,328512
	Oxígeno disuelto	0,884614	-0,321279
	Conductividad eléctrica	-0,921742	-0,0412699
	Bicarbonatos	-0,89645	-0,389898
	Carbonatos	-0,999829	-0,173032
	Sólidos disueltos totales	-0,953978	-0,0618903
	Estroncio total	-0,997075	-0,155121
	Fósforo total	-0,999829	-0,173032
Correlación entre puntos de monitoreo	Zinc total	0,585049	0,838275
	QLLaj1	0,840432	-0,769737
	QPVer1	-1,21265	-0,0258386
	QSnbr2	0,820637	0,25447
	RLLim2	0,794569	1,3502

En la Figura 7-100 se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-63). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye el pH, la conductividad eléctrica y las concentraciones de los bicarbonatos, carbonatos, sólidos disueltos totales, estroncio y fósforo total la abundancia de las especies *Cocconeis placentula*, *Gomphonema cf. pumilum*, *Navicula erifuga*, *Navicula angusta*, *Navicula symmetrica*, *Navicula radiosa* también disminuye, lo que indica la tolerancia de estas especies a estos factores, mientras que la abundancia de las especies *Achnanthydium cf. exilis* y *Pseudanabaena sp. 2* aumenta, por lo que las hace más sensible a estos factores. Además la abundancia de las especies *Achnanthydium cf. exilis* y *Pseudanabaena sp. 2* aumenta a mayor concentración de oxígeno disuelto por lo que requieren para su desarrollo más oxígeno disuelto.



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

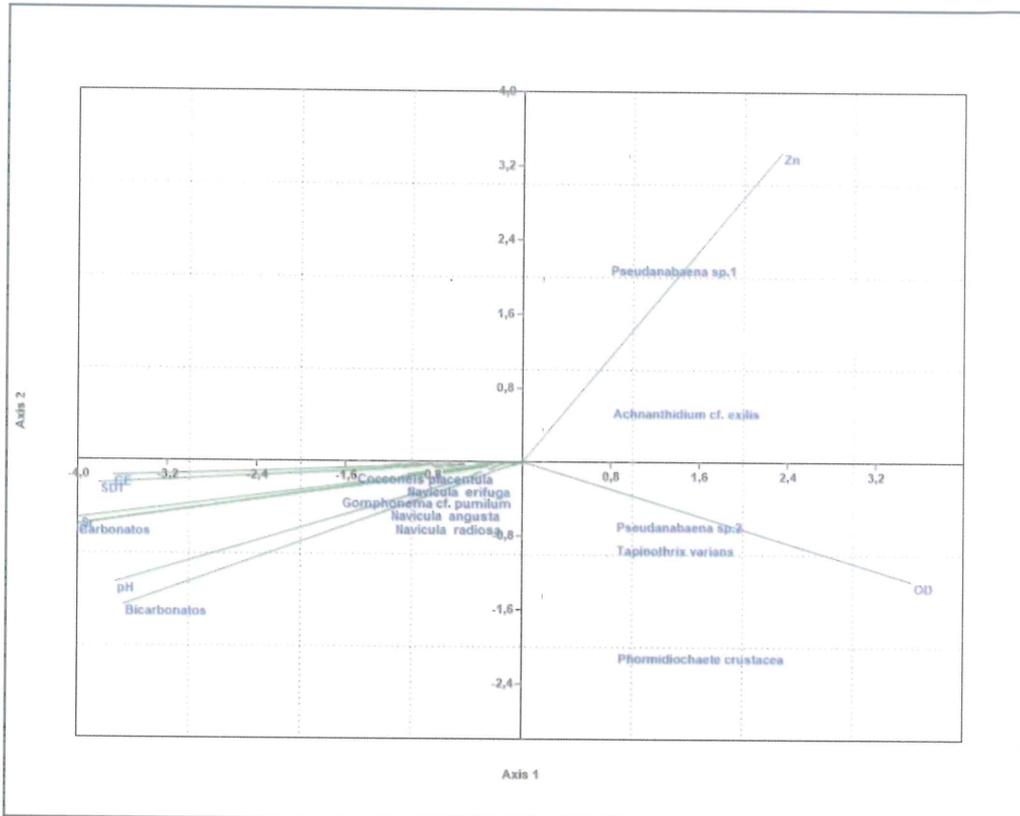


Figura 7-100. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja evaluados en la época seca

Con respecto al eje 2, a medida que aumenta concentración de zinc total en agua, aumentan progresivamente la abundancia de la especie *Pseudanabaena* sp. 1, lo que indica que esta especie tolera a este tipo de factores, mientras que la abundancia de las especies *Phormidiochaete crustacea* y *Tapinothrix varians* disminuye, lo que indica su sensibilidad a dichos factores.

En la Tabla 7-64 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de época de lluvia, explicada por los tres ejes seleccionados fue de 89,94 %, el primer eje explicó el 44,12 % de la varianza, el segundo eje explicó el 34,21 % y el tercer eje explicó el 11,61 % de la varianza. Los demás ejes explicaron el 10,06 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los tres primeros ejes.

Tabla 7-64. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,46526	0,36071	0,12244
Varianzas	Varianza explicada (%)	44,12	34,21	11,61
	Varianza acumulada explicada (%)	44,12	78,33	89,94
Correlación de las especies de microalgas	<i>Achnanthydium cf. exilis</i>	1,45134	-0,642801	-0,258005
	<i>Nitzschia gracilis</i>	-0,258426	0,991502	0,221545
	<i>Gomphonema subclavatum</i>	-0,430696	-0,0563399	-0,468253
	<i>Luticola mutica</i>	-0,642342	0,291808	-0,592774
	<i>Fragilaria capuccina</i>	-0,516683	-0,66316	0,323519
	<i>Fragilaria capuccina</i> var. <i>gracilis</i>	0,923701	1,08842	0,174999



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a star and the letters 'LTC'.



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las especies de microalgas	<i>Hannaea arcus</i>	-0,109583	-0,201687	0,276197
	Conductividad eléctrica	-0,686559	-0,371995	-0,287016
	Sólidos suspendidos totales (SST)	0,436927	0,433016	0,0307603
	Sólidos disueltos totales (SDT)	0,40101	-0,000640538	-0,438668
	Aluminio total	-0,0817973	0,63722	0,162542
	Cobre total	0,487378	-0,031272	0,343326
	Hierro total	0,434956	0,798214	-0,19479
	Magnesio total	0,409864	0,297407	-0,436149
	Manganeso total	-0,182535	0,325026	0,416933
	Níquel total	-0,310853	0,167255	0,459836
	Potasio total	0,141296	0,243638	0,174488
	Plomo total	-0,186259	0,82497	0,153532
Correlación entre puntos de monitoreo	QLLaj1	0,272621	-1,11232	-0,0875823
	QSnbr4	-0,877256	-0,488198	-0,67429
	QPVer1	2,58551	0,47746	-0,442317
	QSnbr2	0,366298	1,7695	1,83081
	QSnbr5	-0,850707	0,136496	-0,36701
	RLLim1	1,65494	-1,24823	-0,202713
	QAPeo1	-0,311151	1,0704	-0,7645
RLLim2	-0,667064	-1,19009	2,44647	

En la Figura 7-101 se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica de la evaluación de febrero de 2018 (Tabla 7-64). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta la concentración de cobre total, sólidos totales suspendidos y sólidos disueltos totales aumenta la abundancia de la especie de *Achnanthydium cf. exilis* lo que indica la tolerancia de esta especie al incremento de las concentraciones de estos factores, mientras que cuando disminuye las concentraciones de estos factores incrementa la abundancia de la especie *Luticola mutica*, lo que indica su sensibilidad.

Con respecto al eje 2, se aprecia que a medida que aumentan las concentraciones de los metales totales de aluminio, hierro, potasio y plomo aumentan progresivamente la abundancia de la especies *Fragilaria capuccina var. gracilis* y *Nitzschia gracilis*, lo que indica que esta especie tolera a este tipo de factores, mientras la abundancia de la especie *Fragilaria capuccina* disminuye, lo que indica su sensibilidad a estos factores.

Por otro lado, en el eje 3 se observa que a medida aumenta las concentraciones de níquel y manganeso total aumenta la abundancia la especie *Hannaea arcus*, reflejando su tolerancia a estos metales; mientras que la abundancia de la especie *Gomphonema subclavatum* disminuye, lo que indica su sensibilidad.



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

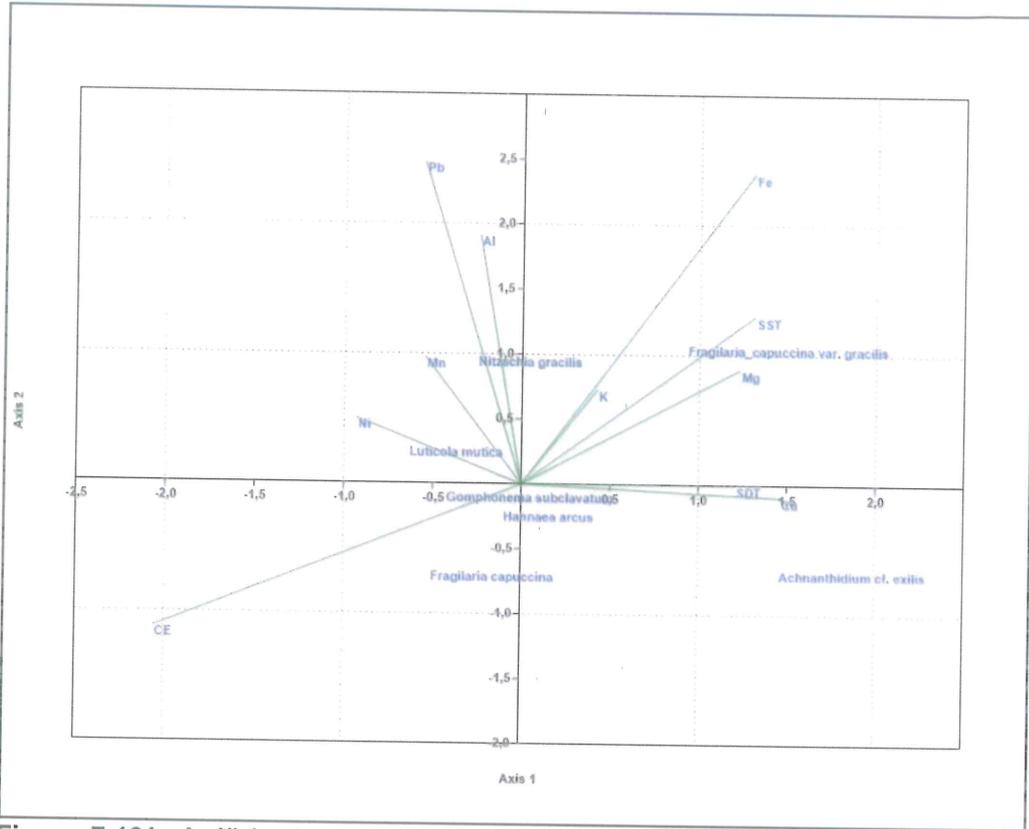


Figura 7-101. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en el mes de febrero de 2018



Handwritten notes: ↑, K, H, P, A, T, APC

a.2. Microorganismos

En relación con los microorganismos como se muestra en la Tabla 7-65, solo se reportaron 2 especies, una perteneciente al phylum Cercozoa y la otra al phylum Ciliophora en los puntos de muestreo HID-QLLaj1, HID-QSbr2 e HID-Qsnbr5. En los puntos restantes no se halló ningún organismo; además, no se calcularon índices de diversidad por haberse encontrado dos especies, lo cual es poco útil para el análisis.

Tabla 7-65. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca La Laja

Phylum	Especie	HID-QLLaj1	HID-QSbr2	HID-QSbr5
		Feb-2018	Feb-2018	Feb-2018
Organismos/cm ²				
Cercozoa	<i>Trinema</i> sp.	8	0	8
Ciliophora	<i>Euplotes</i> sp.	0	8	0
Total riqueza (S)		1	1	1
Total abundancia (N)		8	8	8

b. Macroinvertebrados bentónicos

• Composición y riqueza

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en las 2 épocas evaluadas estuvo



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

representada por un total de 46 especies, las cuales están agrupadas en 26 familias, 10 órdenes y 5 clases, pertenecientes a 3 phyla, donde se observa una notoria predominancia del phylum Arthropoda, principalmente por la presencia de organismos pertenecientes a la Clase Insecta.

En la Figura 7-102 se presentan los valores de riqueza o número de especies de los macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y las tramas, los tributarios.

El valor de riqueza más alto corresponde a los puntos de muestreo HID-QSnr5 (parte alta de la quebrada La Laja) e HID-QAPeo1 (quebrada Agua del Peón afuente por margen derecho de la quebrada La Laja) con 16 especies, ambas en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-RLLim2 (río La Lima antes de su confluencia con el río Paltic) con una especie *Anacroneuria* sp., en la evaluación de época seca.

En la mayoría de los puntos de muestreo el orden Díptera presentó el mayor número de especies, seguido por el orden Coleóptera. El orden de menor riqueza fue el Anphipoda con una especie *Hyaella* sp. en el punto de muestreo HID-QPVer1 en la evaluación de época de lluvia.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia, excepto en el punto QPVer1 con una mayor riqueza en septiembre de 2018 (época de seca).

Finalmente la especie de mayor riqueza es *Simulium* sp. presente en 6 de los puntos de muestreo.



Handwritten notes in blue ink: an upward arrow, a star, the letter 'W', the letter 'P', a plus sign, and the letters 'LC'.

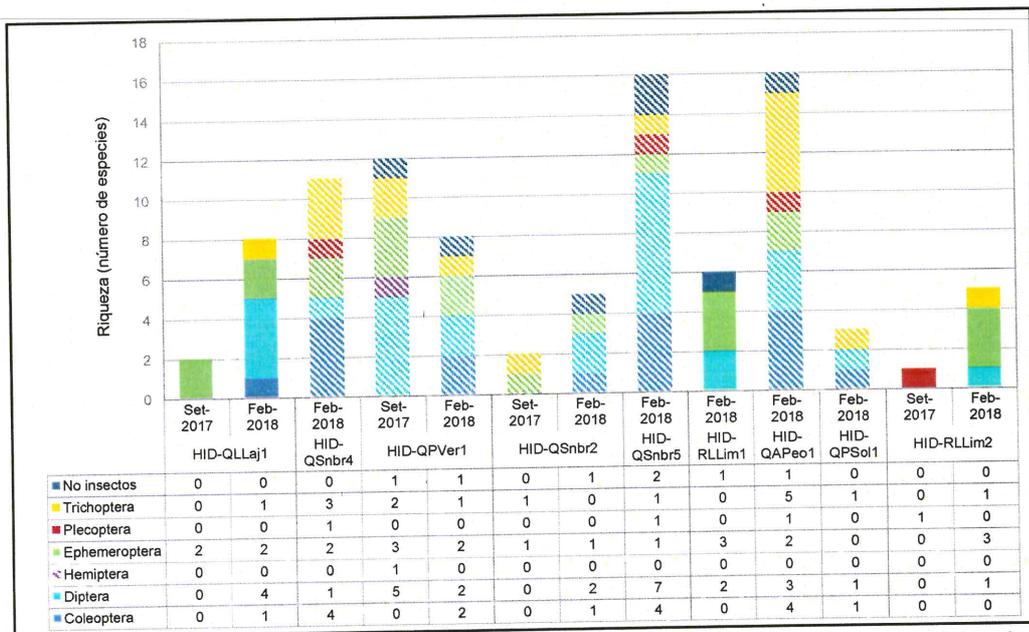


Figura 7-102. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca La Laja.



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

Abundancia

En la Figura 7-103 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.

Se aprecia que la abundancia de las macroinvertebrados bentónicos está representada principalmente por 4 órdenes: Coleoptera, Díptera, Ephemeroptera y Trichoptera, donde en los puntos de muestreo de ambas evaluaciones la abundancia estuvo representada por el orden Ephemeroptera con 168 organismos, seguida del orden Diptera con 97 organismos y el orden Trichoptera con 84 organismos.

La mayor abundancia (94 organismos) correspondió, por mucho, al punto HID-QPVer1 predominando el orden Ephemeroptera con 68 organismos, conformada principalmente por la familia Baetidae con la especie *Andesiops sp.*

En todos los puntos de muestreo la abundancia correspondió principalmente a los órdenes de insectos, destacando entre ellos Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera principalmente.

No se observa una diferencia marcada en la abundancia de organismo en cuanto a época de evaluación se refiere.

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Andesiops sp.*



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

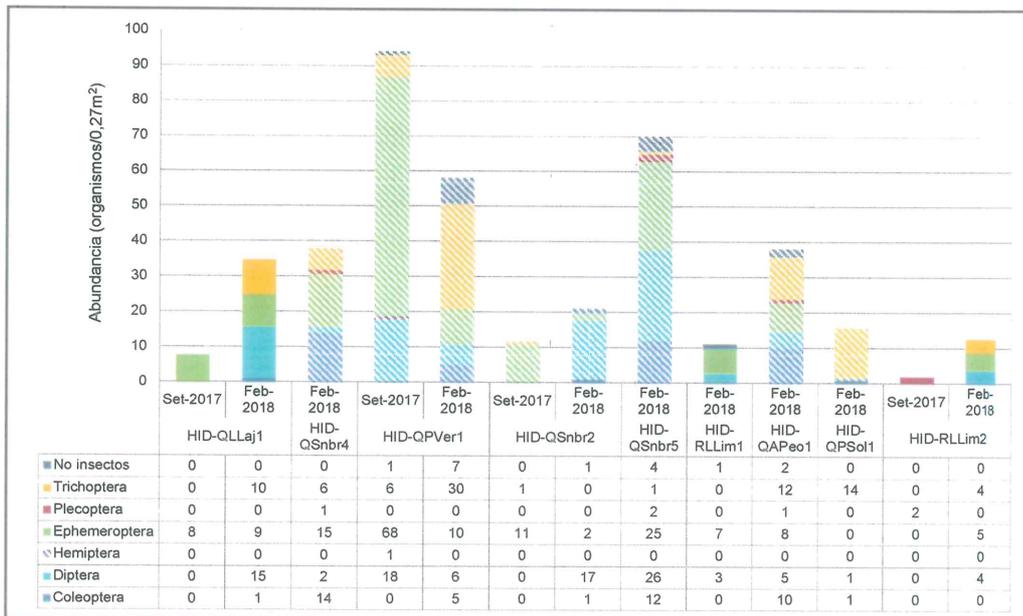


Figura 7-103. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en la microcuenca La Laja



• **Diversidad alfa**

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-66.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en los puntos de muestreo HID-QApeo1 (quebrada Agua del Peón) en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (río La Lima) en la evaluación de septiembre de 2017, resultados que también se corroboran con la densidad y abundancia en estos puntos.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QApeo1 en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias), lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-66. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca La Laja

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-QLLaj1	Septiembre 2017	1,458	1,28	0,5436
	Febrero 2018	5,313	4,422	0,8032
HID-QSnbr4	Febrero 2018	7,863	5,73	0,86
HID-PVer1	Septiembre 2017	3,202	1,945	0,4683
	Febrero 2018	4,853	3,253	0,7596
HID-QSnbr2	Septiembre 2017	1,332	1,18	0,4138
	Febrero 2018	2,378	1,677	0,5381
HID-QSnbr5	Febrero 2018	7,349	4,757	0,7194
HID-RLLim1	Febrero 2018	5,164	4,481	0,9163
HID-QApeo1	Febrero 2018	13,65	11,84	0,9426
HID-QPSol1	Febrero 2018	1,589	1,293	0,4218
HID-RLLim2	Septiembre 2017	1,0	1,0	0
	Febrero 2018	4,299	3,93	0,9061

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

: Valores máximos de índices de diversidad alfa
 : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

En la Figura 7-104 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que ninguno de los puntos de muestreo muestra un porcentaje de similitud mayor al 50 %; sin embargo los puntos HID-QLLaj1 e HID-RLLim2 en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia) presenta más de 40 % de porcentaje de similitud, es decir, que estos puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de macroinvertebrados bentónicos registradas. Los puntos de muestreo HID-QSnbr2 e HID-RLLim1 también presentan un porcentaje de similitud de especies mayor al 40 % en la evaluación de época de lluvias.



↑
K
H
P
A
f
LPC



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

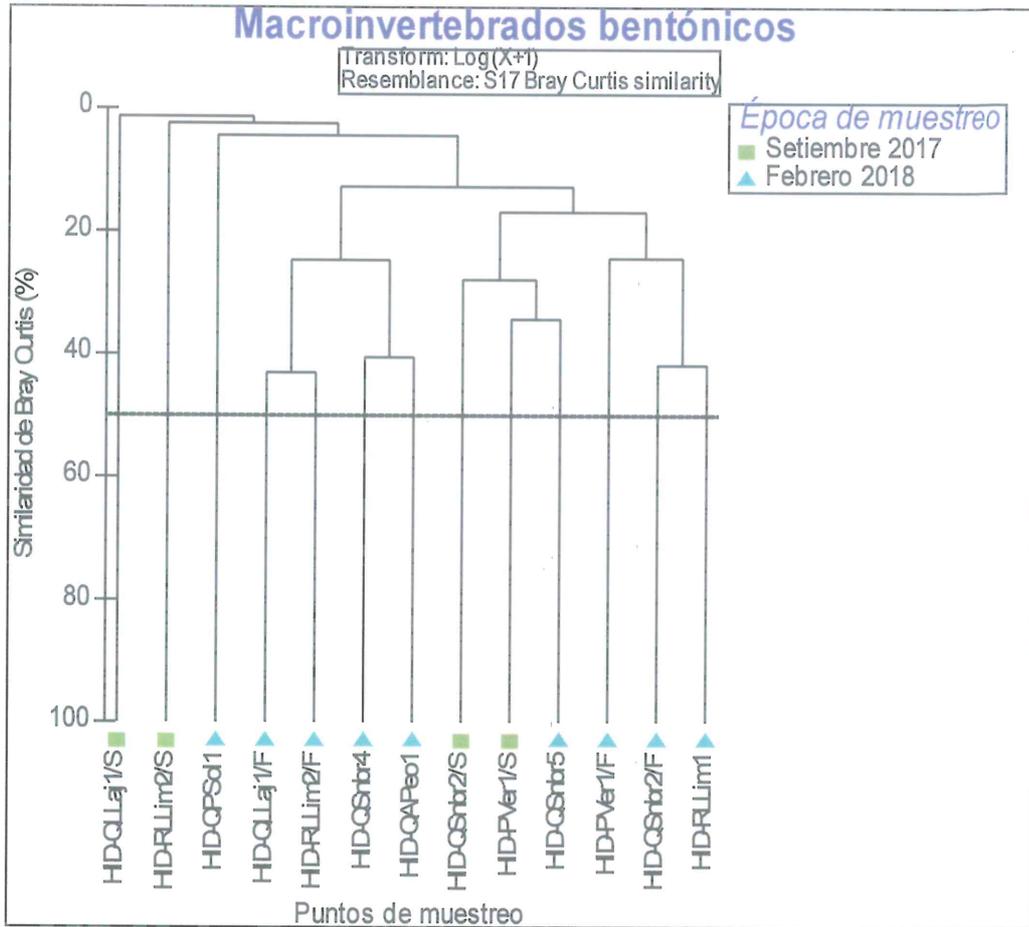


Figura 7-104. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Laja

• **Análisis de correspondencia canónica (ACC)**

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos se aplicó el análisis de correspondencia canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP realizado en el ítem de perifiton. Se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia) separados para los ríos y quebradas de la microcuenca La Laja.

En la Tabla 7-67 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales, explicada por los dos ejes seleccionados fue de 93,16 % en la evaluación de época seca, el primer eje explicó el 49,49 % de la varianza y el segundo eje explicó el 43,67 %. Los demás ejes explicaron el 6,84 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los 2 primeros ejes.



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

**Tabla 7-67.** Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		1	0,88243
Varianzas	Varianza explicada (%)	49,49	43,67
	Varianza acumulada explicada (%)	49,49	93,16
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Cricotopus</i> sp.	-0,157983	-0,410615
	<i>Pentaneura</i> sp.	-0,157983	-0,410615
	<i>Andesiops</i> sp.	-0,157983	-0,495205
	<i>Baetidae</i> ND	2,21164	1,39533
	<i>Anacroneuria</i> sp.	-2,29866	2,92354
	Leptoceridae ND	-0,157983	-0,474137
Correlación de las variables ambientales	pH	0,170738	-0,281043
	Oxígeno disuelto	0,499852	0,308178
	Conductividad eléctrica	-0,12019	-0,155539
	Bicarbonatos	0,236407	-0,294862
	Carbonatos	-0,0207101	-0,527467
	Sólidos disueltos totales	-0,109918	-0,244141
	Estroncio total	-0,0344706	-0,460511
	Fósforo total	-0,0207101	-0,527467
	Zinc total	-0,746737	0,390178
Correlación entre puntos de monitoreo	QLLaj1	2,21164	1,39533
	QPVer1	-0,157983	-0,457811
	QSnbr2	-0,157983	-0,49061
	RLLim2	-2,29866	2,92354

En la Figura 7-105, se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-67). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta la concentración de oxígeno disuelto y disminuye el metal zinc la abundancia de la especie *Baetidae* ND aumenta también, lo que indicaría la sensibilidad de esta especie a este metal.

Con respecto al eje 2, a medida que disminuye la conductividad eléctrica y las concentraciones de los bicarbonatos, carbonatos, sólidos disueltos totales, estroncio y fósforo, disminuye la abundancia de las especies *Cricotopus* sp., *Pentaneura* sp., *Andesiops* sp. y *Leptoceridae* ND y aumenta la abundancia de la especie *Anacroneuria* sp., lo que indica la sensibilidad de esta última a estos factores.



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

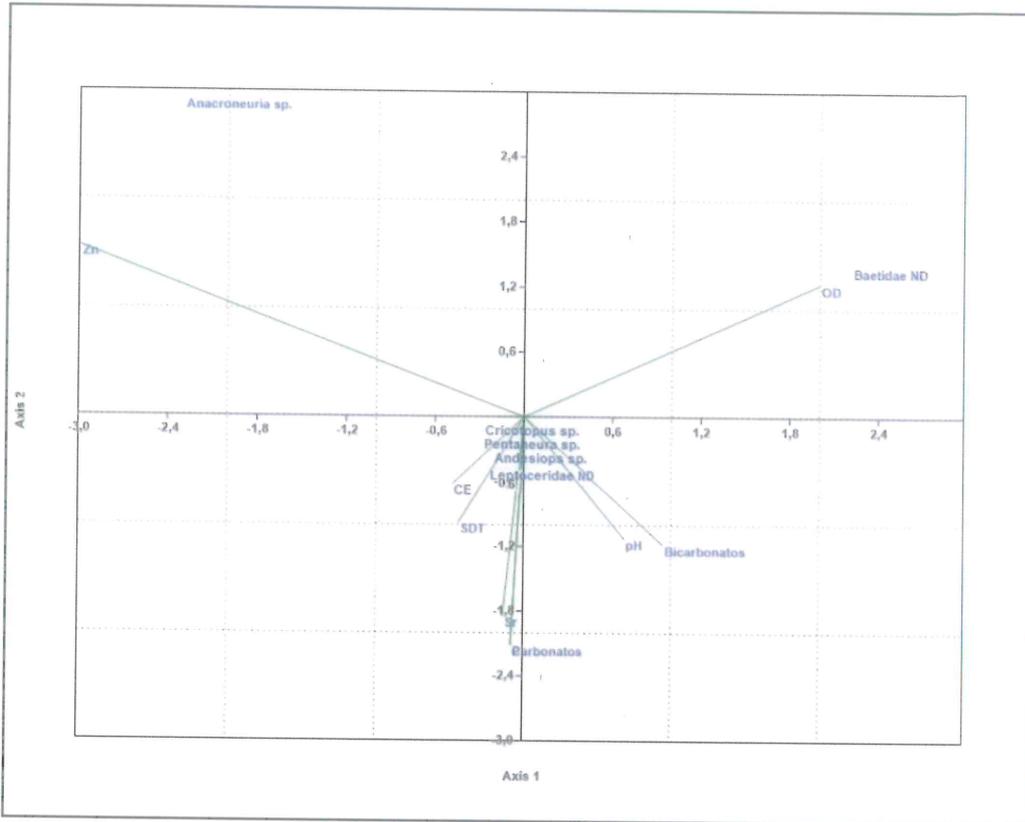


Figura 7-105. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época seca

En la Tabla 7-68 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales en la evaluación en época de lluvia fue de 84,52 %, explicada por los 3 ejes seleccionados, el primer eje explicó el 41,80 % de la varianza, el segundo eje explicó el 27,44 % y el tercer eje explicó el 15,28 % de la varianza. Los demás ejes explicaron el 12,23 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los 3 primeros ejes.

Tabla 7-68. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,51135	0,33563	0,18697
Varianzas	Varianza explicada (%)	41,80	27,44	15,28
	Varianza acumulada explicada (%)	41,80	69,24	84,52
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Austrelmis</i> sp.	0,662862	-0,551201	1,01164
	<i>Phanocerus</i> sp.	0,0662312	-1,27973	0,607611
	<i>Cricotopus</i> sp.	0,714073	2,6642	-0,389861
	<i>Simulium</i> sp.	-0,849557	0,149455	-1,05371
	<i>Andesiops</i> sp.	-1,75632	-0,259133	-0,514616
	<i>Baetodes</i> sp.	-0,691334	0,637395	2,1191
	<i>Leptohyphes</i> sp.	1,20896	-0,607057	-0,139766
	<i>Anacroneria</i> sp.	-0,0720505	-1,44967	-0,410438
	<i>Smicridea</i> sp.	1,02781	-0,020182	-0,73049
	Conductividad eléctrica	0,609916	0,515596	-0,475963



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las variables ambientales	Sólidos suspendidos totales	-0,109225	0,728817	0,188423
	Sólidos disueltos totales	0,119503	0,348248	-0,258382
	Aluminio total	0,268415	0,858733	-0,170633
	Cobre total	0,344306	0,853191	-0,326626
	Hierro total	0,256729	0,822797	-0,155902
	Magnesio total	0,194897	0,620614	-0,229284
	Manganeso total	0,338886	0,851176	-0,322514
	Níquel total	0,326366	0,857385	-0,324335
	Potasio total	0,216032	0,806821	-0,161844
	Plomo total	0,324644	0,770239	0,0502749
Correlación entre puntos de monitoreo	QLLaj1	0,674011	0,532531	-0,413683
	QSnbr4	0,765041	-0,700138	0,0487408
	QPVer1	-0,974303	-0,00036994	0,324081
	QSnbr2	0,0784381	0,871208	1,11032
	QSnbr5	-0,897863	-0,379229	-0,469205
	RLLim1	-0,773489	0,61159	0,314979
	QAPeo1	0,527601	-0,487549	0,404159
	QPSol1	0,714073	2,6642	-0,389861
	RLLim2	0,140207	0,0497454	-0,325633

En la Figura 7-106, se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los 3 ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-68). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta el conductividad eléctrica aumenta la abundancia de las especies *Austrelmis sp.*, *Leptohyphes sp* y *Smicridea sp.* y disminuye la especie *Andesiops sp.*

Con respecto al eje 2, a medida aumenta las concentraciones de sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, aluminio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, níquel, potasio y plomo aumenta también la abundancia de la especie *Cricotopus sp.*, lo que indicaría la tolerancia de esta especie a la presencia de estos factores, mientras que la abundancia de las especies *Phanocerus sp.* y *Anacroneuria sp.* disminuyen, lo que indica la sensibilidad a estos factores.

Finalmente, en el eje 3, se observa a medida que la abundancia de la especie *Simulium sp.*, disminuye la abundancia de la especie *Baetodes sp.*



↑
OK
UH
P
A
+



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

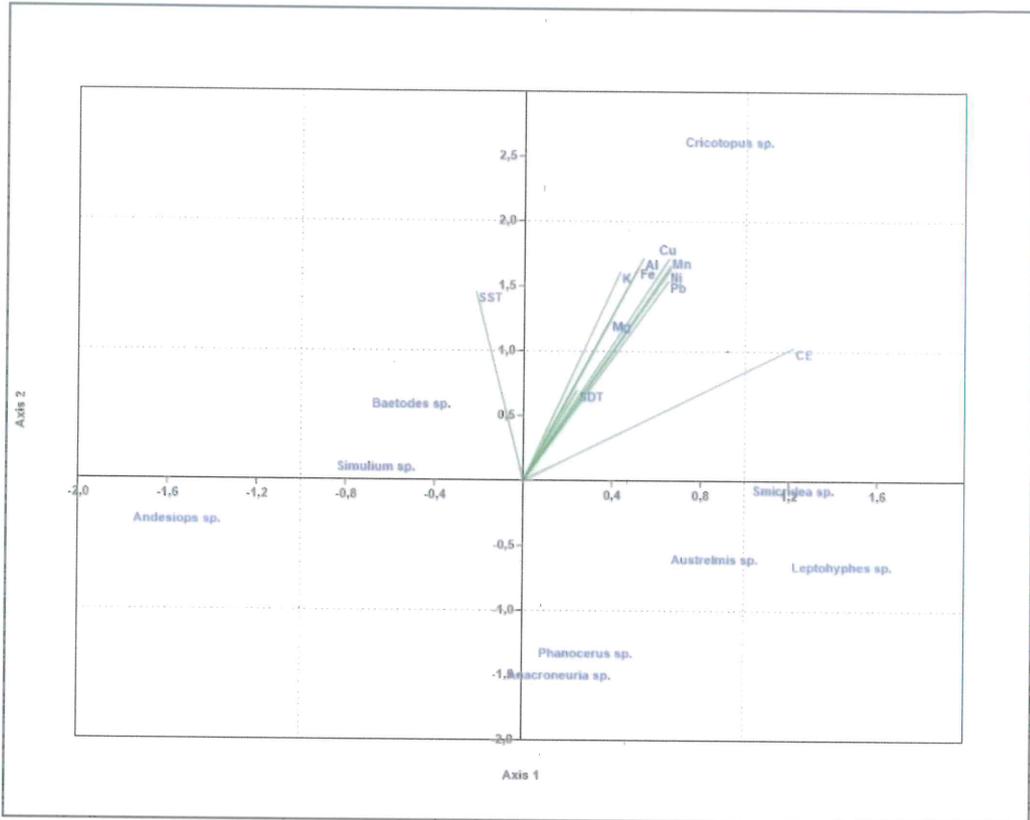


Figura 7-106. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Laja, evaluados en época de lluvia

Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua

En la Tabla 7-69 se presenta la calidad hidromorfológica obtenida de las características de hábitat en cada punto de muestreo, la calidad biológica y la calidad ecológica según el protocolo CERA-S en la microcuenca La Laja (ver Anexo 6). Los resultados de este análisis fueron tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

Se puede observar que, los puntos evaluados de acuerdo a las características de los hábitats registran una calidad mala y moderada, esto puede estar asociado a las características de los cuerpos de agua. En cuanto a la calidad biológica, el punto de muestreo HID-QApeo1 presenta buena, esto coincide con la presencia del género *Anacroneuria* sp. (Plecoptera: Perlidae).

La quebrada Pampa Verde (HID-QPVer1) presenta una calidad moderada en las dos evaluaciones realizadas, lo cual coincide con la presencia del género *Andesiops* (Ephemeroptera: Baetidae), la cual es una indicadora de buena calidad.

Tabla 7-69. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca La Laja

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-QLLaj1	Septiembre 2017	Moderada	Mala	Mala
	Febrero 2018	Excelente	Moderada	Moderada



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line and the letters 'K', 'H', 'P', 'A', 'T', 'LPC'.



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

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-QSnbr4	Febrero 2018	Moderada	Moderada	Moderada
HID-PVer1	Septiembre 2017	Buena	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Moderada	Moderada
HID-QSnbr2	Septiembre 2017	Excelente	Mala	Mala
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
HID-QSnbr5	Febrero 2018	Buena	Moderada	Moderada
HID-RLLim1	Febrero 2018	Moderada	Mala	Mala
HID-QAPeo1	Febrero 2018	Buena	Buena	Buena
HID-QPSol1	Febrero 2018	Moderada	Mala	Mala
HID-RLLim2	Septiembre 2017	Excelente	Mala	Mala
	Febrero 2018	Moderada	Mala	Mala

En la Figura 7-107 se describen el comportamiento de las especies bioindicadoras por punto de muestreo en la microcuenca La Laja. Se observó que los puntos de muestreo HID-AQPeo1 en la quebrada Agua del Peón, el que tribura por la margen izquierda al río La Lima, presenta el mayor número de especies sensibles, mientras que la quebrada sin nombre 5 (HID-QSnbr5) presenta el mayor número de especies tolerantes.

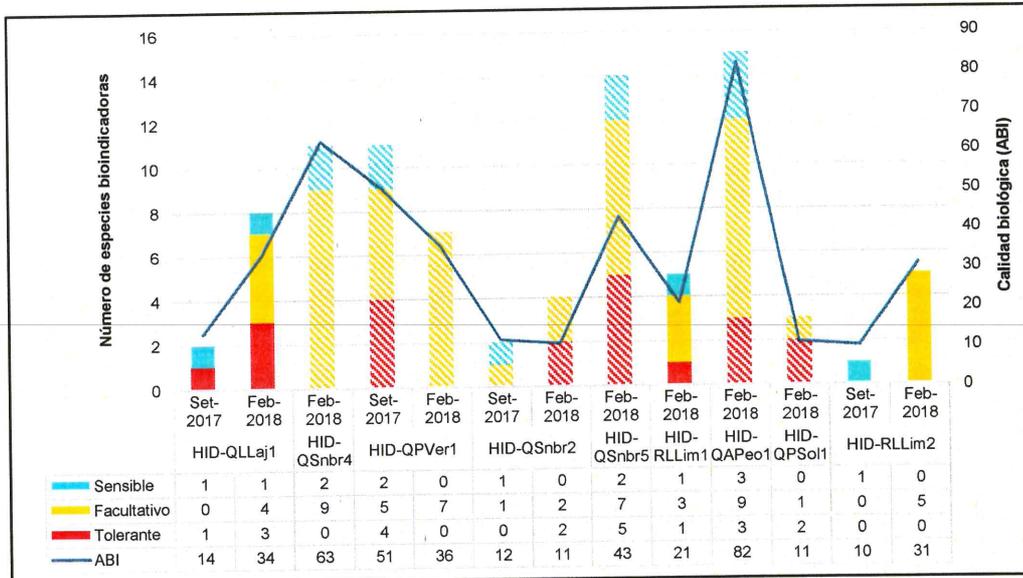


Figura 7-107. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca La Laja

d. Peces

La evaluación de la ictiofauna (peces) se realizó en febrero de 2018 (época de lluvia) mediante el uso de una red de mano o cal cal, esta comunidad solo pudo ser colectada en el punto de muestreo (HID-RLLim1) ubicado en el río La Lima. Se colectó un individuo de la especie *Astroblepus ortegai*, peces conocidos como bagres, de la familia Astroblepidae y del orden Siluriformes.

El género *Astroblepus* corresponde a bagres nativos o endémicos de las zonas altoandinas principalmente (Ortega e Hidalgo, 2008).

7.3.1.2. Caracterización geológica

Para la interpretación de las características geológicas en esta microcuenca, este



capítulo se describirá en la Subcuenca Paltic.

7.3.1.3. Evaluación hidroquímica

Para la caracterización hidroquímica en la microcuenca La Laja se han considerado los mismos puntos que para calidad de agua. Antes de realizar la evaluación hidroquímica se evalúa el cálculo del error de balance iónico y luego la representación a través de los diagramas hidroquímicos y el análisis de las relaciones iónicas, como se muestra en las subsecciones que se presentan a continuación.

Para la evaluación del balance iónico y los diagramas hidroquímicos, los cuerpos de agua superficial (ríos, quebradas, manantiales y un afloramiento cercano), las concentraciones en meq/L se calcularon y graficaron en base a los metales disueltos.

I. Error de Balance iónico (EBI)

Según la Tabla 7-70, para la microcuenca La Laja durante época seca, los puntos: QPVer1 en la quebrada Pampa Verde, QSnbr2 en la quebrada de los Derrumbes, el punto de manantial FNatu1 y el punto PPerf2 de una poza de perforación; presentaron un EBI mayor al 10 %. Con excepción del punto QPVer1, los demás puntos presentan pH ácido: 6,01, 6,50 y 6,98 respectivamente.

Asimismo, de acuerdo a la Tabla 7-71 para la microcuenca La Laja durante época de lluvia, los puntos: QSnbr2, QSnbr4, QSnbr5 en la quebrada Sin Nombre; los puntos RLLim1 y RLLim2 en el río La Lima; el punto QPSol1 en la quebrada Peña Brava, el punto de manantial FNatu6, y el punto PPerf2 de una poza de perforación; presentaron un EBI mayor al 10 %. Con excepción de los puntos QSnbr4 y PPerf2, los demás puntos presentan pH ácido, siendo los valores menores en los puntos QSnbr2 (pH = 5,77) y FNatu6 (pH = 5,81).



↑
*
H
P
+
+
LC



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 7-70. Error de balance iónico de la microcuenca La Laja en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca

Table with 21 columns: Punto de muestreo, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCat, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCa, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, EBI. Rows include QLLaj1, QPVer1, QSnbr2, RLLim2, FLIra1, FNatu1, FNatu6, PPerf2.

Ca2+: Calcio disuelto, Mg2+: Magnesio disuelto, K+: Potasio disuelto, Na+: Sodio disuelto, HCO3-: Bicarbonatos, Cl-: cloruros, SO42-: sulfatos y NO3-: Nitratos.

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El balance iónico se calculó en base a los metales disueltos

Tabla 7-71. Error de balance iónico de la microcuenca La Laja en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia

Table with 21 columns: Punto de muestreo, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCat, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCa, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, EBI. Rows include QLLaj1, QLLaj1, QSnbr2, QSnbr4, QSnbr5, RLLim1, RLLim2, QAPeo1, QPSol1, FLIra1, FNatu1, FNatu6, PPerf2.

Ca2+: Calcio disuelto, Mg2+: Magnesio disuelto, K+: Potasio disuelto, Na+: Sodio disuelto, HCO3-: Bicarbonatos, Cl-: cloruros, SO42-: sulfatos y NO3-: Nitratos.

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El balance iónico se calculó en base a los metales disueltos



Handwritten blue marks and signatures on the left margin.



II. Diagramas hidroquímicos

Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones (NO_3^{-2} , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.

También se presentan los diagramas compuestos por tres ejes paralelos conocidos como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en cuatro rangos de valores hidroquímicos predominantes con respecto a los iones bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^+) y/o sulfatos (SO_4^-) en meq/L: de 0 a 0,5; de 0,5 a 1, de 1 a 1,5; de 1,5 a 2, de 2 a 2,5 y de 2,5 a 3.

II.1. Diagrama de Piper

Los resultados mostrados en la Figura 7-108a para el muestreo realizado en época seca indican que en las quebradas La Laja (QLLaj1), quebrada Pampa Verde (QPVer1) y el punto en manantial La Ayraca (FLira1) en el manantial natural (FNatu1) son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en la quebrada La Laja (QLLaj1), en la quebrada de los Derrumbes (QSnbr2), en el río La Lima (RLlim2), el manantial natural (FNatu6) y el afloramiento cercano a una plataforma de perforación (PPerf2), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas. La quebrada de Los Derrumbes (QSnbr2) se encuentra en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatada, según los porcentajes de aniones que registra:

QSnbr2: 44,95 % de Ca^{2+} y 30,77 % Na^+

El manantial La Ayraca (FLira1) se encuentra en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de aniones que registra:

FLira1: 47,72 % de Ca^{2+} y 35,10 % Na^+

Los resultados mostrados en la Figura 7-108b para el muestreo realizado en febrero de 2018 indican que en las quebradas La Laja (QLLaj1), quebrada Pampa Verde (QPVer1), quebrada sin nombre (QSnbr4), quebrada Agua del Peón (QPeo1) y el río La Lima (RLlim1); y los puntos en manantiales son aguas de faices bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en la quebrada Peña Brava (QPSol1), la quebrada de los Derrumbes (QSnbr2), el río La Lima (RLlim2) y el afloramiento cercano a la plataforma de perforación (PPerf2), son aguas de faices sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas. La quebrada sin nombre (QSnbr5) se encuentra en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatada, según los porcentajes de aniones que registra:

QSnbr5: 47,37 % de Ca^{2+} y 18,2 % Na^+

El manantial natural (FNatu6) se encuentra en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de aniones que registra:

FNatu6: 49,81 % de Ca^{2+} y 25,95 % Na^+



Handwritten marks on the left margin: an arrow pointing up, a star, a plus sign, a 'P', another star, a plus sign, and the initials 'LRC'.



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»

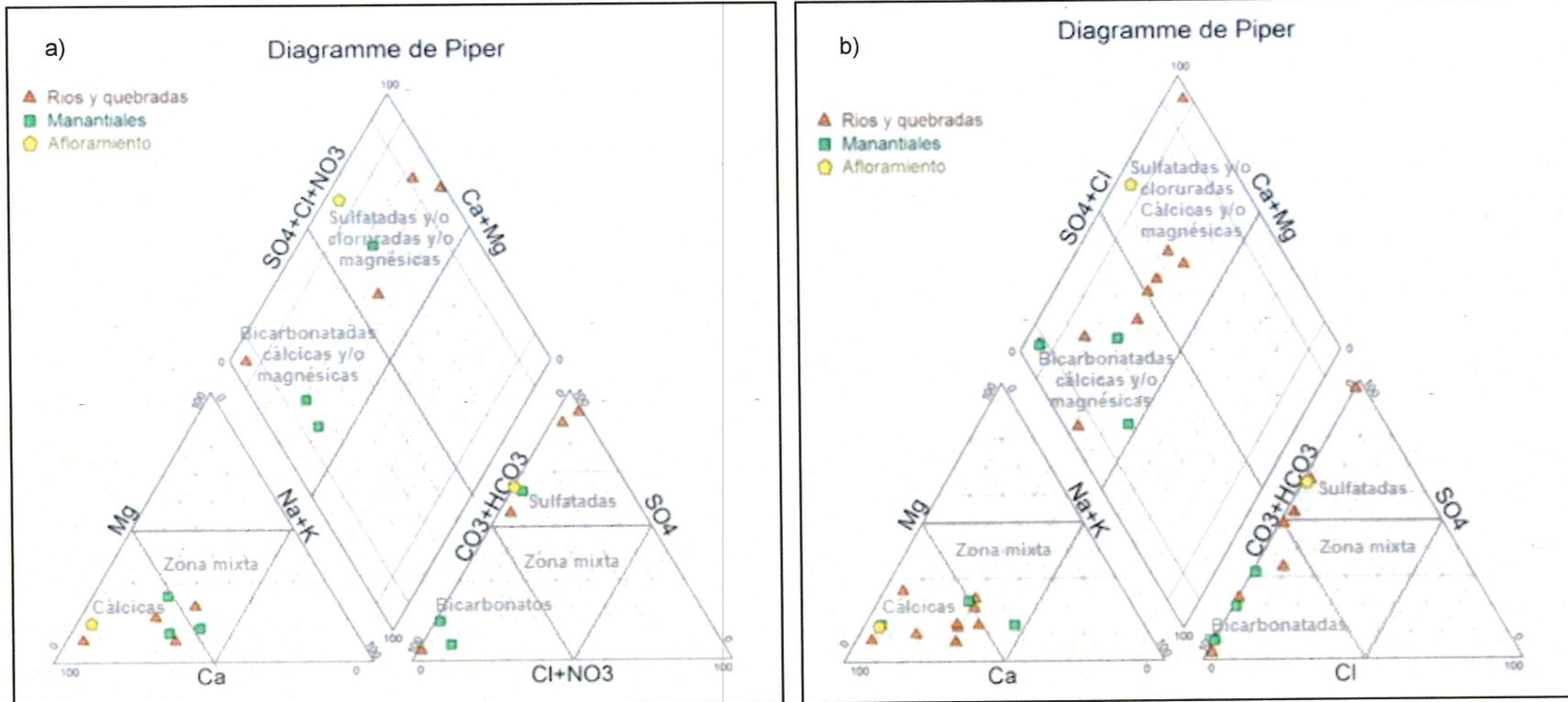


Figura 7-108. Diagrama de Piper de manantiales, afloramiento, quebradas y ríos de la microcuenca La Laja a. época seca y b. época de lluvia





II.2. Diagrama de Stiff

En la Figura 7-109a se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época seca:

- 0 a 0,2 meq/L: Quebrada La Laja (QLLaj1) con 0,19 como promedio de Ca^{2+} y 0,18 de SO_4^{2-} , y en la quebrada de los Derrumbes (QSnbr2) con 0,07 como promedio de Ca^{2+} y 0,10 de SO_4^{2-} .
- 0,2 a 0,4 mg/L: Río La Lima (RLLim2) con 0,25 como promedio de Ca^{2+} y 0,32 de SO_4 y el manantial La Ayraca (FLira1) con 0,20 como promedio de Ca^{2+} y 0,31 de HCO_3^- .
- 0,4 a 0,6 meq/L: Manantial (FNatu6) con 0,45 para Ca^{2+} y 0,52 para de SO_4^{2-} .
- 0,6 a 2 meq/L: Manantial (FNatu1) con 1,14 para Ca^{2+} y 0,91 de HCO_3^- y la quebrada Pampa Verde (QPVer1) con 2,12 para Ca^{2+} y 1,89 de HCO_3^- .
- 2 a 4 meq/L: Poza de perforación (PPerf2) con 3,98 para Ca^{2+} y 2,41 para SO_4^{2-} .

Con respecto a los resultados anteriores, se debe indicar que los cuerpos con menores valores de mineralización fueron la quebrada sin nombre 2 y La Laja 1, los cuales registraron valores promedios similares de sulfatos, mientras que el afloramiento (PPerf2) registró mayor valor promedio de calcio.

De acuerdo a la Figura 7-109b, continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época de lluvia:

- 0 a 0,1 meq/L: Quebrada de los Derrumbes (QSnbr2) con 0,10 como promedio de Ca^{2+} y 0,10 de SO_4^{2-} y en la quebrada Sin Nombre (QSnbr5) con 0,08 de Ca^{2+} y 0,06 de SO_4^{2-} .
- 0,1 a 0,2 mg/L: Río La Lima (RLLim1) con 0,10 de Ca^{2+} , 0,10 para HCO_3^- y 0,11 para SO_4^{2-} ; la quebrada Agua del Peón (QAPeo1) con 0,14 de Ca^{2+} y 0,20 de HCO_3^- ; y la quebrada La Laja (QLLaj1) con 0,14 de Ca^{2+} y 0,19 de HCO_3^- .
- 0,2 a 0,3 meq/L: Río La Lima (RLLim2) con 0,13 de Ca^{2+} y 0,27 para SO_4^{2-} ; manantial (FNatu6) con 0,13 de Ca^{2+} y 0,23 para HCO_3^- ; y el manantial en la Ayraca (FLira1) con 0,13 de Ca^{2+} , 0,14 Na^+ y 0,28 para HCO_3^- .
- 0,3 a 1 meq/L: Quebrada (QSnbr4) con 0,52 de Ca^{2+} y 0,75 para de HCO_3^- .
- 1 a 3 meq/L: Quebrada Pampa Verde (QPVer1) con 1,76 para Ca^{2+} y 2,23 para de HCO_3^- ; quebrada Peña Brava (QPSol1) con 1,42 para Ca^{2+} y 2,76 para SO_4^{2-} ; el Manantial (FNatu1) con 1,03 para Ca^{2+} y 1,34 para de HCO_3^- y el afloramiento cercano al pasivo ambiental (PPerf2) con 2,94 para Ca^{2+} y 2,82 para SO_4^{2-} .

Con respecto a los resultados anteriores, se debe indicar que los cuerpos con menores valores de mineralización fueron la quebrada sin nombre 2 y 5 los cuales registraron valores promedios similares de carbonatos; mientras que, el afloramiento (PPerf2) registró mayor valor promedio de calcio.



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing to the stamp, and the initials 'LRC' 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»



1
K
W
P
A
T
HC

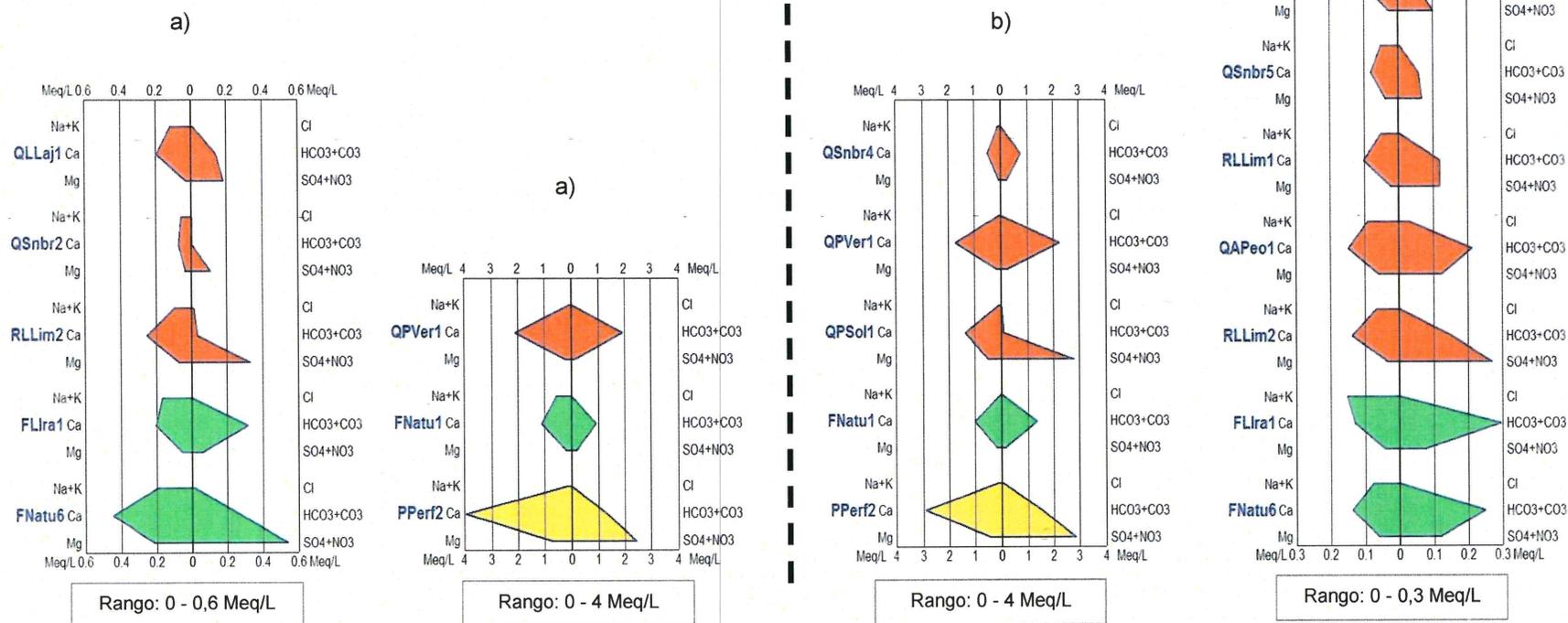


Figura 7-109. Diagrama de Stiff en manantiales, afloramiento, quebradas y ríos de la microcuenca La Laja a) época seca y b) época de lluvia



II.3. Diagramas de Schöeller Berkaloff

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-110 en el muestreo realizado en época seca, el punto PPerf2 registro las mayores concentraciones del catión calcio (Ca^{2+}) y el anión sulfato (SO_4^{2-}). Asimismo, la quebrada Pampa Verde presenta la mayor concentración del anion bicarbonato ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$).

En tanto, las quebradas La Laja, Pampa Verde, La Lima 2, poza de perforación 2 y los manantiales naturales 1 y 6, mostraron similares concentraciones de cloruros (Cl⁻); siendo la mayor concentración en el afloramiento PPerf2. Asimismo, la quebrada La Laja y el río La Lima 2, mostraron similares concentraciones de Sodio y Potasio ($K^+ + Na^+$), siendo la mayor concentración en el manantial natural 1.

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-110 en el muestreo realizado en época de lluvia, los puntos PPerf2 y QPVer1 registraron las mayores concentraciones del catión calcio (Ca^{2+}) y el anión sulfato (SO_4^{2-}). Asimismo, el punto QPVer1 presenta la mayor concentración del anion bicarbonato ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$).

En tanto, las quebradas y los manantiales (a excepción de la quebrada Agua del Peón), mostraron similares concentraciones de cloruros (Cl⁻); siendo la mayor concentración en el afloramiento cercano al pasivo minero (PPerf2). Asimismo, la quebrada sin nombre 5 y el río La Lima 1, mostraron similares concentraciones de Sodio y Potasio ($K^+ + Na^+$), siendo la mayor concentración en el afloramiento cercano al pasivo minero (PPerf2). Finalmente, la quebrada Peña Brava y el afloramiento cercano al pasivo minero (PPerf2), mostraron las mayores y similares concentraciones de Sulfatos (SO_4^{2-}).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including 'P', 'A', and 'LRC'.

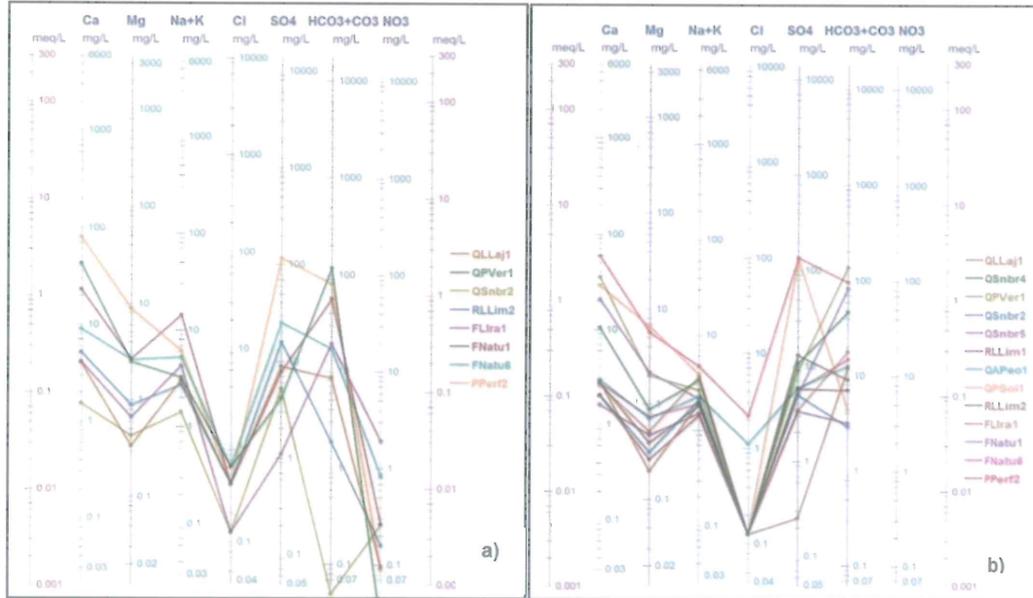


Figura 7-110. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la microcuenca La Laja a) época seca y b) época de lluvia

II.4. Relaciones iónicas

En esta subsección se establece la relación del catión calcio (Ca^{2+}) con el anión Carbonato (HCO_3^-) y el anión sulfato (SO_4^{2-}) con el manganeso (Mn), de manera que



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»

se puedan diferenciar o agrupar los puntos de muestreo en razón a la proporcionalidad y concentración de los citados iones

De acuerdo a la Figura 7-111, los puntos en manantiales de la relación de calcio y carbonatos fueron cercana a la pendiente con coeficiente de determinación 0,66 y 0,58 para época seca y húmeda, respectivamente. Asimismo, la Figura 7-112, los puntos en manantiales y quebradas de la relación de sulfatos y manganesos fue cercana a la pendiente con coeficiente de determinación 0,92 y 0,43 para época seca y de lluvia respectivamente.

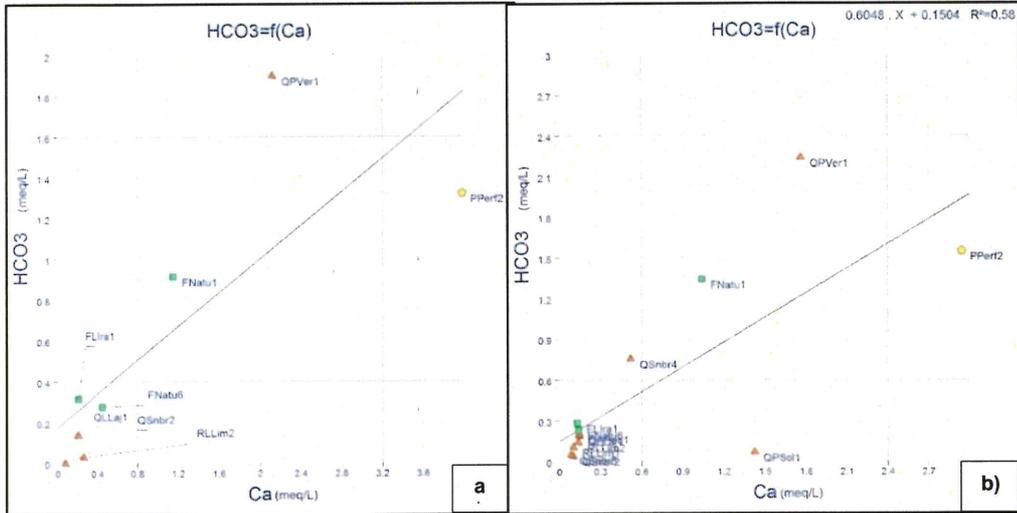


Figura 7-111. Relación calcio (Ca^{2+}) y carbonatos (HCO_3^-), a. época seca y b. época de lluvia

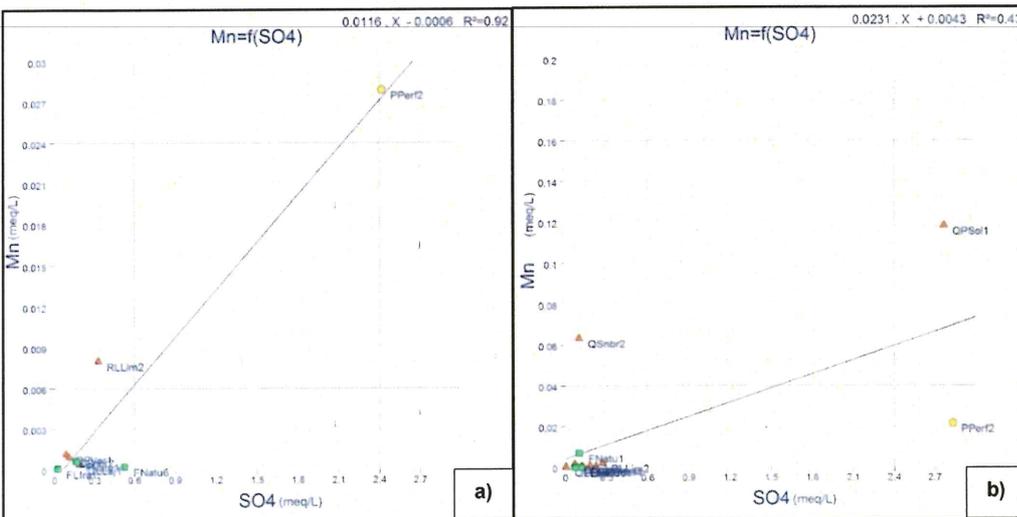


Figura 7-112. Relación sulfato (SO_4^{2-}) y manganeso (Mn), a) época seca y b) época de lluvia



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including an arrow pointing up, a star, and several scribbles.

II.5. Diagrama de Ficklin

Para este análisis se realizó la clasificación de los resultados de metales disueltos en agua con el diagrama de Ficklin (Figura 7-113). De esta clasificación, los puntos evaluados en los ríos, quebradas, manantiales y el afloramiento cercano a los pasivos mineros presentan características de neutrales y concentraciones bajas



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

de metales, excepto en el punto en la quebrada Peña Brava (QPSol1) que presenta altas concentraciones de metales.

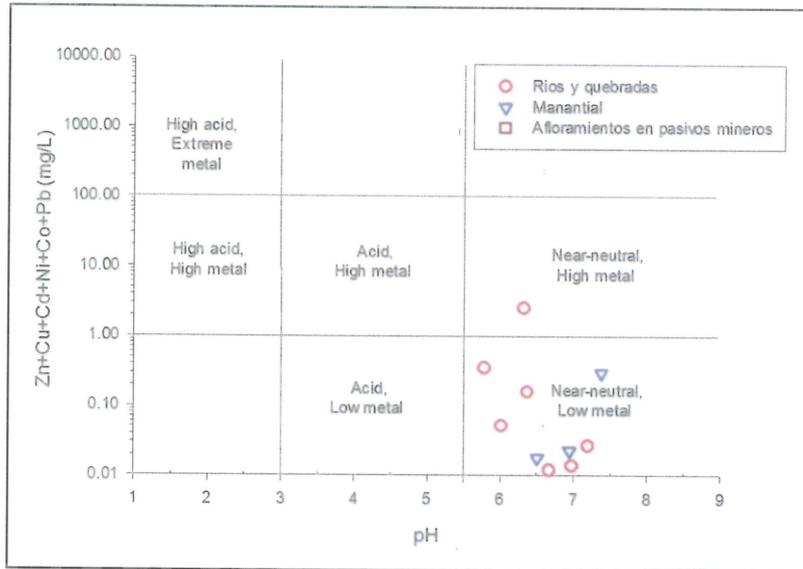


Figura 7-113. Diagrama Ficklin en la microcuenca del río La Laja

7.3.2. Zona II: Microcuenca La Ayraca

7.3.2.1. Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las comunidades hidrobiológicas en la microcuenca La Ayraca evaluada en los meses de septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia). Se tomaron un total de 8 puntos de muestreo, de los cuales 4 fueron evaluados en ambas épocas, mientras que 4 puntos en febrero de 2018.

a. Perifiton

El perifiton será analizado en sus 2 componentes: microalgas del perifiton o perifiton vegetal y microorganismos del perifiton o perifiton animal por cada microcuenca.

a.1. Microalgas

- Composición y riqueza

La muestra de microalgas en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 86 especies, las cuales están agrupadas en 34 familias, 20 órdenes y 6 clases, pertenecientes a 4 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 60 especies, Cyanobacteria con 19 especies, Chlorophyta con 4 especies y Charophyta con 3 especies, como se puede ver en el Anexo: Reporte de resultados N.º 004-2018-STEC.

En la Figura 7-114 se presentan los valores de riqueza o número de especies de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los colores sólidos representan el cauce principal y las tramas representan a los tributarios

El valor de riqueza de especies más alto corresponde al punto de muestreo HID-



Handwritten blue ink marks on the left margin, including an arrow pointing up, a checkmark, the letters 'H', 'P', and 'LPC'.



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

QTend1 (quebrada Tendal afluente por la margen derecha de la quebrada La Granja) con 33 especies, seguida del punto HID-RLIra1 (río La Ayraca luego de las confluencias de las quebradas La Granja y Tendal), ambas en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-RLIra4 (río La Ayraca antes de su llegada al río Paltic) con 15 especies en la evaluación de septiembre 2017.

En lo que se refiere al nivel de phylum, en todos los puntos de muestreo y en ambas evaluaciones, el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de especies, seguido por el phylum Cyanobacteria, mientras que el phylum Charophyta presenta la menor riqueza con 3 especies, 2 presente en el punto HID-QSald1 y 1 especie el punto HID-QLIra3 en febrero de 2018.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia, excepto en el punto HID-RLIra2 (río La Ayraca, antes de la afluencia de la quebrada Salada).

Finalmente, la especie de mayor riqueza es *Nitzschia palea* presente en los puntos HID-RLIra1, HID-RLIra2, HID-RLIra4 en ambas evaluaciones, y en los puntos HID-QLGra1, HID-QSnbr1 e HID-QSald1 en la evaluación de febrero de 2018.



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with arrows, and the letters 'P', 'A', 'T', 'L'.

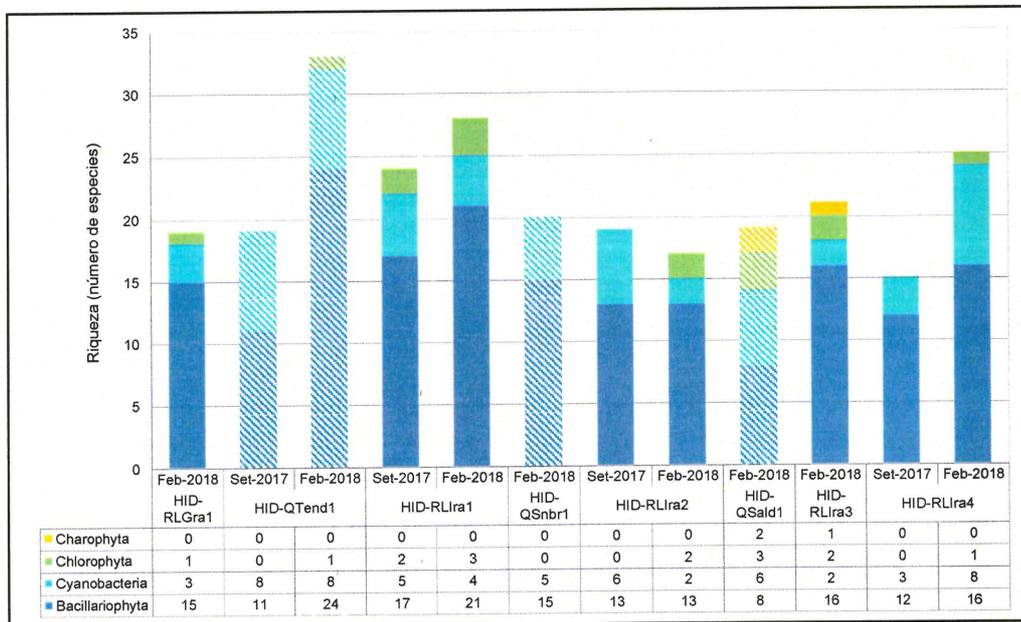


Figura 7-114. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Ayraca

• **Abundancia**

En la Figura 7-115 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum, los colores sólidos representan al río principal y los tramas a los tributarios.

Se aprecia que la abundancia de las microalgas está representada principalmente por 4 phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta, donde en todos los puntos de muestreo de ambas evaluaciones el phylum Bacillariophyta presentó la



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

mayor abundancia, con 612000 organismos, seguida del phylum Cyanobacteria 172000 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-RLIra1 (río La Ayraca, antes de la confluencia de las quebradas La Granja y Tendal) con 143280 organismos en la evaluación de febrero de 2018, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-RLIra3 (río La Ayraca después de la confluencia con la quebrada salada) con 28080 organismos en febrero de 2018.

En los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones la abundancia de organismos es mayor en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias), en comparación con la evaluación de septiembre de 2017).

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Hannaea arcus* con 74400 organismos, presente en todos los puntos excepto en los puntos HID-QTend1, HID-QSnbr1 e HID-QSald1 en la evaluación de febrero de 2018.

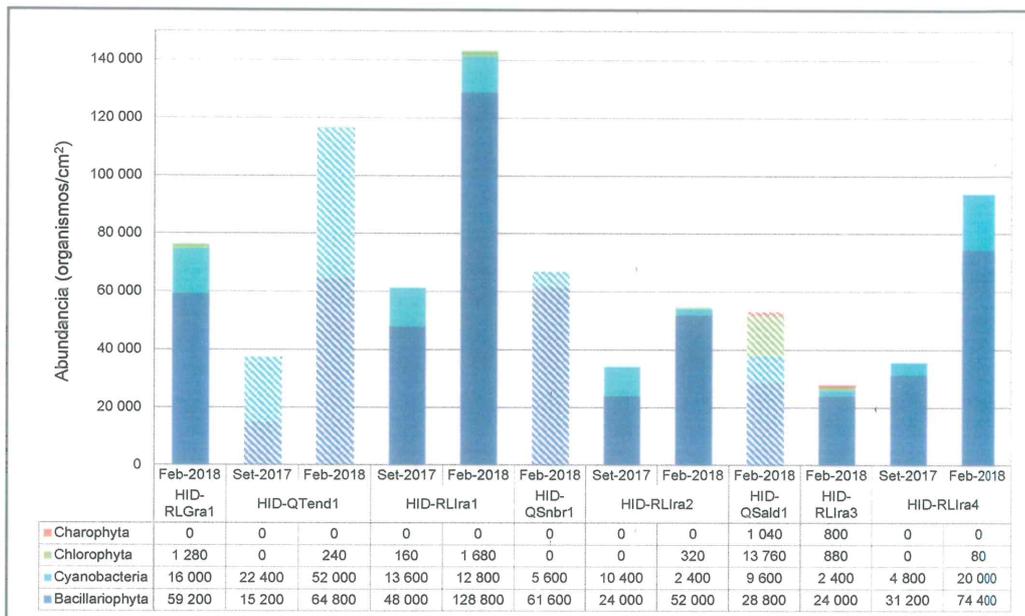


Figura 7-115. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca La Ayraca

• **Diversidad alfa**

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-72.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en los puntos de muestreo HID-QLGra1 (quebrada La Granja) e HID-QTend1 (quebrada Tendal), ambos puntos ubicados en la parte alta de la microcuenca La Ayraca en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QSald1 (quebrada salada, ubicada aguas debajo de un pasivo ambiental) en la evaluación de febrero de 2018.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RLGra1 en ambas evaluaciones, lo cual indica un valor alto de



Handwritten blue annotations: an arrow pointing to the stamp, and several symbols including a checkmark, a 'P', a star, a plus sign, and the letters 'LRC'.



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»

equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-72. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca La Ayraca

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-RLGra1	Febrero 2018	16,16	14,31	0,9450
HID-QTend1	Septiembre 2017	14,04	10,18	0,8972
	Febrero 2018	22,91	17,46	0,8956
HID-RLIra1	Septiembre 2017	15,16	9,445	0,8554
	Febrero 2018	14,87	9,869	0,8102
HID-QSnr1	Febrero 2018	14,17	11,42	0,8851
HID-RLIra2	Septiembre 2017	15,44	11,93	0,9295
	Febrero 2018	10,58	8,093	0,8326
HID-QSald1	Febrero 2018	10,41	7,09	0,7956
HID-RLIra3	Febrero 2018	16,55	12,7	0,9218
HID-RLIra4	Septiembre 2017	10,76	8,068	0,8773
	Febrero 2018	15,1	10,44	0,8433

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa

■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

En la Figura 7-116 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que los puntos de muestreo HID-RLIra1 e HID-RLIra2 tienen un porcentaje de similitud mayor al 50 %; al igual que los puntos HID-RLGra1 e HID-RLIra4, es decir, que estos puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de microalgas registradas.



↑
*
*
P
*
+
lac

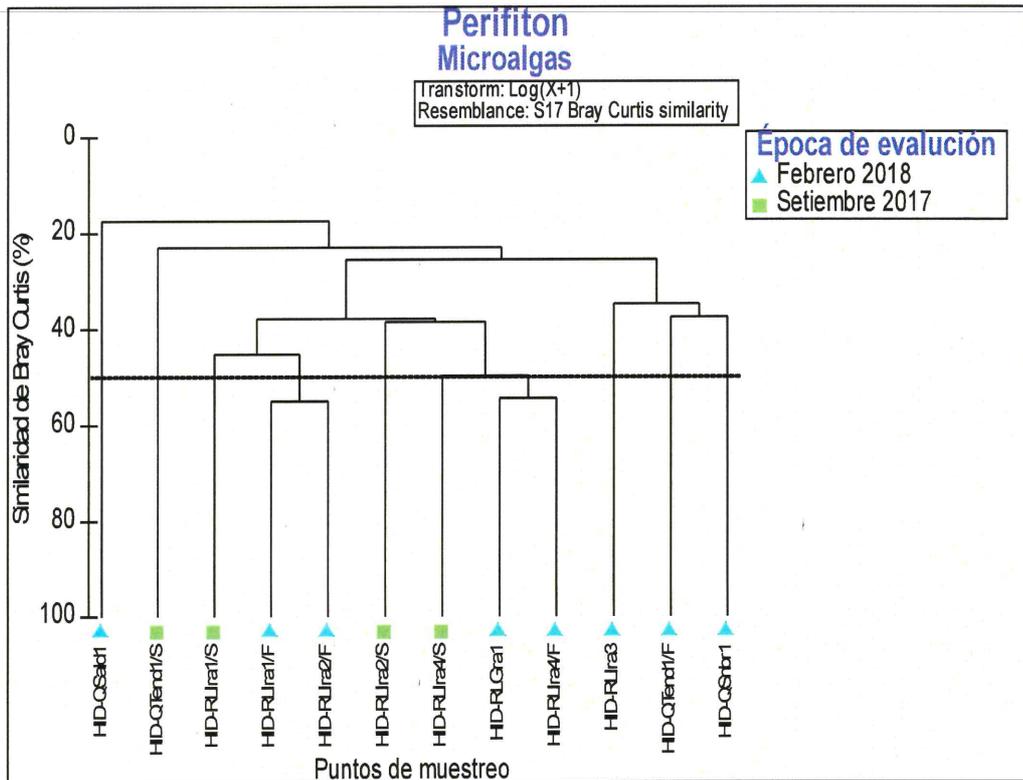




Figura 7-116. Dendrograma de similitud perifiton (microalgas) en la microcuenca la Ayraca

• **Análisis de componentes principales (ACP)**

Para el análisis de componentes principales (ACP) en la microcuenca La Ayraca se consideraron las siguientes variables: parámetros *in situ*, tales como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; parámetros fisicoquímicos, los metales totales en agua superficial considerados en el ECA para Agua en la categoría 3: «Riego Vegetales y Bebida de Animales» y los metales totales cuyos resultados son mayores a los límites de cuantificación de análisis de laboratorio. Además se realizó el análisis de componentes principales por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y para febrero de 2018 (época de lluvia) por separado.

En la Tabla 7-73 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca, evaluados en el mes de septiembre de 2017; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 2 componentes que fue de 94,84 %, el primer componente aportó un 70,53 % del potencial explicativo y el segundo 24,31 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, bario, hierro, manganeso y zinc, de los parámetros fisicoquímicos: sólidos disueltos totales, nitratos y sulfatos; y los parámetros *in situ*: conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

Este primer componente presentó entre las concentraciones de sulfatos y sólidos disueltos totales y los metales aluminio, bario, hierro, manganeso y zinc correlaciones positivas con la conductividad eléctrica, mientras que presentan correlaciones negativas con el oxígeno disuelto, lo cual indica que un aumento en la concentración de los sulfatos y sólidos disueltos totales y los metales aluminio, bario, hierro, manganeso y zinc involucra un aumento en la conductividad eléctrica; entretanto que si aumenta la concentración del oxígeno disuelto hay una disminución de la concentración de los sulfatos y sólidos disueltos totales y los metales aluminio, bario, hierro, manganeso, y zinc. Por otro lado, se evidencia un incremento en la concentración de los nitratos conforme aumenta la concentración del oxígeno disuelto y disminuye la conductividad.

El segundo componente presentó al potasio total, los bicarbonatos y el pH, los cuales presentan correlaciones positivas.

Tabla 7-73. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Ayraca, evaluados en época de lluvia

Variables		Componentes	
		1	2
Parámetros <i>in situ</i>	pH	-0,16	0,94
	Oxígeno disuelto	-0,92	-0,29
	Conductividad	0,99	0
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Sólidos disueltos totales	0,85	0
	Sulfatos	0,95	-0,31
	Bicarbonatos	0	0,93
	Nitratos	-0,75	-0,64
	Aluminio total	1,00	0



Handwritten notes and signatures on the left margin, including '14/09/17', 'P', and 'AC'.



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

Variables	Componentes	
	1	2
Metales totales en agua (mg/L)	Bario total	-0,27
	Hierro total	0,12
	Manganeso total	0
	Potasio total	0,84
	Zinc total	0,12
Porcentaje de explicación por componente (%)	70,53	24,31

En la Tabla 7-74 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca, evaluados en el mes de febrero de 2018; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 2 componentes que fue de 92,85 %, el primer componente aportó un 86,16 % del potencial explicativo y el segundo aportó el 11,66 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, bario, hierro, fósforo, magnesio, manganeso, potasio y zinc, con los parámetros fisicoquímicos: sólidos disueltos totales, sulfatos y bicarbonatos y con los parámetros in situ: conductividad eléctrica y pH.

Este primer componente presentó que las concentraciones de los sólidos disueltos totales, los sulfatos y los metales totales en agua: aluminio, bario, hierro, magnesio, manganeso, potasio y zinc tienen correlaciones negativas con el pH y correlaciones positivas con la conductividad eléctrica, lo que indicaría que un aumento en la concentración de los sólidos disueltos totales, los sulfatos y los metales totales en agua: aluminio, bario, hierro, magnesio, manganeso, potasio y zinc implicaría una disminución en el pH y un aumento de la conductividad del agua. Además se observa que los bicarbonatos y fósforo total presentan relaciones positivas con el oxígeno disuelto es decir, cuando la concentración de oxígeno disuelto disminuye igual las concentraciones de bicarbonatos y fósforo total.

Por otro lado el segundo componente presentó solamente al oxígeno disuelto.

Tabla 7-74. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca La Ayraca, evaluados en el mes de febrero de 2018

Variables	Componentes	
	1	2
Parámetros in situ	pH	0
	Oxígeno disuelto	-0,711
	Conductividad eléctrica	0,994
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Sólidos disueltos totales	-0,108
	Sulfatos	0
	Bicarbonatos	-0,107
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	-0,152
	Bario total	0
	Hierro total	0,270
	Fósforo total	0,744
	Magnesio total	0,606
	Manganeso total	0
	Potasio total	-0,200
	Zinc total	-0,158
Porcentaje de explicación por componente (%)	86,16	11,66



↑
*
H
P
+
t
LR



• **Análisis de correspondencia canónica (ACC)**

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de microalgas y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de microalgas así como las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP, al igual que el análisis de ACP se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia) por separado de los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca.

En la Tabla 7-75 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de septiembre de 2017, explicada por los dos ejes seleccionados fue de 95,22 %, el primer eje explicó el 55,65 % de la varianza, mientras que el segundo eje explicó el 39,57 %. Los demás ejes explicaron solamente el 4,88 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los dos primeros ejes.

Tabla 7-75. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,34357	0,2443
Varianzas	Varianza explicada (%)	55,65	39,57
	Varianza acumulada explicada (%)	55,65	95,22
Correlación de las especies de microalgas	<i>Achnanthydium</i> cf. <i>catenatum</i>	1,66811	-0,877568
	<i>Nitzschia palea</i>	0,89423	0,00245108
	<i>Nitzschia linearis</i>	0,389246	1,61271
	<i>Reimeria sinuata</i>	-1,57952	0,245346
	<i>Rhoicosphenia</i> sp.	0,804291	0,231586
	<i>Hannaea arcus</i>	0,0141353	-0,502929
	<i>Cyanosarcina</i> sp.	0,377318	1,61571
	<i>Phormidiochaete crustacea</i>	-0,812705	0,350198
	<i>Xenococcus</i> sp.	-1,73519	-0,0267689
	<i>Pseudanabaena</i> sp.1	-0,421839	-2,37319
Correlación de las variables ambientales	Oxígeno disuelto	-0,855082	0,506625
	Conductividad eléctrica	0,773662	-0,425593
	Nitratos	-0,99178	-0,036567
	Sólidos totales disueltos	0,620779	-0,776941
	Sulfatos	0,507851	-0,591594
	Aluminio total	0,840898	-0,405875
	Bario total	0,658805	-0,471251
	Hierro total	0,86836	-0,418519
	Manganeso total	0,842443	-0,462498
Zinc total	0,898677	-0,247488	
Correlación entre puntos de muestreo	HID-QTend1	-0,928375	-0,424621
	HID-RLIra1	-0,222721	0,463522
	HID-RLIra2	0,534418	0,323209
	HID-RLIra4	0,610623	-0,739716

En la Figura 7-117, se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-75). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye el oxígeno disuelto y aumenta la conductividad eléctrica y las concentraciones de los metales aluminio, bario, hierro, manganeso y zinc, la abundancia de las especies *Achnanthydium* cf. *catenatum*, *Nitzschia palea* y *Rhoicosphenia* sp. también aumenta, lo que indica su tolerancia a estos factores, mientras que disminuye la abundancia de las especies *Reimeria sinuata* y *Phormidiochaete crustacea*, lo que indica su sensibilidad.



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

Con respecto al eje 2, a medida que disminuye la concentración de los sulfatos y lo sólidos disueltos totales, también disminuye la abundancia de las especies *Pseudanabaena* sp.1 y *Hannaea arcus*, que indica su sensibilidad a estos factores, y aumenta la abundancia de las especies *Nitzschia linearis* y *Cyanosarcina* sp, lo que indica su tolerancia a estos factores.

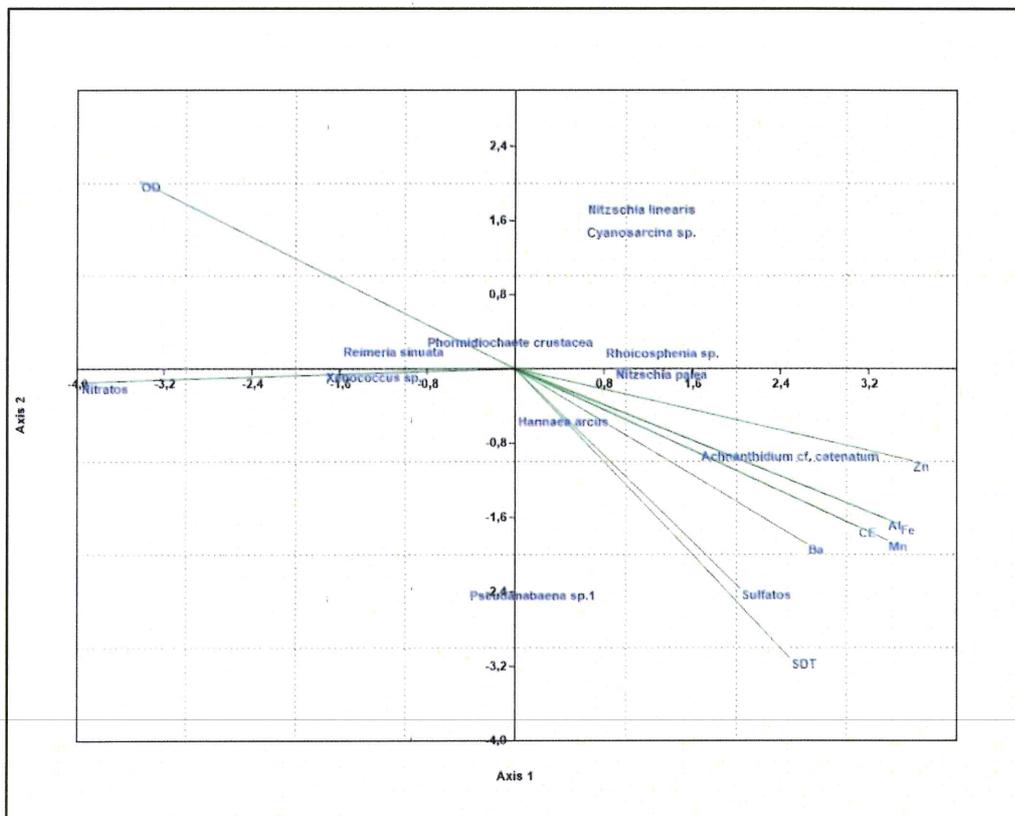


Figura 7-117. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Ayra en la época seca

En la Tabla 7-76 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de febrero de 2018, explicada por los tres ejes seleccionados fue de 84,56 %, el primer eje explicó el 41,16 % de la varianza, el segundo eje explicó el 22,92 % y el tercer eje explicó el 20,48 % de la varianza. Los demás ejes explicaron el 15,44 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los tres primeros ejes.

Tabla 7-76. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Laja en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,2035	0,11331	0,10123
Varianzas	Varianza explicada (%)	41,1600	22,92	20,48
	Varianza acumulada explicada (%)	41,16	64,08	84,56
Correlación de las especies de microalgas	<i>Cocconeis placentula</i>	1,10823	-0,1417	-0,242165
	<i>Nitzschia palea</i>	-0,249506	-1,21583	-1,29757
	<i>Gomphonema subclavatum</i>	-0,03608	-1,93517	0,63367
	<i>Rhoicosphenia</i> sp.	0,806257	0,680154	0,102289
	<i>Hannaea arcus</i>	1,12203	0,866076	-0,474987
	<i>Kamptomena formosum</i>	-1,5484	0,286447	0,133808



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»

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las variables ambientales	<i>Microcoleus autumnalis</i>	-0,305111	0,343877	2,23577
	<i>Oedogonium</i> sp.	-1,74437	1,38552	-1,17899
	pH	0,800881	-0,102325	0,690222
	Conductividad eléctrica	-0,768158	0,130212	-0,620592
	Bicarbonatos	0,822651	-0,0417474	0,66974
	Sólidos disueltos totales	-0,743981	0,101576	-0,628999
	Sulfatos	-0,832751	0,126546	-0,389789
	Aluminio total	-0,768304	0,118694	-0,720548
	Bario total	-0,798056	0,0257442	-0,696339
	Hierro total	-0,843368	-0,0480359	-0,316496
	Fósforo total	0,0483797	-0,532684	0,824207
	Magnesio total	-0,626022	-0,40316	-0,168846
	Manganeso total	-0,822473	-0,0280018	-0,62061
	Potasio total	-0,705334	0,165059	-0,736616
Zinc total	-0,748071	0,120224	-0,749648	
Correlación entre puntos de muestreo	HID-RLGra1	0,555494	-0,320346	-0,243816
	HID-QTend1	-0,286868	0,077154	0,39367
	HID-RLlra1	0,129118	-0,0560402	-0,277095
	HID-QSnbr1	-0,485489	-0,717737	0,419598
	HID-RLlra2	0,56992	0,185349	0,0547056
	HID-QSald1	-1,15969	0,10593	-0,766035
	HID-RLlra3	-0,159494	0,667131	0,214971
HID-RLlra4	0,069961	0,035486	0,0294099	

En la Figura 7-118, se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica de la evaluación de la época de lluvia en febrero de 2018 (Tabla 7-76). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye la conductividad eléctrica y la concentración de los sulfatos, sólidos disueltos totales, el aluminio, bario, hierro, magnesio y manganeso disminuye la abundancia de las especie de *Kamptonema formosum* y *Oedogonium* sp., lo que indica su tolerancia a estos factores, mientras que la abundancia de las especies *Cocconeis placentula*, *Rhicosphenia* sp. y *Hannaea arcus* aumenta, lo que indica la sensibilidad de estas especies a estos factores.

Con respecto al eje 2, se aprecia solo a la especie *Gomphonema subclavatum*, la cual no presenta relación con algún otro factor, solo su abundancia en el punto de muestreo HID-RLlra3.

Finalmente, en el eje 3 se observa que a medida aumenta las concentraciones de fósforo y disminuye las concentraciones de potasio y zinc, disminuye la abundancia de la especie *Nitzschia palea*, y aumenta la abundancia de la especie *Microcoleus autumnalis*.



↑
K
H
P
A
T
LAC



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

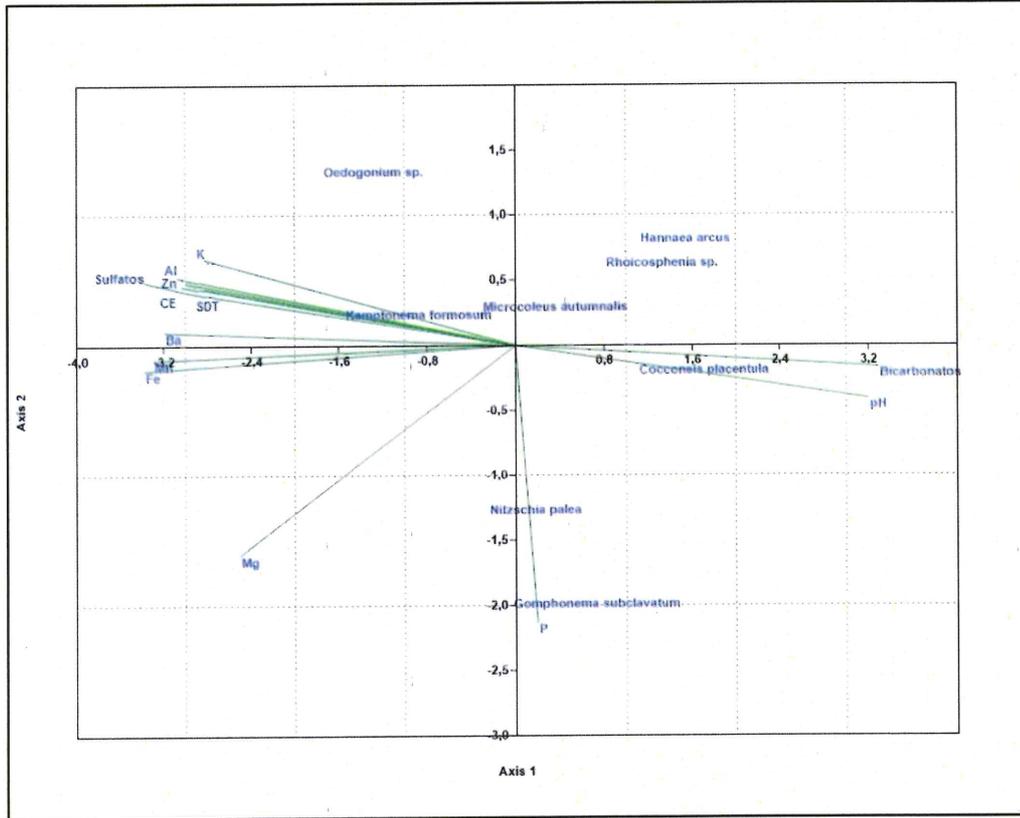


Figura 7-118. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época de lluvia



a.2. Microorganismos

En relación con los microorganismos como se muestra en la Tabla 7-77, se reportaron 5 especies, pertenecientes a 4 phyla: Cercozoa, Ciliophora, Rotífera y Nematoda, distribuidos en 4 puntos de muestreo. En los puntos HID-QTend1, HID-QSnbr1, HID-QSald1 e HID-QLIra2 no se halló ningún organismo.

Se observa que los puntos de muestreo HID-QLIra3 e HID-QLIra4 fue donde se encontró la mayor riqueza (2 especies); mientras que, la mayor abundancia se registró en el punto HID-QLIra4 con 72 organismos.

Por otro lado, en el punto de muestreo HID-RLGra1 se registró la menor riqueza con una sola especie y la menor abundancia con 16 organismos.

Tabla 7-77. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca La Ayraca

Phylum	Especie	HID-RLGra1	HID-RLIra1	HID-RLIra3	HID-RLIra4
		Feb-2018	Feb-2018	Feb-2018	Feb-2018
Organismos/cm ²					
Cercozoa	<i>Euglypha compressa</i>	0	0	24	0
Cercozoa	<i>Trinema sp.</i>	0	24	16	0
Ciliophora	<i>Vorticella sp.</i>	0	0	0	32
Rotífera	<i>Proales sp.</i>	16	0	0	0
Nematoda	Nematoda	0	0	0	40
Total riqueza (S)		1	1	2	2
Total abundancia (N)		16	24	40	72



b. Macroinvertebrados bentónicos

• Composición y riqueza

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 52 especies, las cuales están agrupadas en 26 familias, 10 órdenes y 5 clases, pertenecientes a 3 phyla distribuidos donde se observa una notoria predominancia del phylum Arthropoda, principalmente por la presencia de organismos pertenecientes a la Clase Insecta, como se puede ver en el Anexo 2.

En la Figura 7-119 se presentan los valores de riqueza o número de especies de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y los tributarios representados por trama.

El valor de riqueza de especies más alto corresponde al punto de muestreo HID-RLIra1 (río La Ayraca, después de la confluencia de las quebradas Tendal y La Granja) con 24 especies, seguida del punto HID-QTend1 (quebrada Tendal) con 22 especies, y el punto de muestreo HID-QLGra1 (quebrada La Granja) con 20 especies, todas en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias).

En lo que se refiere al nivel de orden, en todos los puntos de muestreo y en ambas evaluaciones, la riqueza estuvo representada por el orden Diptera con 38 especies, Ephemeroptera con 35 especies, Coleoptera con 31 especies y Trichoptera con 27 especies.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia.

Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Cricotopus* sp., *Simulium* sp. y *Baetodes* sp.



Handwritten notes and arrows on the left margin, including 'P', 'LDC', and various symbols.

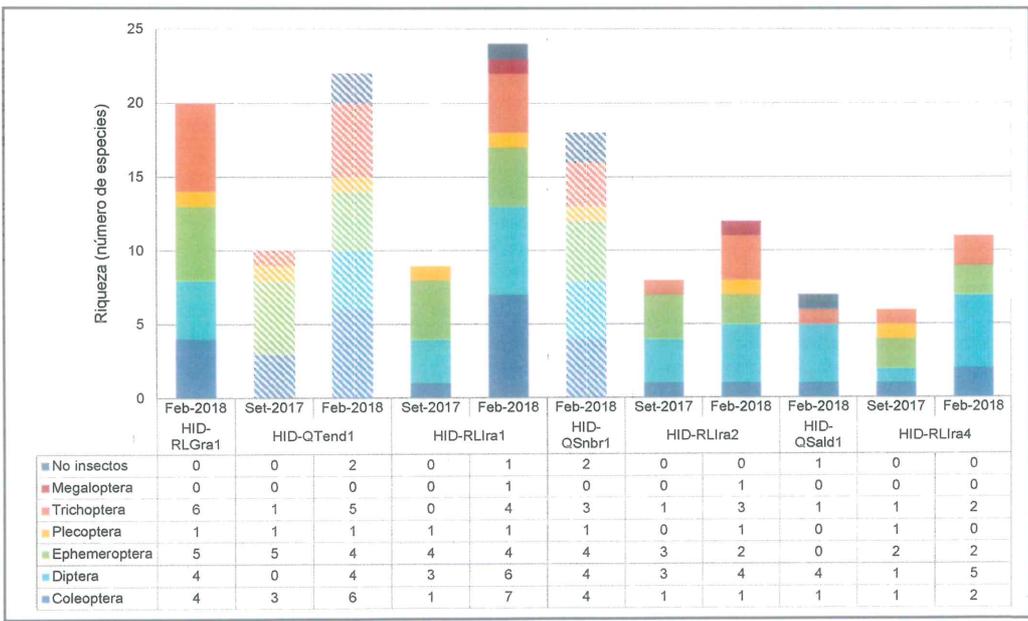


Figura 7-119. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Ayraca



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»

• **Abundancia**

En la Figura 7-120 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Los colores sólidos representan al río principal y lo colores tramas representan a los tributarios.

Se aprecia que la abundancia de las macroinvertebrados bentónicos está representada principalmente por 4 órdenes, el orden Ephemeroptera con 1050 organismos, el Diptera con 889 organismos, el Trichoptera con 791 organismos y el orden Coleoptera con 282 organismos.

En el punto de muestreo HID-RLira1 (río La Ayraca) con 1173 organismos se presenta la mayor abundancia, seguida de los puntos HID-RLGra1 con 525 organismos e HID-QTend1 con 385 organismos en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia), mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-RLlira1 (río La Ayraca) con 23 organismos en septiembre de 2017 (época de seca).

En los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones la abundancia de organismos es mayor en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias), en comparación con la evaluación de septiembre de 2017 (época de seca).

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Scrimidea* sp. con 598 organismos.

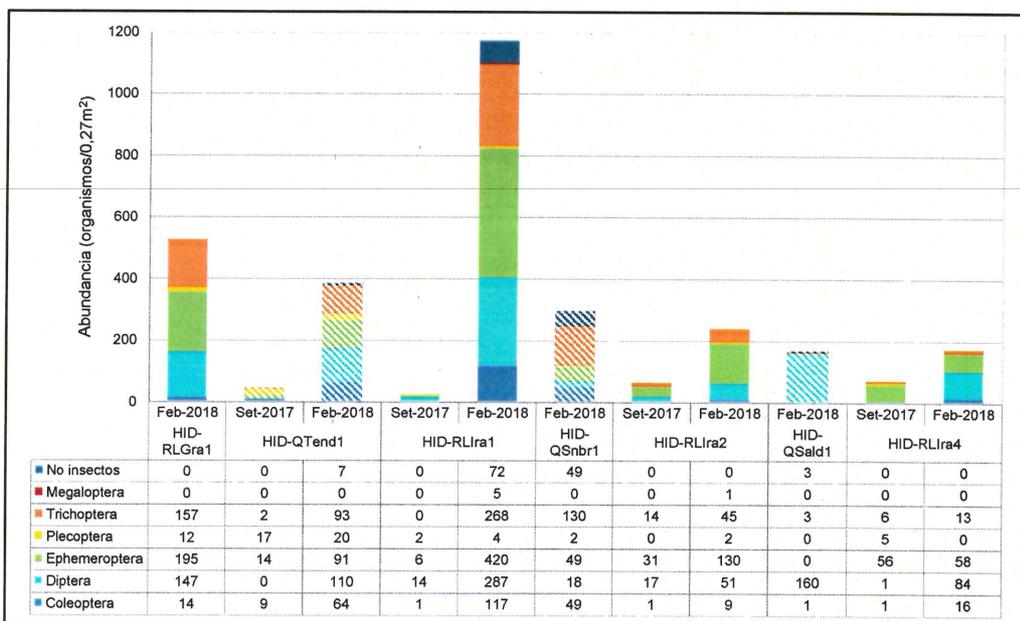


Figura 7-120. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca La Ayraca

• **Diversidad alfa**

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-78.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en los puntos de muestreo HID-RLlira1 (río La Ayraca) e HID-QTend1



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including a large 'A', 'P', and 'f', and the initials 'LFC' at the bottom.



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

(quebrada Tendal), ambos puntos ubicados en la parte alta de la microcuenca La Ayraca en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RLIra4 (río La Ayraca) en la evaluación de época seca.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-LIra1 (río La Ayraca) en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias), lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-78. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca La Ayraca

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-RLGra1	Febrero 2018	16,62	14,43	5,012
HID-QTend1	Septiembre 2017	8,49	7,34	3,516
	Febrero 2018	20,07	18,69	5,284
HID-RLIra1	Septiembre 2017	7,979	6,902	3,583
	Febrero 2018	19,85	17,31	5,555
HID-QSnbr1	Febrero 2018	15,83	14,28	4,65
HID-RLIra2	Septiembre 2017	6,598	5,857	2,678
	Febrero 2018	9,7	8,498	3,389
HID-QSald1	Febrero 2018	5,534	4,628	2,258
HID-RLIra4	Septiembre 2017	4,915	4,149	2,15
	Febrero 2018	9,543	8,708	3,128

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa



Diversidad beta

En la Figura 7-121 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que los puntos de muestreo HID-RLIra4 e HID-RLIra2 tienen un porcentaje de similitud mayor al 50 %; al igual que los los puntos HID-RLGra1, HID-QTend1 e HID-RLIra1, es decir, que estos puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de macroinvertebrados bentónicos registradas, cabe resaltar que los puntos HID-QTend1 e HID-RLGra1 forman el punto HID-RLIra1.

Handwritten notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, and the letters 'H', 'P', 'A', 'T', 'LRC' arranged vertically.

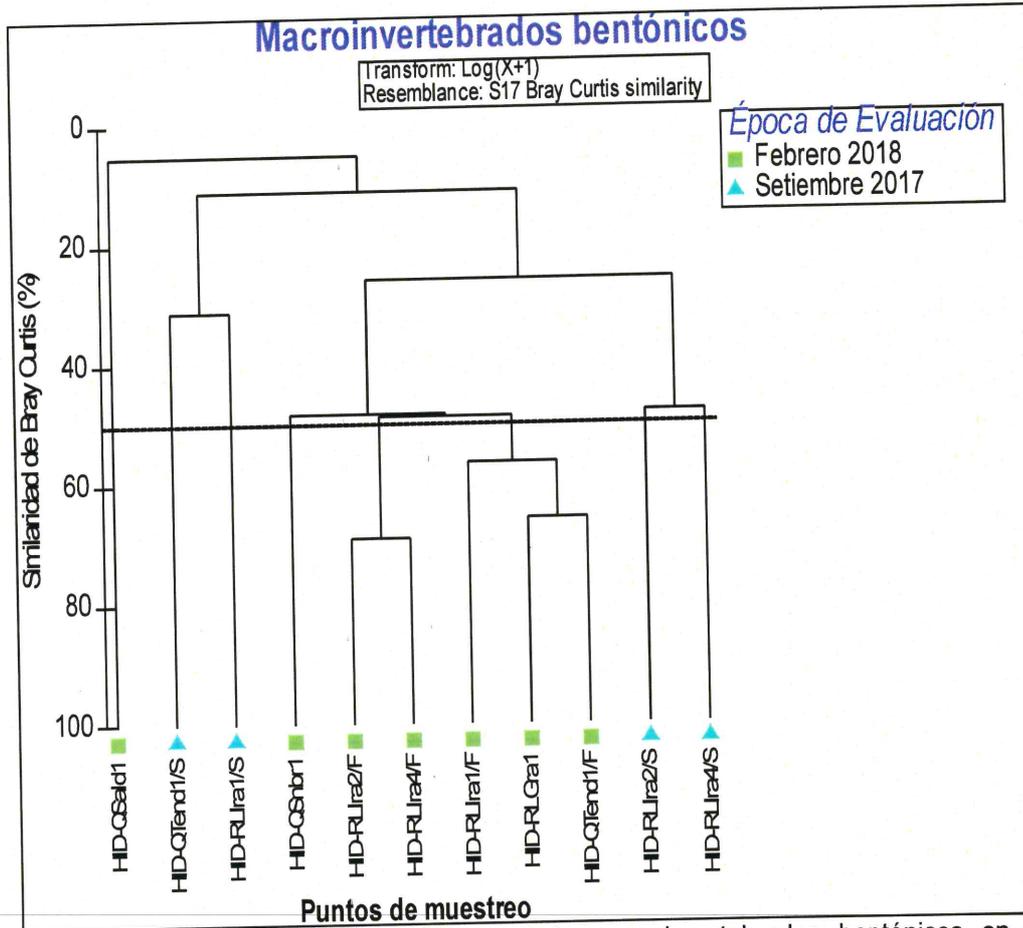


Figura 7-121. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca la Ayraca

• **Análisis de correspondencia canónica (ACC)**

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos se aplicó el análisis de correspondencia canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP realizado en el ítem de perifiton. Se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia) separados para los ríos y quebradas de la microcuenca La Ayraca.

En la Tabla 7-79 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales, explicada por los tres ejes seleccionados fue de 100 % en la época seca, el primer eje explicó el 56,36 % de la varianza, el segundo eje explicó el 32,48 % y el tercer eje explicó el 11,16 % de la varianza, la interpretación se basa en los tres ejes.



Handwritten blue notes on the left margin: a vertical line, an asterisk, a stylized 'H', the letter 'P', a star-like symbol, a plus sign, and the letters 'URC'.



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 7-79. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,50838	0,29302	0,10068
Varianzas	Varianza explicada (%)	56,36	32,48	11,16
	Varianza acumulada explicada (%)	56,36	88,84	100
Correlación de las especies de microalgas	<i>Cricotopus</i> sp.	1,72406	-1,18762	-1,47998
	<i>Simulium</i> sp.	-0,805946	0,418778	-2,04756
	<i>Baetodes</i> sp.	-1,07267	-0,614246	0,179532
	Baetidae ND	0,414034	1,5709	0,505053
	<i>Thraulodes</i> sp.	1,80001	0,135521	1,21945
	Leptohyphidae ND1	1,11391	0,372625	-0,0326869
	<i>Anacroneuria</i> sp.	0,0376795	-1,82035	1,38172
	Hydropsychidae ND	-0,609374	0,442893	0,325155
Correlación de las variables ambientales	Oxígeno disuelto	0,871076	0,516251	0,0297775
	Conductividad eléctrica	-0,989327	-0,0570884	-0,122685
	Nitratos	0,640326	0,699173	0,545503
	Sólidos disueltos totales	-0,86153	-0,334191	0,317488
	Sulfatos	-0,957844	0,244905	0,136539
	Aluminio total	-0,978777	-0,189592	-0,16012
	Bario total	-0,982188	0,110466	-0,0388613
	Hierro total	-0,965237	-0,28085	-0,151752
	Manganeso total	-0,975365	-0,253103	-0,102701
	Zinc total	-0,934809	-0,234082	-0,323359
Correlación entre puntos de muestreo	HID-QTend1	0,481183	0,930739	0,489347
	HID-RLIra1	1,21328	-0,518608	-0,0952462
	HID-RLIra2	-0,349084	0,286612	-0,336618
	HID-RLIra4	-0,708149	-0,541708	0,285444



En la Figura 7-122 se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los tres ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-56). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta la concentración de oxígeno disuelto y disminuye la concentración de los sólidos totales disueltos, sulfatos y los metales aluminio, bario, hierro, manganeso y zinc, disminuye la abundancia de las especies *Baetodes* sp. y *Hydropsychidae* ND, lo que muestra su tolerancia a estos factores, mientras que la abundancia de las especies *Cricotopus* sp., *Thraulodes* sp. y *Leptohyphidae* ND1 aumenta, lo cual muestra su sensibilidad a estos factores.

Con respecto al eje 2, a medida que aumenta la concentración de los nitratos la abundancia de la especie *Anacroneuria* sp. disminuye, lo que indica su sensibilidad, mientras que la abundancia de la especie *Baetidae* ND aumenta, lo que indica su tolerancia a la concentración de los nitratos.

Finalmente en el eje 3 solo se observa a la especie *Simulium* sp., el cual no presenta relación con otros factores.



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

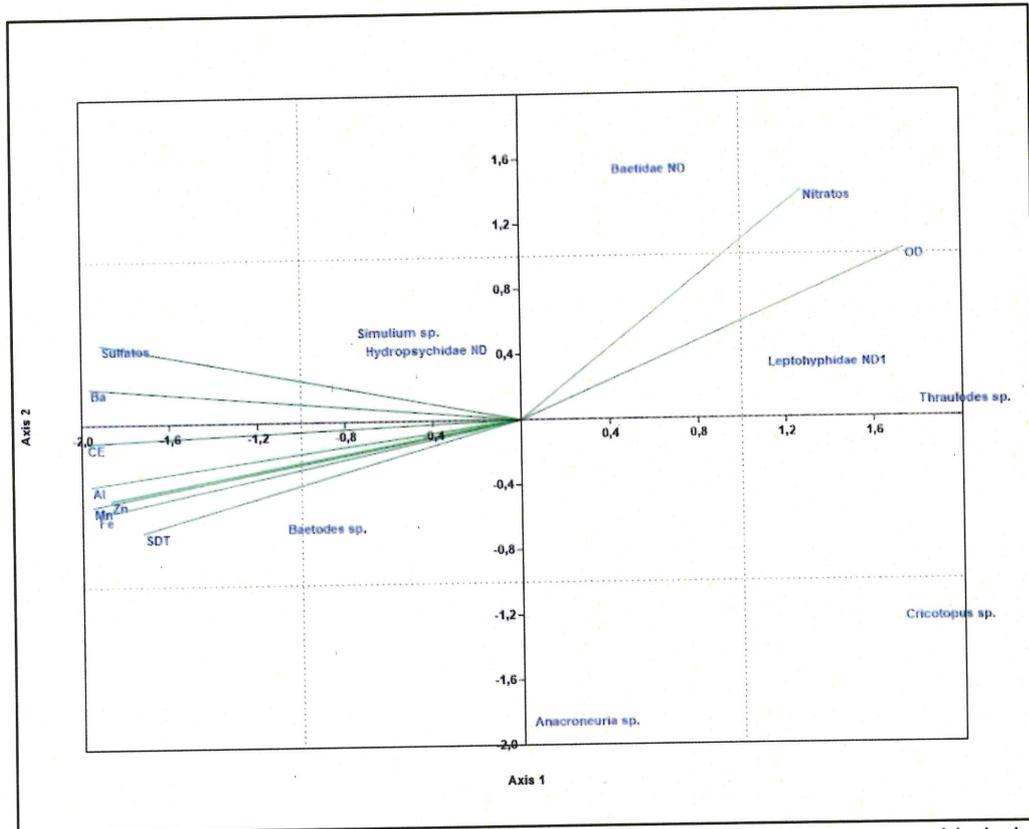


Figura 7-122. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca evaluados en la época seca

En la Tabla 7-80 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales en la época de lluvia fue de 86,54 %, explicada por los 3 ejes seleccionados, el primer eje explicó el 45,63 % de la varianza, el segundo eje explicó el 25,41 % y el tercer eje explicó el 15,50 % de la varianza. Los demás ejes explicaron el 13,46 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los 3 primeros ejes.

Tabla 7-80. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca evaluados en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (eigenvalue)		0,16363	0,091136	0,055578
Varianzas	Varianza explicada (%)	45,63	25,41	15,5
	Varianza acumulada explicada (%)	45,63	71,04	86,54
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Austrelmis</i> sp.	-0,0279031	-1,04579	2,36868
	<i>Heterelmis</i> sp.	-0,685889	-0,301634	-0,882649
	<i>Cricotopus</i> sp.	0,400757	0,985599	-1,09089
	<i>Simulium</i> sp.	-0,62938	0,790518	1,21019
	<i>Andesiops</i> sp.	-0,654704	1,18043	0,0605013
	<i>Baetodes</i> sp.	-0,42591	-0,0724256	0,0624945
	<i>Leptohyphes</i> sp.	0,31949	-1,43585	-1,65558
	<i>Anacroneuria</i> sp.	0,422878	-1,12846	-0,0306835
	<i>Cailloma</i> sp.	4,27498	1,04478	0,877872
	<i>Smicridea</i> sp.	-0,449947	-0,0671345	0,304944



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.



Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las variables ambientales	<i>Metrichia</i> sp.	0,534565	-2,7838	0,324999
	Limnephilidae ND 1	0,356692	-0,4741	-1,14253
	pH	-0,960164	-0,771875	-0,357955
	Conductividad	0,916618	0,765459	0,481116
	Bicarbonatos	-0,970544	-0,708327	-0,344671
	Sólidos disueltos totales	0,92539	0,773603	0,50701
	Sulfatos	0,81438	0,63607	0,569345
	Aluminio total	0,9618	0,797157	0,352987
	Bario total	0,956465	0,757322	0,348545
	Hierro total	0,752435	0,557764	0,638744
	Fósforo total	-0,680932	-0,788214	0,0996983
	Magnesio total	0,49824	0,310949	0,793423
	Manganeso total	0,912115	0,711977	0,463175
	Potasio total	0,972275	0,823918	0,352182
	Zinc total	0,972606	0,799112	0,323866
Correlación entre puntos de muestreo	HID-RLGra1	0,203725	0,0507164	-0,0038633
	HID-QTend1	0,294782	-0,399989	-0,0440481
	HID-RLIra1	-0,192844	0,0446886	-0,370881
	HID-QSnbr1	-0,311383	-0,307328	0,320151
	HID-RLIra2	-0,147466	0,323055	0,327175
	HID-QSald1	2,98357	1,02505	0,221617
	HID-RLIra4	-0,328011	0,416744	-0,0568292



En la Figura 7-123 se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los 3 ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-56). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumentan la conductividad eléctrica, las concentraciones de sulfatos, sólidos disueltos totales y los metales aluminio, bario, hierro, manganeso, potasio y zinc, la abundancia de la especie *Cailloma* sp. aumenta, lo que indica su tolerancia a estos factores, mientras que la de las especies *Baetodes* sp. y *Smicridea* sp. disminuye, lo que muestra su sensibilidad.

Con respecto al eje 2, a medida disminuye la concentración de fósforo la abundancia de la especie *Andesiops* sp. aumenta, lo cual indica su sensibilidad, mientras que la abundancia de las especies *Anacroneria* sp. y *Metrichia* sp. disminuye, lo cual indica la tolerancia de estas especies al fósforo.

Finalmente, en el eje 3, se observa que a medida que la concentración de magnesio aumenta, la abundancia de las especies *Austrelmis* sp. y *Simulium* sp. también aumenta, lo que indica su tolerancia al magnesio, mientras que la abundancia de las especies *Heterelmis* sp., *Cricotopus* sp. y *Leptohyphes* sp. disminuye, lo cual muestra su sensibilidad.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

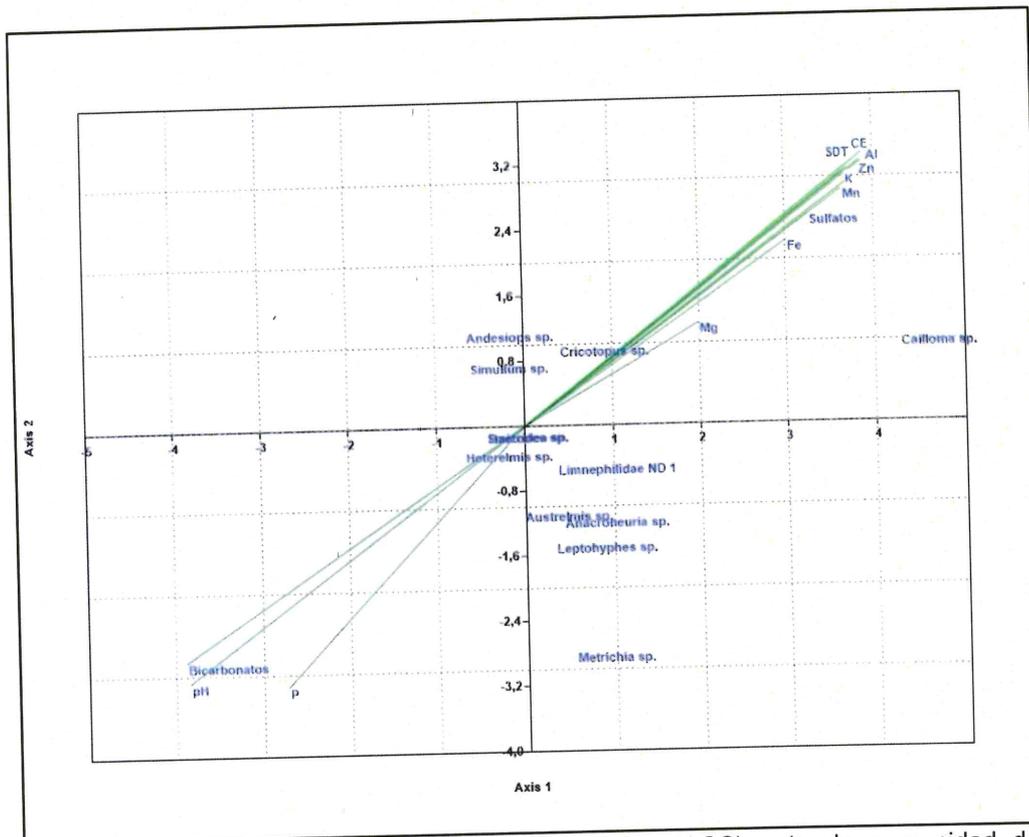


Figura 7-123. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca La Ayraca evaluados en la época de lluvia



c. **Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua**

En la Tabla 7-81 se presenta la calidad hidromorfológica obtenida de las características de hábitat en cada punto de muestreo, la calidad biológica y la calidad ecológica según el protocolo CERA-S y el índice ABI en la microcuenca La Ayraca (ver Anexo 6). Los resultados de este análisis fueron tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

Se puede observar, que los puntos evaluados de acuerdo a las características de los hábitats registran una calidad de moderada a buena, excepto en el punto HID-QSald1 (quebrada salada) donde se registra una calidad mala probablemente debido a que esta quebrada recibe aportes de aguas de un pasivo ambiental. Además se puede observar una calidad hidrobiológica buena en la parte alta de la microcuenca, en el río La Granja y la quebrada Tendal en las 2 evaluaciones realizadas.

Tabla 7-81. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca La Ayraca.

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-RLGra1	Febrero 2018	Excelente	Buena	Buena
HID-QTend1	Septiembre 2017	Buena	Excelente	Buena
	Febrero 2018	Buena	Buena	Buena
HID-RLIra1	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Excelente	Buena



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

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-QSnbr1	Febrero 2018	Moderada	Buena	Moderada
HID-RLlra2	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Buena	Buena
HID-QSald1	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
HID-RLlra4	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Moderada	Moderada

En la Figura 7-124 se describen el comportamiento de las especies bioindicadoras por punto de muestreo en la microcuenca La Ayraca. Se observó que el río La Granja (HID-RGra1) presenta el mayor número de especies sensibles, mientras el río La Lima (HID-RLlra1) presenta el mayor número de especies tolerantes.

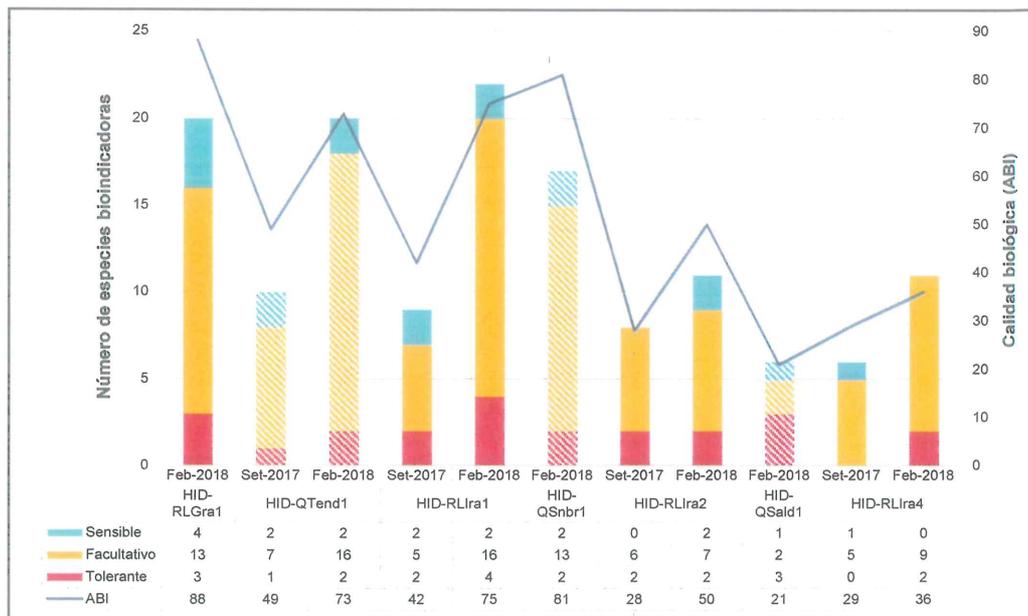


Figura 7-124. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca La Ayraca

d. Peces

La evaluación de la ictiofauna (peces) se realizó mediante el uso de una red de mano o cal cal, como se muestra en la Tabla 7-82 se reportaron 4 especies de peces conocidos como bagres, pertenecientes a la familia Astrolepididae y al orden Siluriformes distribuidos en 6 puntos de muestreo, mientras que en los puntos HID-QSald1 e HID-RLlra4 no se colectó ningún organismo.

En el punto de muestreo HID-RLlra2 fue donde se observó la mayor riqueza (3 especies) y abundancia (6 organismos) ubicado en el río La Ayraca antes de la afluencia de la quebrada Salada de características ácidas, mientras que en el punto RLlra3 fue donde se presentó la menor riqueza y abundancia donde sólo se colectó un organismo de la especie *Astrolepus* sp. 1 moteado, el cual se ubica aguas abajo de la afluencia de la quebrada Salada, por lo que ésta quebrada podría estar afectando la naturaleza de esta comunidad de peces.



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



Finalmente la especie *Astroblepus grixalvii* fue la de mayor riqueza (presente en 4 puntos de muestreo) y abundancia (con 10 organismos en todos los puntos de muestreo).

Tabla 7-82. Composición, riqueza y abundancia de peces (necton) en la microcuenca La Ayraca

Cuerpo de agua	Río La Granja	Quebrada Tendal	Río La Iraca	Quebrada sin nombre	Río La Iraca	Río La Iraca	
Código del punto de muestreo	HID-RLGra1	HID-QTend1	HID-RLIra1	HID-QSnr1	HID-RLIra2	HID-RLIra3	
Fecha de colecta	14/02/2018	14/02/2018	14/02/2018	14/02/2018	14/02/2018	17/02/2018	
Hora de colecta	09:15	10:12	12:25	11:40	14:00	15:20	
Orden	Especie						
Siluriformes	<i>Astroblepus</i> sp. 1 moteado	0	0	0	0	1	1
	<i>Astroblepus ortegai</i>	2	2	1	0	0	0
	<i>Astroblepus grixalvii</i>	1	4	0	1	4	0
	<i>Astroblepus</i> sp. 2	0	0	3	0	1	0
Riqueza (S)	2	2	2	1	3	1	
Abundancia (N)	3	6	4	1	6	1	

Fuente: Informe de ensayo N° IC002-2018-OEFA/DEAM

7.3.2.2. Caracterización geológica

En este capítulo por presentar las mismas características geológicas se describirán las zonas de las microcuencas La Ayraca, Checos y Honda.

Una visión general del área de estudio muestra secuencias de rocas sedimentarias (cretácicas), volcánicas (paleógeno) e intrusiones subvolcánicas que se formaron simultáneamente a eventos de sedimentación y volcanismo. Las rocas cretácicas están representada por dos series, (1) Cretácico inferior representada por el grupo Goyllarisquizca (Ki-go) y formaciones Inca Chúlec (Ki-ich), Pariatambo; (2) Cretácico superior representada por el grupo Pulluicana (Ks-pu).

Las rocas volcánicas se encuentran cubriendo en forma discordante o en paleorelieves a las rocas sedimentarias; además de poseer diferentes eventos eruptivos (INGEMMET, 2013) relacionada a flujos de lavas piroclásticas y depósitos de lavas andesíticas.

En cuanto a las rocas subvolcánicas presentes se tiene al pórfido cuarífero (Nm-pc) y dacitas (P-da) que se encuentran afectadas por alteración hidrotermal (ah) y que en conjunto forman parte del centro volcánico La Granja (Figura 7-125).



Handwritten notes and signatures on the left margin: an arrow pointing up, a checkmark, 'LH', 'P', a signature, 'f', and 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

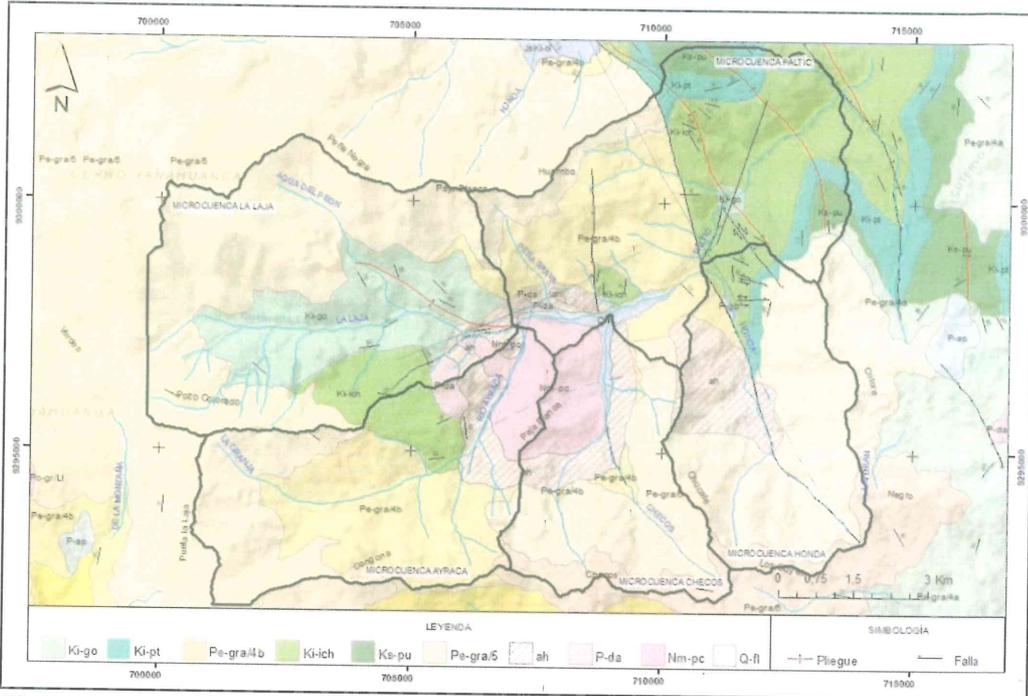


Figura 7-125. Representación de las formaciones geológicas en el área de influencia de la microcuenca Laja, Paltic, Granja, Checos y Honda
Fuente: INGEMMET (2015)

En cuanto a la litoestratigrafía en el área de influencia de las microcuencas Laja, Paltic, Ayraça, Checos y Honda, presentan afloramientos de roca caliza, cuarcita, arenisca, dacita, diorita, caliza, entre otras; cortadas estructuralmente por fallas noroeste-sureste, asimismo se presentan plegamientos en rocas calcáreas (caliza y arenisca) mostradas en la Figura 7-126.



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



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»

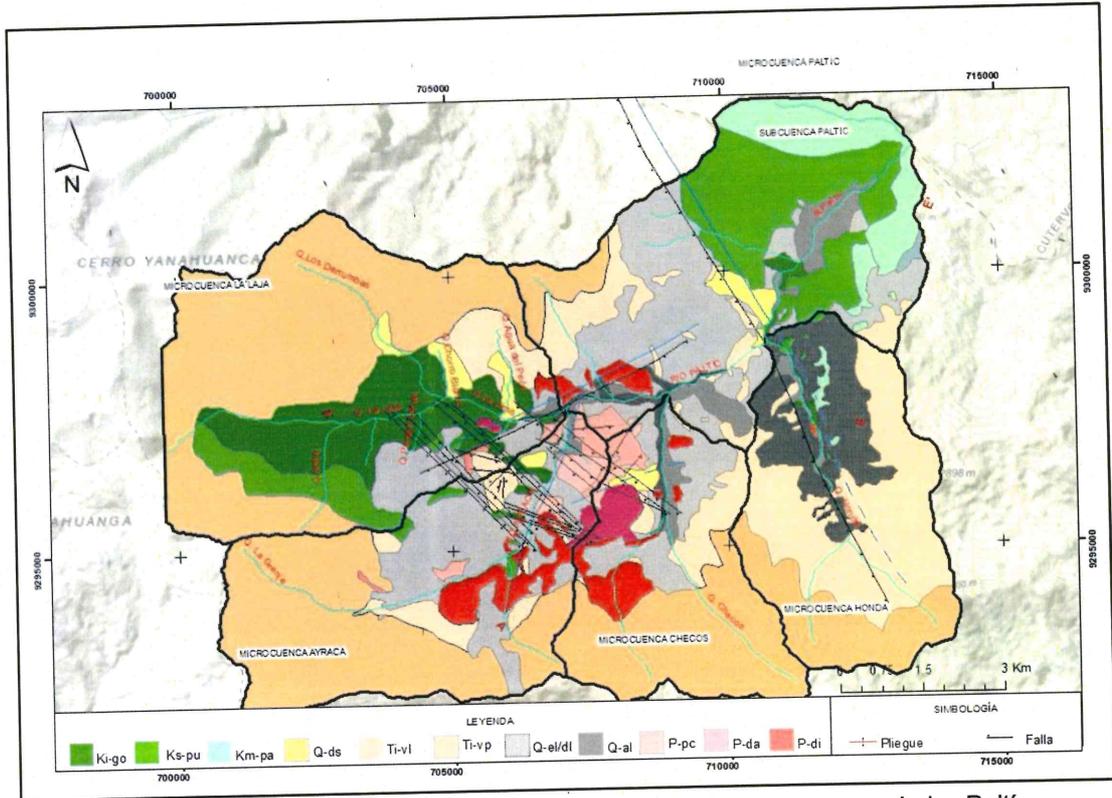


Figura 7-126. Litoestratigrafía en el área de influencia de la microcuenca Laja, Paltic, Granja, Checos y Honda.

Fuente: Décimo segunda modificación de EIASD del proyecto de exploración La Granja

Por otro lado, las rocas que se presentan en la microcuenca Ayraca, Checos y Honda, están representadas en la parte central por el pórfido cuarcífero constituida por grandes laminaciones oblicuas distribuidos a lo largo del río Ayraca y Checos.

Al sur de las microcuencas Ayraca, Checos y Honda existen eventos volcánicos constituidos por flujos piroclásticos de cenizas con cristales de cuarzo y plagioclasa (Pe-gra/5).

La sección geológica (Figura 7-127) muestra los contactos litológicos en profundidad, mostrando las rocas calizas, así como también las cuarcitas, que se encuentran cubiertas parcialmente por los depósitos piroclásticos y depósitos cuaternarios (fluviales, coluvial - eluvial).

Las microcuencas estructuralmente poseen fallas noroeste - sureste, que podrían interpretarse como zonas de extensión asociadas a la mineralización en el proyecto minero La Granja. Por otro lado, mencionar que esta roca posee una ligera epidotización, seriticización y argilización.



Handwritten blue notes on the left margin: a vertical line, 'K', 'L', 'P', 'A', 'T', and 'L'.



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

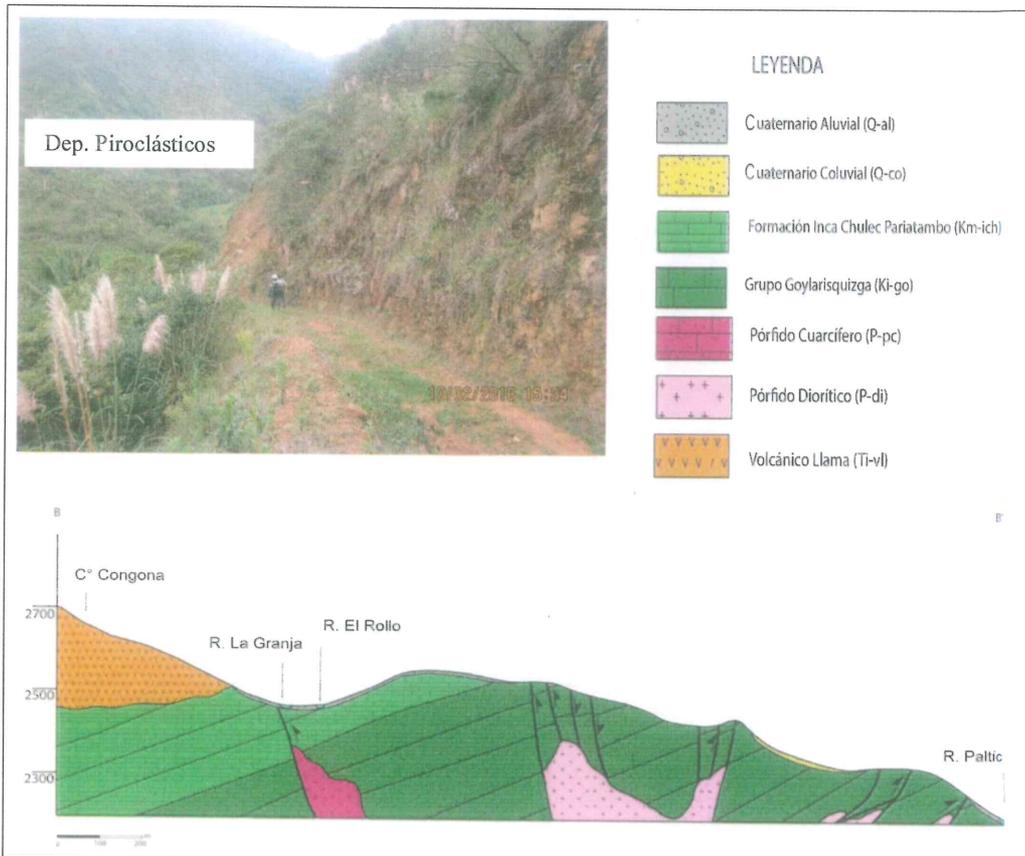


Figura 7-127. Sección geológica esquemática de la microcuenca La Laja

El pórfido cuarzífero aflora al sur de la microcuenca Ayraca y Checos, así como también en la margen izquierda del río Checos, donde se realizaron perforaciones diamantinas de hasta 2 000m de profundidad (IGA, 2009) ⁵⁵

Específicamente el cerro Paja Blanca está constituido parcialmente por el pórfido cuarzífero que cubre un área aproximada de 590 hectáreas, teniendo como límites la margen derecha del río Ayraca e izquierda del río Checos. Es importante mencionar que esta zona representaría a la zona con mayor interés de explotación minera, ya que se registraron la mayor cantidad de mallas de perforación proyectadas y ejecutadas. Además según Sillitoe, 1985, la zona de Cerro Paja Blanca representa una megabrecha generada por un proceso magmático- hidrotermal que es originada por la presencia de pórfidos dacíticos que afectaron al pórfido preexistente diorítico, quedando remanentes de skarn.

Hacia el oeste entre los ríos el Rollo, quebrada el Rollo, La Granja y margen izquierda del río Ayraca se presenta la zona del Mirador. Según Sillitoe, 1985 en esta zona se emplaza la megabrecha de secuencias silicoclásticas de areniscas, cuarcitas llegando a unidades de formaciones superiores representadas por niveles de skarn de aproximadamente 300 metros que se ponen en contacto por una serie de fallamientos (Figura 7-128).



Handwritten blue notes on the left margin: an arrow pointing up, the letter 'R', a scribble, the letter 'P', a scribble, a plus sign, and the letters 'LPC'.

55 Novena modificación del estudio de Impacto Ambiental semidetallado del proyecto de Exploración La Granja Región Cajamarca (junio,2012)



Figura 7-128. Imágen que muestra las dos zonas de mayor interés de explotación minera en el proyecto minero La Granja, (1) Zonas Paja Blanca (2) El Mirador.



7.3.2.3. Evaluación hidroquímica

Para la caracterización hidroquímica en la microcuenca La Ayraca se han considerado los mismos puntos que para la calidad de agua. Antes de realizar la evaluación hidroquímica se evalúa el cálculo del error de balance iónico y luego la representación a través de los diagramas hidroquímicos y el análisis de las relaciones iónicas, como se muestra en las subsecciones que se presentan a continuación.

Para la evaluación del balance iónico y los diagramas hidroquímicos, los cuerpos de agua superficial (ríos, quebradas y un afloramiento cercano a un pasivo ambiental), las concentraciones en meq/L se calcularon y graficaron en base a los metales disueltos.

I. Error de Balance Iónico (EBI)

Según la Tabla 7-83 para la microcuenca La Ayraca durante septiembre de 2017 – época seca, los puntos: RL1ra1 en el río La Ayraca y el punto QSald1 en la quebrada Salada; presentaron un EBI mayor al 10 %. Cabe mencionar que el punto QSald1 presenta pH ácido 3,23.

Asimismo, de acuerdo a la Tabla 7-84 para la microcuenca Ayraca durante febrero de 2018 – época de lluvia, presentaron un EBI de -11,9 % a -20,7 %, solo el punto QSald1 presenta un EBI de -64,2 % con pH ácido igual a 3,36.

En la mayoría de los puntos que superan el EBI, se observa que la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50 % por la variabilidad relativa existentes a este nivel,

Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, followed by the letters 'K', 'W', 'P', 'A', 'T', and 'LPC' arranged vertically.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

por lo que podría esperarse que el EBI supere el $\pm 10\%$, para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Nordstrom *et al.* (2008) consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar $< \pm 20\%$.



↑
*
W
P
A
†
UC



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 7-83. Error de balance iónico de la microcuenca La Ayraca en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca

Table with 22 columns: Punto de Muestreo, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCat, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCa, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, EBI. Rows include RLGra1, QTend1, RLlra1, RLlra2, RLlra3, RLlra4, QSnbr1, QSald1, PPerf1.

Ca2+: Calcio disuelto, Mg2+: Magnesio disuelto, K+: Potasio disuelto, Na+: Sodio disuelto, HCO3-: Bicarbonatos, Cl-: cloruros, SO42-: sulfatos y NO3-: Nitratos.
ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.
*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos

Tabla 7-84. Error de balance iónico de la microcuenca La Ayraca en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia

Table with 22 columns: Punto de Muestreo, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCat, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCa, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, EBI. Rows include RLGra1, QTend1, RLlra1, RLlra2, RLlra3, RLlra4, QSnbr1, QSald1, PPerf1.

Ca2+: Calcio disuelto, Mg2+: Magnesio disuelto, K+: Potasio disuelto, Na+: Sodio disuelto, HCO3-: Bicarbonatos, Cl-: cloruros, SO42-: sulfatos y NO3-: Nitratos.
ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.
*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos.



Handwritten blue marks: a checkmark, a star, and the letters 'P', 'A', 'L'.



II. Diagramas hidroquímicos

Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.

También se presentan los diagramas compuestos por tres ejes paralelos conocidos como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en cuatro rangos de valores hidroquímicos predominantes con respecto a los iones bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^{2+}) y/o sulfatos (SO_4^{2-}) en meq/L: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 3 a 16 Meq/L.

II. 1. Diagrama de Piper

Los resultados mostrados en la Figura 7-129a para el muestreo realizado en época seca indican que en río La Ayraca (RLira1), el manantial La Ayraca (FLira2) y la quebrada La Granja (RLGra1) son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en la quebrada Tendal (QTend1), en la quebrada sin nombre (QSnbr1), la quebrada Salada (QSald1), el río La Ayraca (RLira2, RLira3 y RLira4) y el afloramiento cercano a un pasivo minero (PPerf1), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas

Los resultados mostrados en la Figura 7-129b para el muestreo realizado en época de lluvia indican que en las quebradas La Granja (RLGra1), el manantial La Ayraca (FLira2) y el río La Ayraca (RLira1, RLira2 y RLira3) son aguas de faices bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en la quebrada Tendal (QTend1), la quebrada sin nombre (QSnbr1), la quebrada Salada (QSald1), el río La Ayraca (RLira4) y el afloramiento cercano a un pasivo minero (PPerf1), son aguas de faices sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas



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»

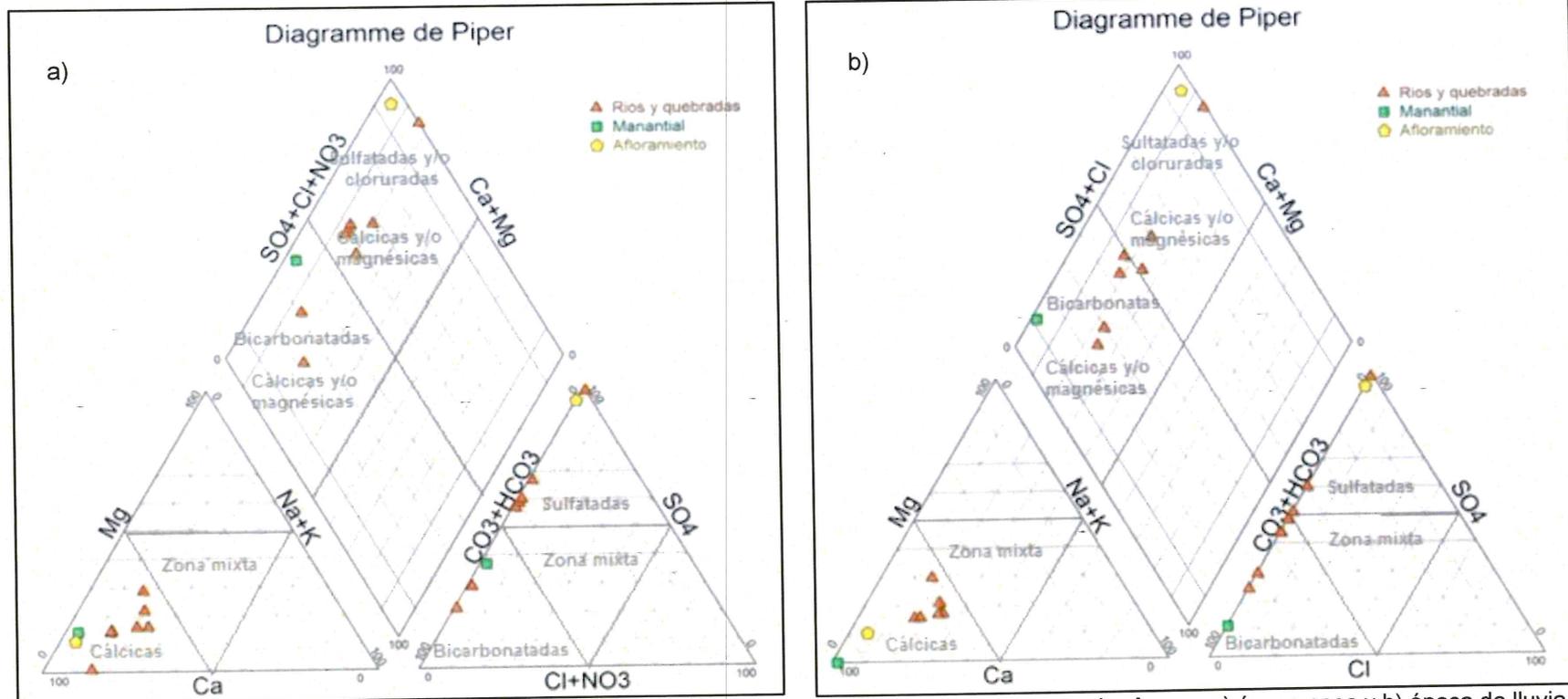


Figura 7-129. Diagrama de Piper en los manantiales, afloramiento, quebradas y ríos en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia



Handwritten blue notes and symbols on the left margin, including a checkmark, a plus sign, and other markings.



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»

II. 2. Diagrama de Stiff

De acuerdo a la Figura 7-130, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época seca:

- 0 a 1 meq/L: Quebrada La Granja (RLGra1) con 0,41 como promedio de Ca^{2+} y 0,49 de HCO_3^- ; quebrada La Tendal (QTend1) con 0,56 como promedio de Ca^{2+} y 0,46 de SO_4^{2-} ; el río La Ayraca (RLIra1) con 0,49 de Ca^{2+} y 0,50 de HCO_3^- ; (RLIra2) con 0,87 de Ca^{2+} y 0,64 de SO_4^{2-} ; (RLIra3) con 0,88 de Ca^{2+} y 0,67 de SO_4^{2-} ; y (RLIra4) con 0,91 de Ca^{2+} y 0,69 de SO_4^{2-} .
- 1 a 3 meq/L: Quebrada Salada (QSald1) con 0,33 como promedio de Ca^{2+} y 2,5 de SO_4^{2-} y el manantial (FLIra2) con 1,94 para Ca^{2+} y 1,23 de HCO_3^- y el manantial (FLIra2) con 2,75 para Ca^{2+} y 2,74 para de HCO_3^- ;
- 3 a 12 meq/L: Poza de perforación (PPerf1) con 9,54 para Ca^{2+} y 11,23 para de SO_4^{2-} .

A continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época de lluvia:

- 0 a 1 meq/L: Quebrada La Granja (RLGra1) con 0,31 como promedio de Ca^{2+} y 0,51 de HCO_3^- ; Quebrada La Tendal (QTend1) con 0,36 como promedio de Ca^{2+} y 0,42 de SO_4^{2-} ; Quebrada Sin Nombre (QSnbr1) con 0,41 como promedio de Ca^{2+} y 0,56 de SO_4^{2-} ; el río La Ayraca (RLIra1) con 0,34 de Ca^{2+} y 0,53 de HCO_3^- ; (RLIra2) con 0,53 de Ca^{2+} y 0,49 de SO_4^{2-} ; (RLIra3) con 0,38 de Ca^{2+} y 0,49 de HCO_3^- ; y (RLIra4) con 0,42 de Ca^{2+} y 0,48 de HCO_3^- .
- 1 a 3 meq/L: Quebrada Salada (QSald1) con 0,29 como promedio de Ca^{2+} y 2,43 de SO_4^{2-} y el Manantial (FLIra2) con 2,75 para Ca^{2+} y 2,74 para de HCO_3^- .
- 3 a 16 meq/L: Poza de perforación (PPerf1) con 9,46 para Ca^{2+} y 15,25 para de SO_4^{2-} .



↑
*
H
P
A
+
LPC



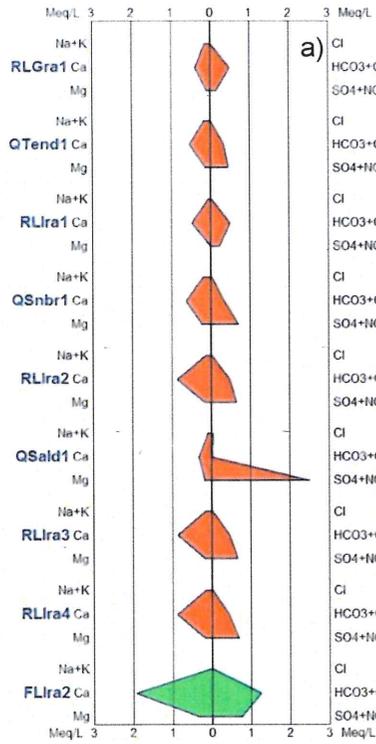
PERÚ

Ministerio del Ambiente

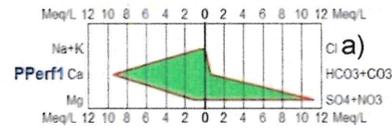
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

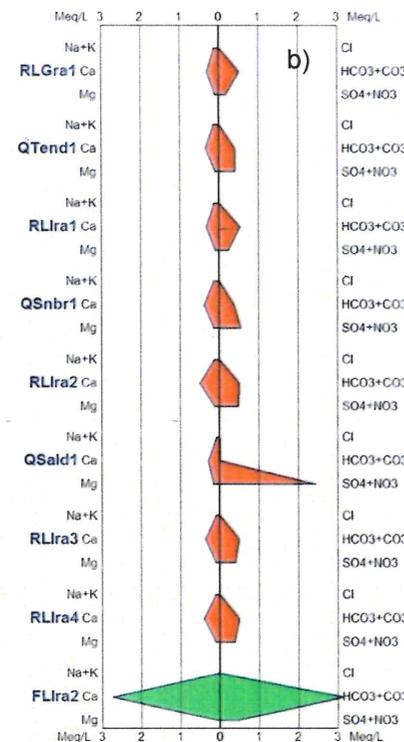
«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



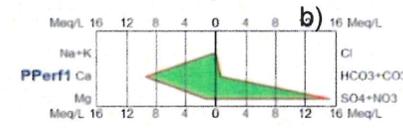
Rango: 0 – 3 Meq/L



Rango: 0 – 12 Meq/L



Rango: 0 – 3 Meq/L



Rango: 0 – 16 Meq/L

Figura 7-130. Diagrama de Stiff en los manantiales, afloramiento, quebradas y ríos en la microcuenca La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia



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



II. 3. Diagramas de Schöeller Berkaloff

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-131a en el muestreo realizado en época seca, el punto PPerf1 registro las mayores concentraciones de los cationes calcio (Ca^{2+}), sodio y potasio ($Na^+ + K$) y los aniones sulfato (SO_4^{2-}) y bicarbonatos ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$).

En tanto, las quebradas La Granja, Tendal y los puntos en el río La Ayraca (RLIra2, 3 y 4), mostraron similares concentraciones de cloruros (Cl^-) y bicarbonatos ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$) siendo la mayor concentración para ambos aniones el punto en afloramiento cercano a un pasivo ambiental. (PPerf1).

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-131b en el muestreo realizado en época húmeda, en el punto ubicado en afloramiento cercano a un pasivo ambiental (PPerf1) registraron las mayores concentraciones de los aniones (NO_3^{-2} , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+).

En tanto, las quebradas el río La Ayraca (en los puntos RLIra1, 3 y 4) y las quebradas La Granja y Tendal mostraron similares concentraciones de los cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} y $K^+ + Na^+$), y el anión bicarbonato ($NO_3^{-2} + HCO_3^-$) siendo la mayor concentración de estos cationes y aniones en el afloramiento cercano al pasivo minero (PPerf1).

Finalmente, cabe resaltar la concentración de sulfatos (SO_4^{2-}) en el punto muestreado en la quebrada Salada es mayor a los demás puntos tomados en ríos y quebradas de la microcuenca del río La Ayraca.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large 'A' and 'Lec' at the bottom.

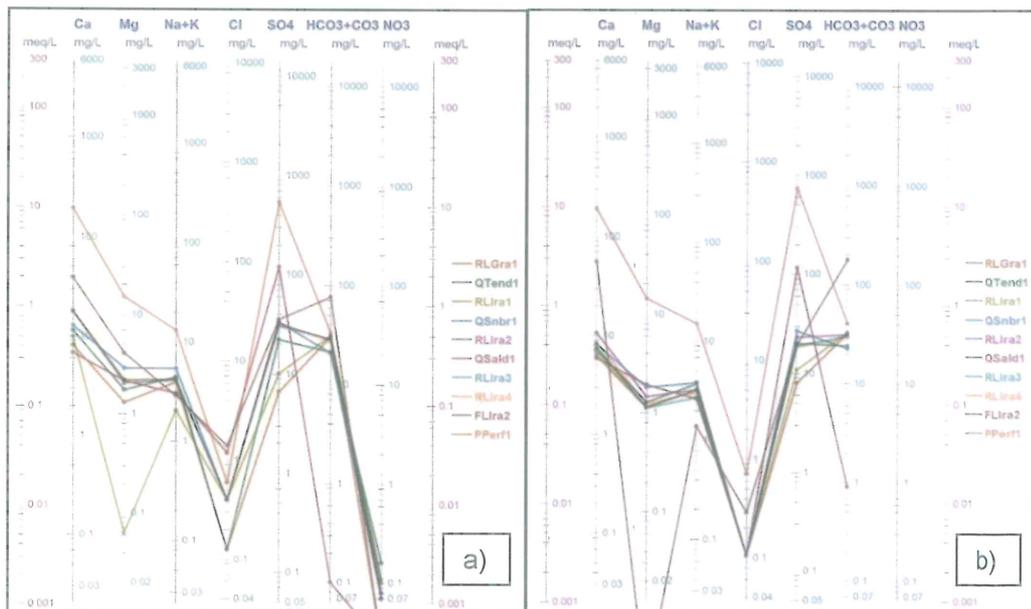


Figura 7-131. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la microcuenca del río La Ayraca a) época seca y b) época de lluvia

II. 4. Relaciones iónicas

En esta subsección se establece la relación del catión calcio (Ca^{2+}) con el anión Carbonato (HCO_3^-) y el anión sulfato (SO_4^{2-}) con el manganeso (Mn), de manera que se puedan diferenciar o agrupar los puntos de muestreo en razón a la proporcionalidad y concentración de los citados iones.



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»

De acuerdo a la Figura 7-132, los puntos de muestreo en la microcuenca muestran una relación de calcio y magnesio son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación 0,97 y 0,99 para época seca y de lluvia, respectivamente. La Figura 7-133, muestran una relación de calcio y estroncio son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 1 para época seca y de lluvia, respectivamente. La Figura 7-134, muestran una relación de sulfato y sodio son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 0,75 y 0,89 para época seca y de lluvia, respectivamente. Finalmente, en la Figura 7-135, muestran una relación de sulfato y estroncio son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 0,95 y 0,98 para época seca y de lluvia, respectivamente.

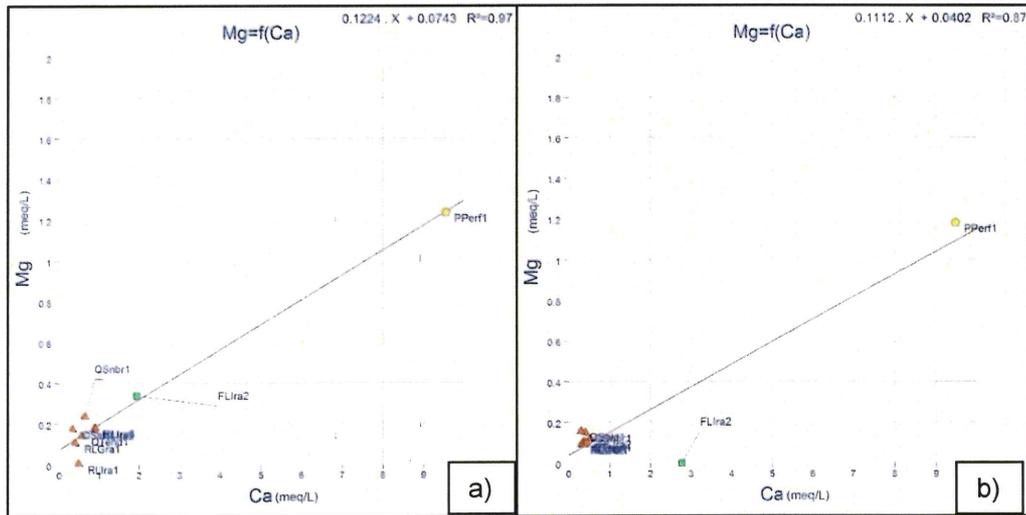


Figura 7-132. Relación calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mn) en la microcuenca La Ayraza a) época seca y b) época de lluvia

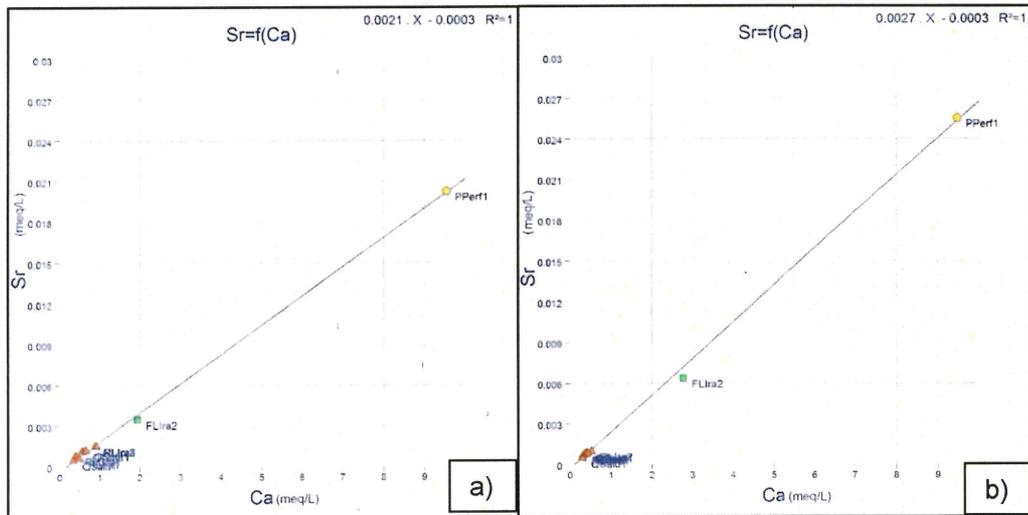


Figura 7-133. Relación calcio (Ca^{2+}) y estroncio (Sr) en la microcuenca La Ayraza a) época seca y b) época de lluvia



↑
K
LH
P
A
+
LPC



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

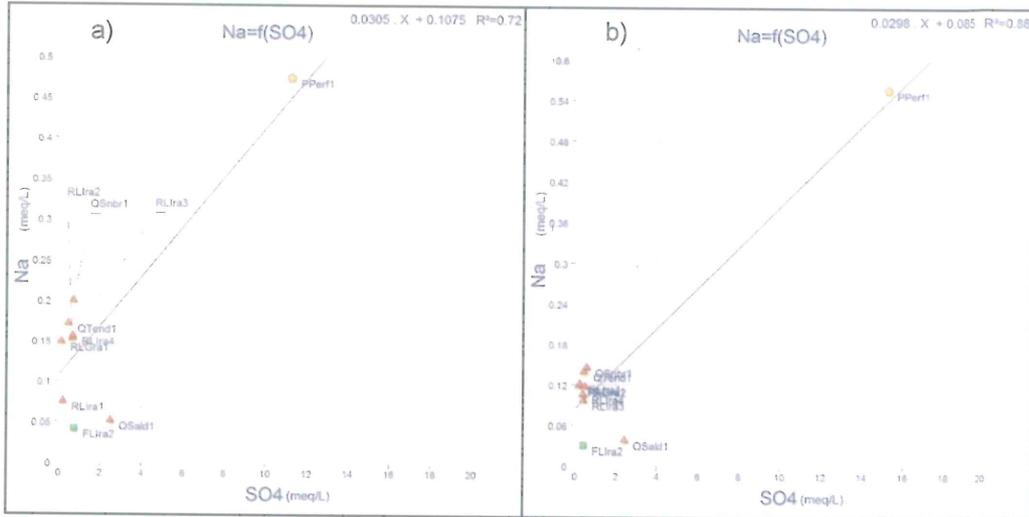


Figura 7-134. Relación de sulfato (SO_4^{2-}) y sodio (Na) en la microcuenca La Ayra a) época seca y b) época de lluvia

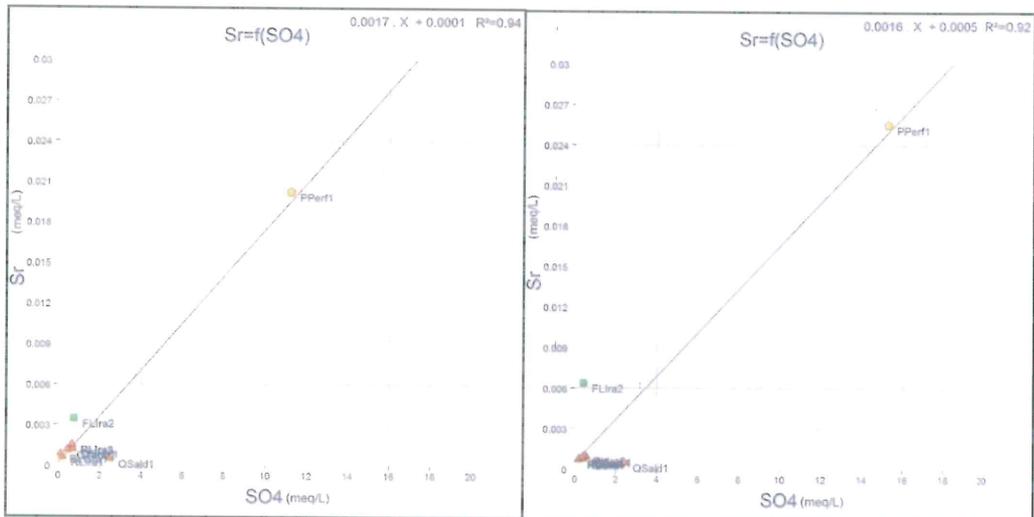


Figura 7-135. Relación sulfato (SO_4^{2-}) y estroncio (Sr) en la microcuenca La Ayra a) época seca y b) época de lluvia



Handwritten blue ink marks: an arrow pointing up, and several stylized signatures or initials.

II.5. Diagrama de Ficklin

Para este análisis se realizó la clasificación de los resultados de metales disueltos en agua con el diagrama de Ficklin (Figura 7-136). De esta clasificación, los puntos evaluados en los ríos, quebradas, el manantial y el afloramiento cercano a los pasivos mineros presentan características de neutrales y concentraciones bajas de metales, excepto en el punto en la quebrada Salada (QSald1) que presenta altas concentraciones de metales y concentraciones acidas en ambos periodos de muestreo (época seca y de lluvia).



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

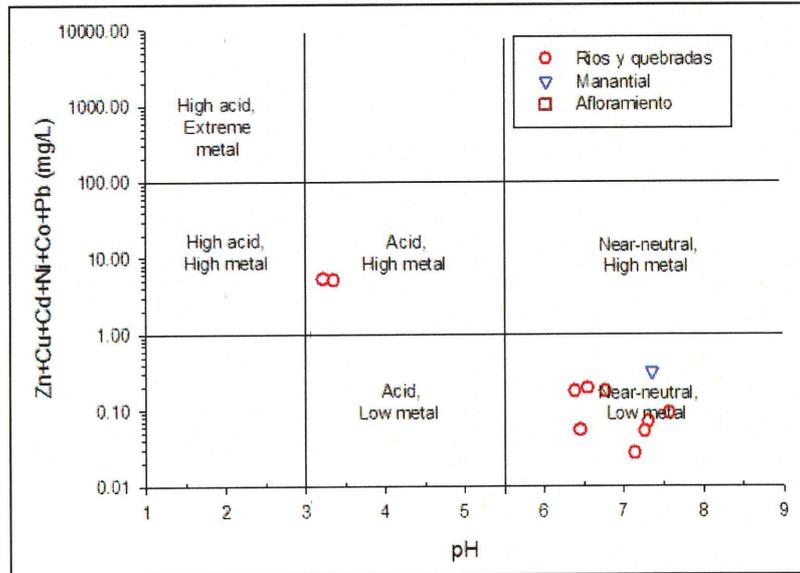


Figura 7-136. Diagrama Ficklin en la microcuenca del río La Ayraca

7.3.3. Zona III: Microcuenca Checos

7.3.3.1. Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las comunidades hidrobiológicas en la microcuenca Checos evaluada en los meses de septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia), donde se tomaron un total de 4 puntos de muestreo.

a. Perifiton

El perifiton será analizado en sus dos componentes: microalgas del perifiton o perifiton vegetal y microorganismos del perifiton o perifiton animal por cada microcuenca.

a.1. Microalgas

• Composición y riqueza

La muestra de microalgas en las dos épocas evaluadas estuvo representada por un total de 56 especies, las cuales están agrupadas en 26 familias, 14 órdenes y 3 clases, pertenecientes a 3 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 40 especies, Cyanobacteria con 13 especies y Charophyta con 3 especies, como se puede ver en el Anexo 2.

En la Figura 7-137 se presentan los valores de riqueza o número de especies de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los colores sólidos representan el cauce principal y los tramas el tributario.

El valor de riqueza de especies más alto corresponde al punto de muestreo HID-QSnbr3 con 23 especies, seguida de los puntos HID-QChec1 e HID-QChec2 en la evaluación de época de lluvia, los cuales están ubicados en la parte alta de la microcuenca, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-QChec3 (parte baja de la quebrada Checos antes de su confluencia con el río Paltic) con 8 especies en la evaluación de época de seca.



Handwritten blue annotations: an arrow pointing up, a checkmark, a signature, the letter 'P', another signature, and the letters 'UC'.



En lo que se refiere al nivel de phylum, en todos los puntos de muestreo y en ambas evaluaciones, el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de especies, mientras que el phylum Charophyta presenta la menor riqueza con 3 especies.

En cuanto a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de época de lluvia, excepto en el punto HID-QChec3.

Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Nitzschia gracilis* presente en todos los puntos de muestreo excepto en los puntos HID-QSnbr3 (evaluación de época de seca) e HID-QChec3 (evaluación de época de lluvia) y *Fragilaria capuccina* var. *gracilis* presente también en todos los puntos excepto en los puntos QChec1 e HID-QChec3 en la evaluación de época de lluvia.

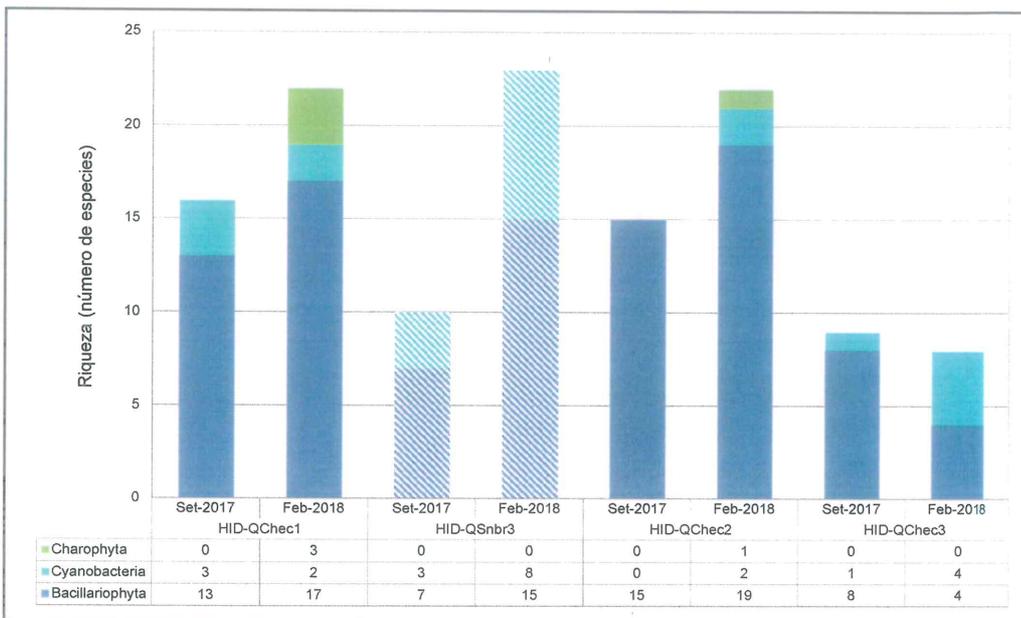


Figura 7-137. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Checos

• **Abundancia**

En la Figura 7-138 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Se aprecia que la abundancia de las microalgas está representada principalmente por 3 phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Charophyta, donde en todos los puntos de muestreo de ambas evaluaciones el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, con 1712000 organismos, seguida del phylum Cyanobacteria 72800 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en los puntos de muestreo HID-QSnbr3, HID-QChec2 e HID-QChec1 con 47200, 43360 y 43120 organismos respectivamente en la evaluación de febrero de 2018 ubicados en la parte alta del río Checos, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-QChec1 en la evaluación de septiembre de 2017 con 19200 organismos.

En los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones la abundancia de organismos es mayor en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias), en



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing to the stamp and the letters 'LPC' at the bottom.



comparación con la evaluación de época seca

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Microcoleus autumnalis* con 18 400 organismos, presente en los puntos HID-QChec1 e HID-QSnbr3 en ambas evaluaciones.

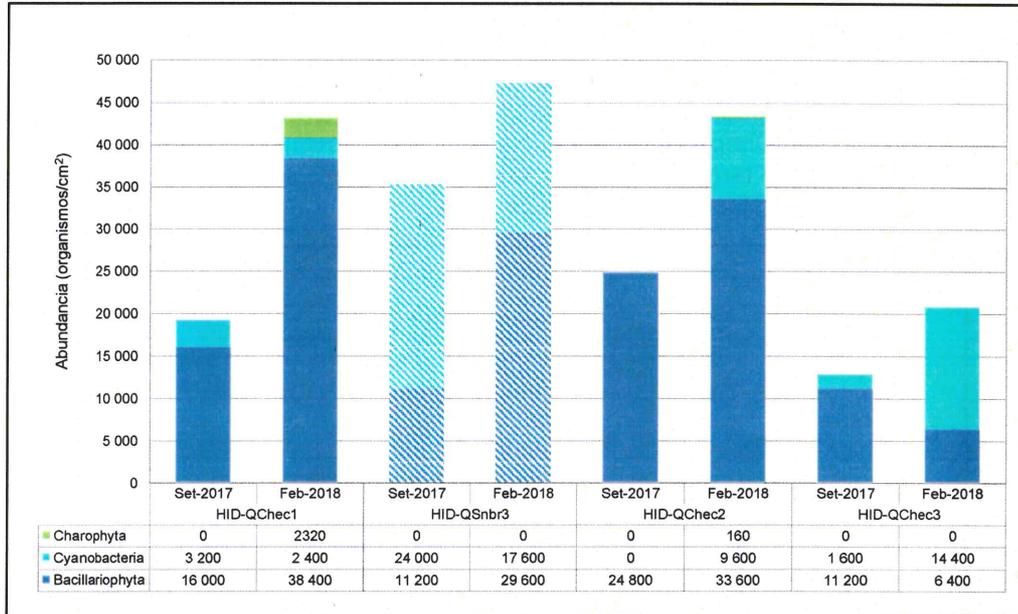


Figura 7-138. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Checos

Diversidad alfa

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-85.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentó en el punto de muestreo HID-QSnbr3 (afluente por la margen derecho de la quebrada Checos), mientras que el punto HID-QChec3 presenta los menores valores de especies efectivas, en la evaluación de febrero de 2018.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QChec1 en la evaluación de septiembre de 2017 (época seca) lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-85. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca Checos

Época de evaluación	Puntos de muestreo	N1	N2	J'
Septiembre 2017	HID-QChec1	14,47	13,09	0,9638
Febrero 2018		18,89	16,71	0,9508
Septiembre 2017	HID-QSnbr3	6,851	5,378	0,8357
Febrero 2018		20,10	18,04	0,9570
Septiembre 2017	HID-QChec2	12,93	11,31	0,9451
Febrero 2018		16,49	13,00	0,9067
Septiembre 2017	HID-QChec3	8,00	7,111	0,9464
Febrero 2018		5,591	4,507	0,8277



Handwritten notes and signatures in blue ink: an arrow pointing up, 'K', 'UA', 'P', a star-like symbol, 't', and 'LR'.



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

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J: Índice de equidad de Pielou
■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
▲ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

En la Figura 7-139 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que la quebrada Checos no tiene un porcentaje de similitud mayor al 50 %; sin embargo los puntos HID-QChec1 e HID-QSnbr3 en la evaluación de septiembre de 2017 (época seca) presentan un porcentaje de similitud mayor al 40 %, al igual que la evaluación febrero de 2018 (época de lluvia).

En el punto HID-QChec2 se observa un porcentaje mayor al 40 % de similitud luego entre las 2 evaluaciones realizadas.

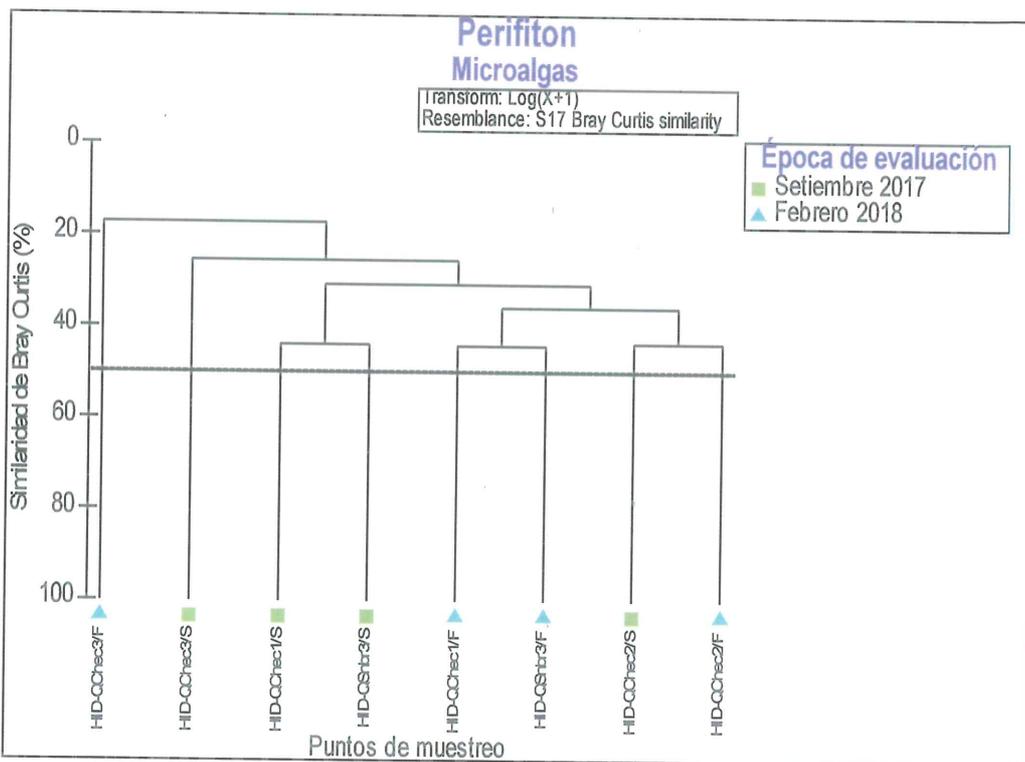


Figura 7-139. Dendrograma de similitud perifiton (microalgas) en la microcuenca Checos

Análisis de componentes principales (ACP)

Para el análisis de componentes principales (ACP) en la microcuenca Checos se consideraron las siguientes variables: parámetros in situ, tales como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; parámetros fisicoquímicos, los metales totales en agua superficial considerados en el ECA para Agua en la categoría 3: «Riego Vegetales y Bebida de Animales» y los metales totales cuyos resultados son mayores a los límites de cuantificación de análisis de laboratorio. Además se realizó el análisis de componentes principales por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y para febrero de 2018 (época de lluvia) por separado.



Handwritten notes and signatures in blue ink, including the letters 'K', 'LH', 'P', and 'HC'.



En la Tabla 7-86 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la microcuenca Checos, evaluados en época seca; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 3 componentes que fue de 100,0 %, el primer componente aportó un 58,63 % del potencial explicativo, el segundo 26,08 % del potencial explicativo y el tercero aportó el 15,20 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, hierro y manganeso, de los parámetros fisicoquímicos: cloruros; y los parámetros in situ: pH y oxígeno disuelto. Este primer componente presentó entre las concentraciones de los cloruros y los metales aluminio, hierro y manganeso correlaciones negativas con el pH y el oxígeno disuelto, lo cual indica que un aumento en la concentración de los cloruros, el aluminio, hierro y manganeso implica una disminución en el pH y el oxígeno disuelto.

El segundo componente presentó correlaciones positivas entre metal sodio, los bicarbonatos, los sólidos disueltos totales con la conductividad eléctrica, lo que indica una alta relación entre estos parámetros con la conductividad eléctrica.

Finalmente, el tercer componente presentó una correlación positiva entre los metales en agua, potasio total y zinc total.

Tabla 7-86. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca Checos, evaluados en época seca

Variables		Componentes		
		1	2	3
Parámetros in situ	pH	-0,952	-0,267	-0,148
	Oxígeno disuelto	-0,945	-0,141	0,295
	Conductividad	0,691	0,719	0
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Sólidos disueltos totales	0,679	0,734	0
	Cloruros	0,984	-0,177	0
	Bicarbonatos	-0,552	0,782	-0,289
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	0,990	-0,135	0
	Hierro total	0,996	0	0
	Manganeso total	0,766	-0,574	0,289
	Potasio total	0,273	0,409	0,871
	Sodio total	0	0,916	0,399
	Zinc total	-0,306	-0,365	0,879
Porcentaje de explicación por componente (%)		58,63	26,08	15,20

En la Tabla 7-87 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la microcuenca Checos, evaluados en época de lluvia; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 2 componentes que fue de 93,47 %, el primer componente aportó un 58,89 % del potencial explicativo y el segundo aportó el 34,58 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, cobre, hierro y manganeso, con los parámetros fisicoquímicos: cloruros y nitrógeno amoniacal y con los parámetros in situ de oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.



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



Este primer componente presentó que las concentraciones de los metales de aluminio, cobre, hierro y manganeso tienen correlaciones positivas con la conductividad eléctrica y correlaciones negativas con el oxígeno disuelto, lo que indicaría que un aumento en la concentración de estos metales implicaría un aumento de la conductividad eléctrica y disminución de la concentración del oxígeno disuelto. Por otro lado el nitrógeno amoniacal y los cloruros tienen correlaciones positivas con la concentración del oxígeno disuelto y correlaciones negativas con la conductividad eléctrica, por lo que la concentración de nitrógeno amoniacal y cloruros aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto también aumenta.

Por otro lado el segundo componente presentó que las concentraciones de sulfatos y potasio total presentan correlaciones negativas con el pH, lo que indica que si las concentraciones de sulfatos y potasio aumentan el pH disminuye, mientras que el potasio aumenta si aumenta el pH.

Tabla 7-87. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la microcuenca Checos, evaluados época de lluvia

Variables		Componentes	
		1	2
Parámetros in situ	pH	-0,548	0,833
	Oxígeno disuelto	-0,723	0,517
	Conductividad	0,837	-0,477
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Nitrógeno amoniacal	-0,781	0,169
	Cloruros	-0,899	-0,398
	Sulfatos	0,700	-0,704
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	0,839	0,538
	Cobre total	0,821	0,516
	Hierro total	0,994	
	Manganeso total	0,923	0,383
	Potasio total	0,583	0,812
	Zinc total	0,273	-0,956
Porcentaje de explicación por componente (%)		58,89	34,58

Análisis de correspondencia canónica (ACC)

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de microalgas y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de microalgas así como las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP, al igual que el análisis de ACP se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para época seca (septiembre de 2017) y de lluvia (febrero de 2018) por separado de las quebradas de la microcuenca Checos.

En la Tabla 7-88 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de época seca, explicada por los dos ejes seleccionados fue de 100 %, el primer eje explicó el 96,53% de la varianza, mientras que el segundo eje explicó el 5,47 %, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los dos primeros ejes.

Tabla 7-88. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,26181	0,015151
Varianzas	Varianza explicada (%)	94,53	5,47
	Varianza acumulada explicada (%)	94,53	100
	<i>Nitzschia gracilis</i>	0,730946	-1,84782



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

Correlación de las especies de microalgas	<i>Gomphonema parvulum</i>	1,99286	1,12079
	<i>Navicula cf. cryptotenella</i>	-0,781686	1,337
	<i>Navicula veneta</i>	-0,883302	0,384321
	<i>Fragilaria capuccina var. gracilis</i>	0,374375	0,250992
	<i>Kamptonema formosum</i>	-1,01959	-0,652465
	<i>Microcoleus autumnalis</i>	-0,960714	-0,0829418
Correlación de las variables ambientales	pH	-0,65099	0,495582
	Oxígeno Disuelto	-0,893947	0,0658429
	Cloruros	0,868868	-0,291321
	Aluminio total	0,877492	-0,271346
	Hierro total	0,844537	-0,328397
	Manganeso total	0,644455	-0,430943
Correlación entre puntos de muestreo	HID-QChec1	-0,427572	-0,0970869
	HID-QSnr3	-0,568509	-0,170718
	HID-QChec2	0,280127	0,284028
	HID-QChec3	1,06477	-0,115975

En la Figura 7-140 se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-88). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye el pH y el oxígeno disuelto, y aumenta las concentraciones de los cloruros, el aluminio, hierro y manganeso, la abundancia de las especies *Gomphonema parvulum* y *Fragilaria capuccina var. gracilis* aumenta, lo que indicaría la tolerancia de estas especies a estos factores, por el contrario la abundancia de las especies *Navicula cf. cryptotenella*, *Kamptonema formosum* y *Microcoleus autumnalis* disminuye, lo que indicaría su sensibilidad a estos factores.

Con respecto al eje 2, muestras una relación entre las especies *Nitzschia gracilis* y *Navicula cf. cryptotenella*, donde si la abundancia de una aumenta la otro disminuye.



↑
*
W
P
A
+
LPC



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

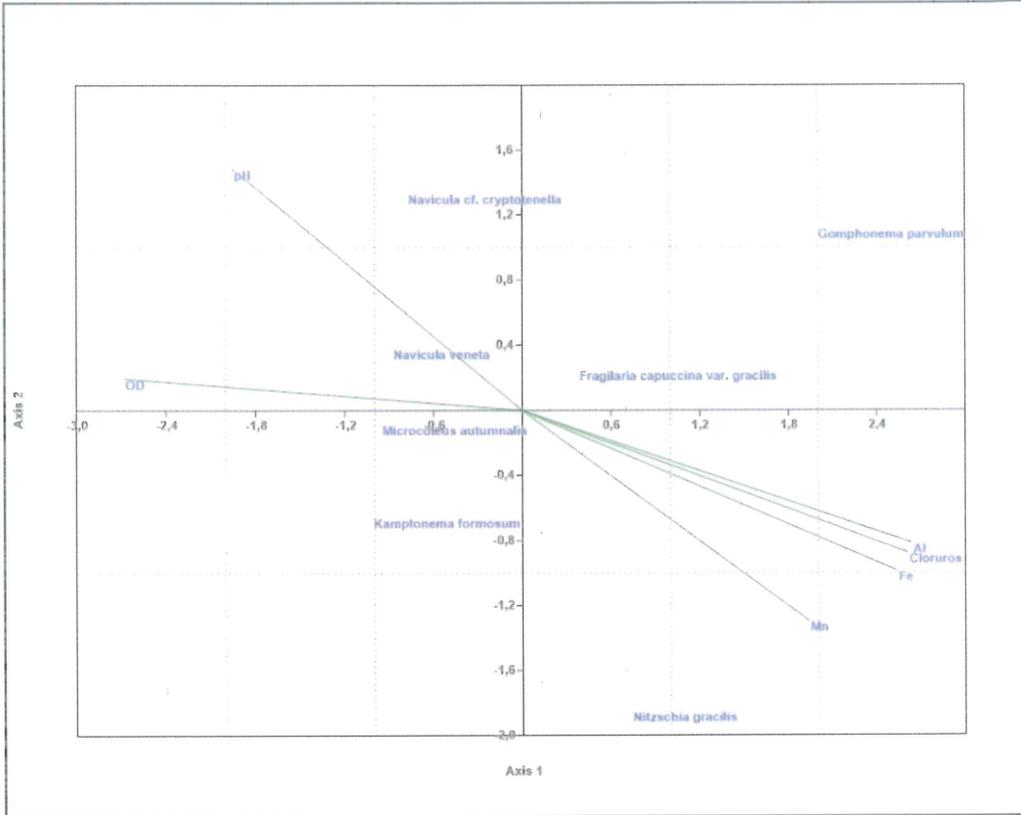


Figura 7-140. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época seca

En la Tabla 7-89 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de época de lluvia, explicada por los dos ejes seleccionados fue de 99,79 %, el primer eje explicó el 93,51 % de la varianza y el segundo eje explicó el 6,28 %, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los tres primeros ejes.

Tabla 7-89. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
Valor propio (eigenvalue)		0,24612	0,01653
Varianzas	Varianza explicada (%)	93,51	6,28
	Varianza acumulada explicada (%)	93,51	99,79
Correlación de las especies de microalgas	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	1,5412	-0,381575
	<i>Planothidium lanceolatum</i>	-0,92999	0,273086
	<i>Cocconeis placentula</i>	-0,775796	-0,736331
	<i>Nitzschia gracilis</i>	-0,785282	-0,672012
	<i>Gomphonema parvulum</i>	-0,874573	-0,0915048
	<i>Navicula angusta</i>	1,37323	-0,973002
	<i>Hannaea arcus</i>	0,36273	2,00448
Correlación de las variables ambientales	Oxígeno Disuelto	-0,201299	-0,238091
	Conductividad	0,364207	0,24723
	Cloruros	-0,969938	-0,412403
	Nitrógeno amoniacal	-0,814382	0,293029
	Aluminio total	0,942369	0,524459
	Cobre total	0,787642	0,746498
	Hierro total	0,792595	0,404331



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
	Manganeso total	0,902591	0,53853
Correlación entre puntos de muestreo	HID-QChec1	-0,00512224	-0,0973884
	HID-QSnbr3	-0,00526409	-0,0981194
	HID-QChec2	-0,606238	0,172131
	HID-QChec3	1,12571	0,172224

En la Figura 7-141, se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica de la evaluación de la época de lluvia (Tabla 7-89). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta la conductividad y la concentración de los metales aluminio, cobre, hierro y manganeso, la abundancia de las especies *Achnanthydium minutissimum* y *Navicula angusta* aumenta, lo que indicaría la tolerancia de estas especies a estos factores, en cambio la abundancia de las especies *Navicula angusta*, *Cocconeis placentula*, *Nitzschia gracilis* y *Gomphonema parvulum* disminuye, lo que indicaría la sensibilidad de estas especies a estos factores, además estas últimas también son sensibles a las concentraciones de nitrógeno amoniacal y los cloruros.

Con respecto al eje 2, se aprecia solo a la especie *Hannaea arcus*, aumenta su abundancia cuando disminuye la concentración de oxígeno disuelto, lo que indicaría su tolerancia a ambientes con baja concentración de oxígeno.

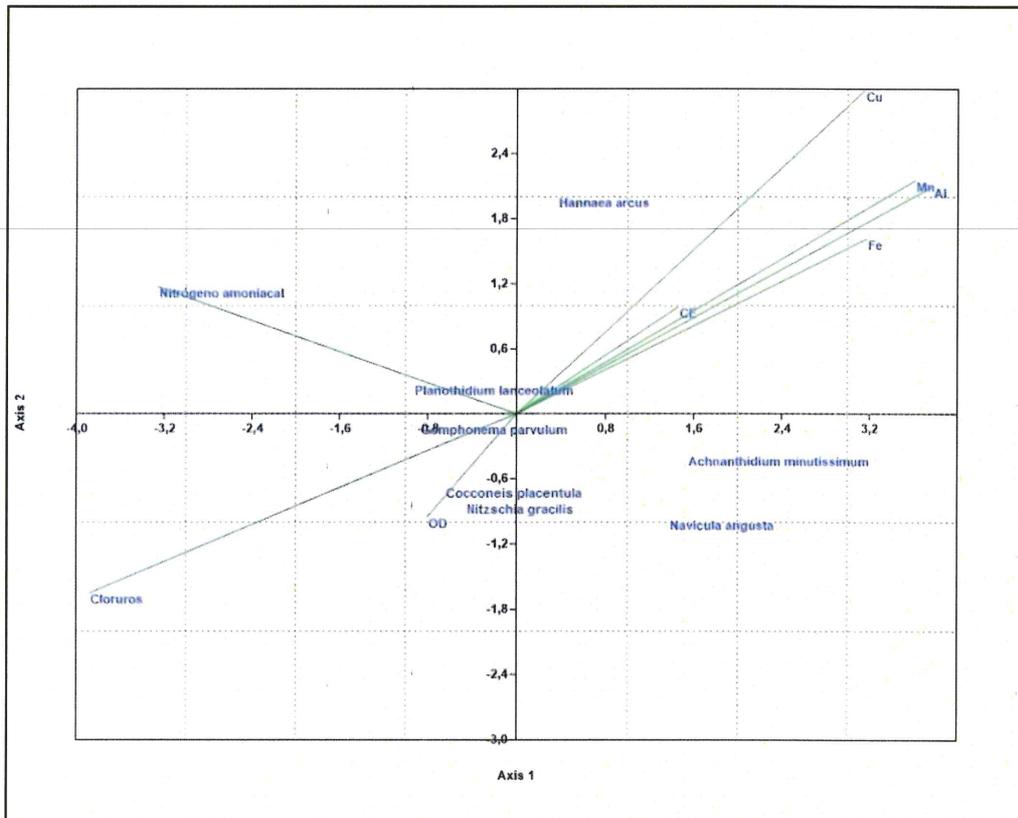


Figura 7-141. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época de lluvia

**a.2. Microorganismos**

En relación con los microorganismos como se muestra en la Tabla 7-90, se reportaron 5 especies, pertenecientes a 4 phyla: Cercozoa, Ciliophora, Rotífera y Nematoda, distribuidos en 3 puntos de muestreo. En el resto de puntos no se halló ningún organismo.

Se observa que en los puntos HID-QChec1 (ambas épocas evaluadas) e HID-QSnbr3 (época de lluvia) presentaron la misma riqueza con 2 especies.); mientras que, la mayor abundancia se registró en el punto HID-QChec1 con 112 organismos.

Tabla 7-90. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca Checos

Phylum	Especie	HID-QChec1		HID-QSnbr3
		Septiembre 2017	Febrero 2018	Febrero 2018
Organismos/cm ²				
Cercozoa	<i>Trinema</i> sp.	0	0	24
Ciliophora	<i>Euplotes</i> sp.	40	0	32
Ciliophora	<i>Holophrya</i> sp.	72	0	0
Rotífera	<i>Lecane agilis</i>	0	8	0
Nematoda	Nematoda	0	24	0
Total riqueza (S)		2	2	2
Total abundancia (N)		112	32	56

b. Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza**

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 42 especies, las cuales están agrupadas en 23 familias, 8 órdenes y 2 clases, pertenecientes al phyla Arthropoda presentan una notoria predominancia de la clase Insecta, como se puede ver en el Anexo 2.

En la Figura 7-142 se presentan los valores de riqueza o número de especies de los macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Los colores sólidos representan el río principal y las tramas, a los tributarios.

El valor de riqueza de especies más alto corresponde al punto de muestreo HID-QSnbr3 con 20 especies, seguida de los puntos HID-QChec1 con 14 especies en la evaluación de febrero de 2018, los cuales están ubicados en la parte alta de la microcuenca, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-QSnbr3 (parte baja de la quebrada Checos antes de su confluencia con el río Paltic) con 5 especies en la evaluación de septiembre 2017 (época de seca).

En lo que se refiere al nivel de orden, en todos los puntos de muestreo y en ambas evaluaciones, el orden Díptera presentó el mayor número de especies con 24 especies, mientras que los órdenes de menor riqueza con el Lepidoptera y Anphipoda con una sola especie en cada orden.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia).

Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Baetodes* sp. presente en todos los puntos de muestreo excepto en los puntos HID-QSnbr3 en la evaluación de septiembre



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



de 2017 (época de seca).

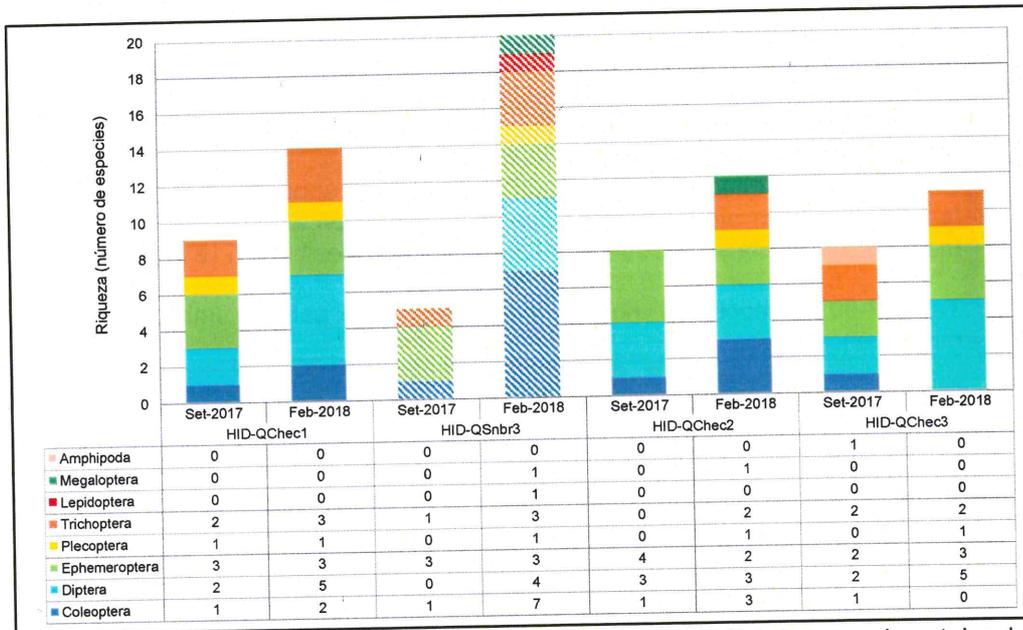


Figura 7-142. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Checos.

Abundancia

En la Figura 7-143 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Los colores sólidos representan el cauce principal y las trama, los tributarios. Se aprecia que la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos está representada principalmente por 4 órdenes: Ephemeroptera con 912 organismos, Diptera con 912 organismos, Diptera con 123 organismos y Trichoptera con 95 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en los puntos de muestreo HID-QChec1 con 429, seguida del punto de muestreo HID-QChec2 con 262 organismos en la evaluación de febrero de 2018, ambos puntos ubicados en la parte alta del río Checos, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-QSnbr3 en la evaluación de septiembre de 2017 (época de seca) con 9 organismos.

En los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones la abundancia de organismos es mayor en la evaluación de época de lluvias, en comparación con la evaluación de época seca.

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Baetodes* sp. con 711 organismos en ambas evaluaciones.



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with an arrow pointing up, followed by the letters 'd', 'u', 'p', 't', and 'lc' arranged vertically.



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

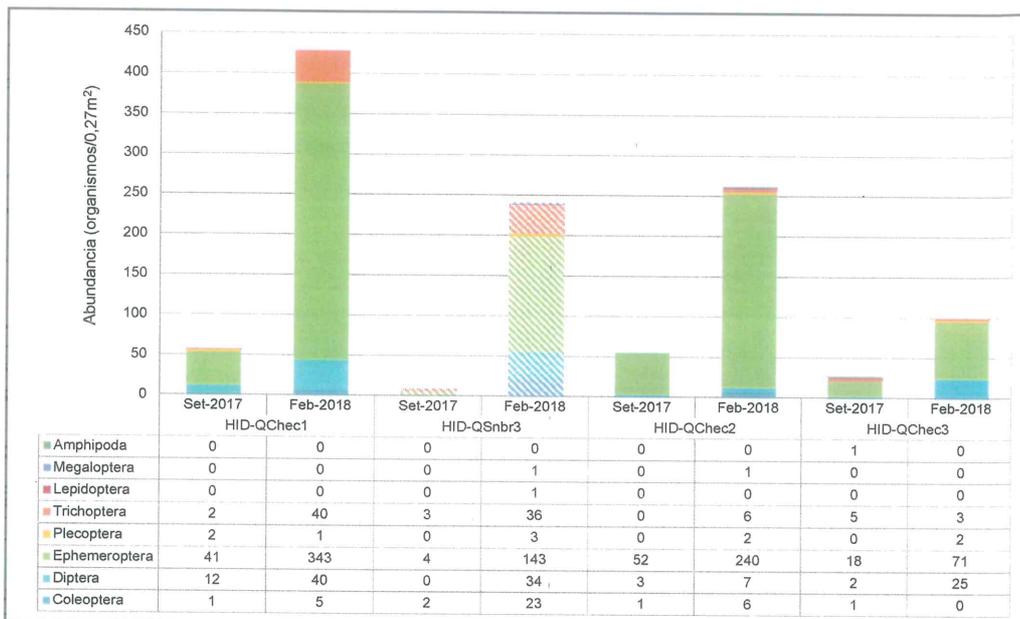


Figura 7-143. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Checos

Diversidad alfa

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-91.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentó en el punto de muestreo HID-QSnr3 (afluente por la margen derecho de la quebrada Checos) en la evaluación de época de lluvia, mientras que el punto HID-QChec3 presenta los menores valores de especies efectivas, en la evaluación de época de lluvia.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QSnr3 en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia) lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-91. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca Checos

Época de evaluación	Puntos de muestreo	N1	N2	J'
Septiembre 2017	HID-QChec1	4,76	3,763	0,7101
Febrero 2018		2,835	1,721	0,3949
Septiembre 2017	HID-QSnr3	4,586	4,263	0,9463
Febrero 2018		7,391	4,615	0,6677
Septiembre 2017	HID-QChec2	3,321	2,583	0,5771
Febrero 2018		2,181	1,475	0,3138
Septiembre 2017	HID-QChec3	4,463	2,904	0,7194
Febrero 2018		3,613	2,248	0,5357

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



Diversidad beta

En la Figura 7-144 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que la quebrada Checos en los puntos de muestreo HID-QChec1 e HID-QChec2 presentan un porcentaje de similitud mayor al 50 % en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia), asimismo estos puntos presentan un porcentaje de similitud de especies mayor al 50 % en la evaluación de septiembre de 2017 (época de seca).

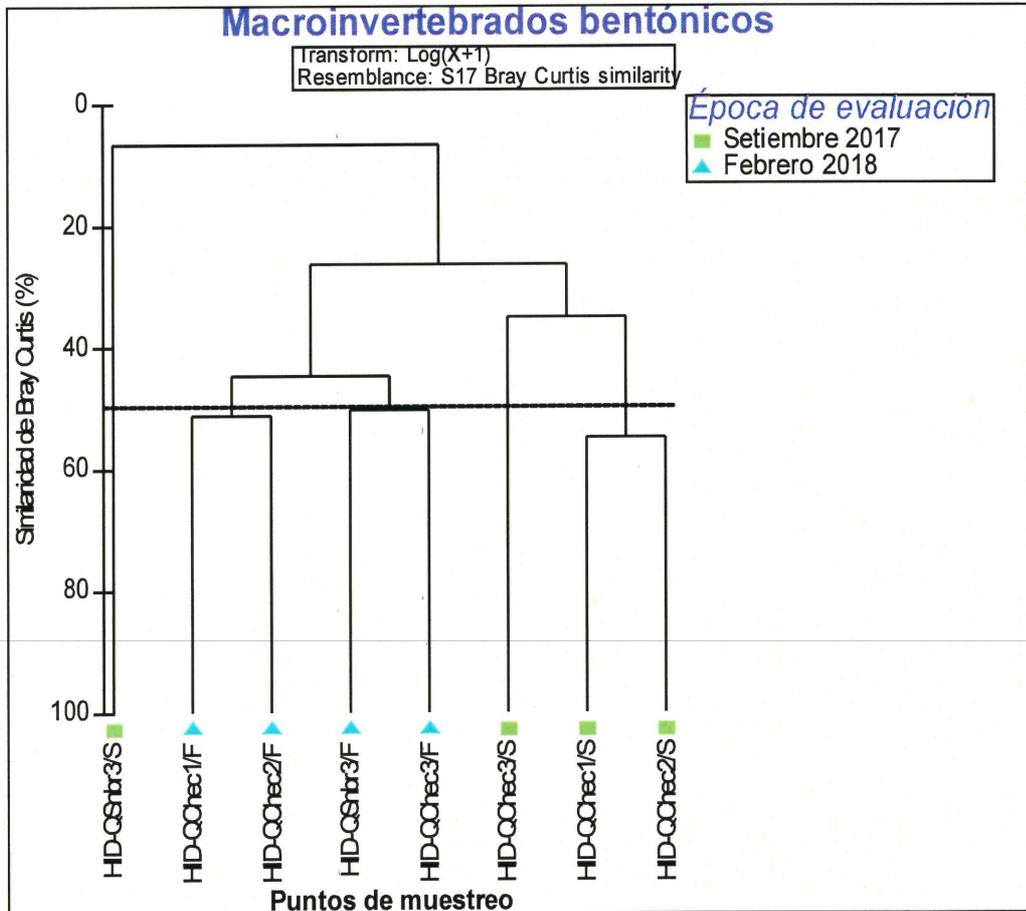


Figura 7-144. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Checos

Análisis de correspondencia canónica (ACC)

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos se aplicó el análisis de correspondencia canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP realizado en el ítem de perifiton. Se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia) separados para las quebradas de la microcuenca Checos.

En la Tabla 7-92 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales, explicada por los tres ejes seleccionados fue de



Handwritten blue annotations: a vertical line with an arrow pointing up, and several small symbols including a star, a cross, and the letters 'HC'.



100 % en la época seca, el primer eje explicó el 68,86 % de la varianza y el segundo eje explicó el 31,14 % de la varianza, la interpretación se basa en los dos ejes.

Tabla 7-92. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,29164	0,1319
Varianzas	Varianza explicada (%)	68,86	31,14
	Varianza acumulada explicada (%)	68,86	100
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Macrelmis</i> sp.	-1,03927	-1,02106
	<i>Hexatoma</i> sp.	0,222387	2,29176
	<i>Andesiops</i> sp.	-0,95764	-0,173061
	<i>Baetodes</i> sp.	0,430292	-0,347472
	<i>Thraulodes</i> sp.	-0,884614	1,04941
	<i>Leptohyphes</i> sp.	2,00011	-1,46706
	<i>Cailloma</i> sp.	1,92573	0,854331
	Hydropsychidae ND	-1,0051	-0,423212
Correlación de las variables ambientales	pH	-0,57352	0,176523
	Oxígeno Disuelto	-0,744619	0,375619
	Cloruros	0,88155	0,0402201
	Aluminio total	0,868358	-0,015366
	Hierro total	0,833059	-0,0187423
	Manganeso total	0,860031	0,555894
Correlación entre puntos de muestre	HID-QChec1	-0,18183	0,416208
	HID-QSnr3	-0,990637	-0,308696
	HID-QChec2	-0,12204	-0,435085
	HID-QChec3	1,04788	-0,0789951



En la Figura 7-145, se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-56). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye el pH y la concentración de oxígeno disuelto y aumenta las concentraciones de los cloruros, aluminio, hierro y manganeso la abundancia de las especies *Baetodes* sp., *Leptohyphes* sp. y *Cailloma* sp. aumenta progresivamente, mientras que la abundancia de las especies *Macrelmis* sp., *Andesiops* sp. disminuye, lo que indica la sensibilidad de estas especies a estos factores.

Con respecto al eje 2, se observa una relación positiva entre la abundancia de las especies *Hexatoma* sp. y *Thraulodes* sp.



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

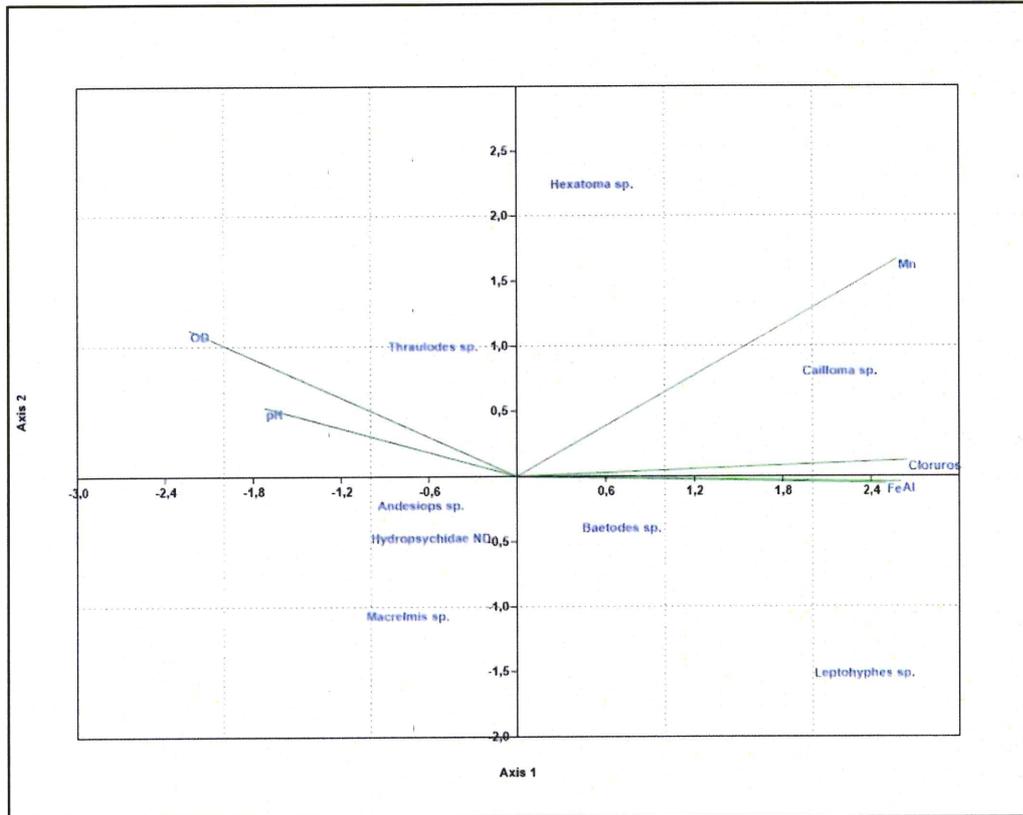


Figura 7-145. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos evaluados en la época seca

En la Tabla 7-93 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales en la época de lluvia fue de 100%, explicada por los 3 ejes seleccionados, el primer eje explicó el 47,84 % de la varianza, el segundo eje explicó el 35,34 % y el tercer eje explicó el 16,82 % de la varianza, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los 3 primeros ejes.

Tabla 7-93. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos evaluados en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,23186	0,17129	0,081531
Varianzas	Varianza explicada (%)	47,84	35,34	16,82
	Varianza acumulada explicada (%)	47,84	83,18	100
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Austrelmis</i> sp.	0,34121	0,0976415	-2,94435
	<i>Austrelmis</i> sp. 1	1,23638	1,55648	1,33182
	<i>Heterelmis</i> sp.	0,197705	0,116983	-2,99022
	<i>Phanocerus</i> sp.	1,69502	1,05252	0,361494
	Psephenidae ND	2,14344	0,559785	-0,587215
	<i>Bezzia</i> sp.	1,44512	-1,8125	0,0654271
	<i>Cricotopus</i> sp.	0,0486519	-1,50427	-0,561992
	<i>Pentaneura</i> sp.	1,34996	1,43168	1,09152
	<i>Simulium</i> sp.	-0,158118	-0,492758	-0,211606
	<i>Baetodes</i> sp.	-0,391472	0,0255622	0,390888
<i>Thraulodes</i> sp.	-1,21811	1,25017	0,774211	



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing to the stamp and the initials 'LPC' 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»

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
	<i>Leptohyphes</i> sp.	-1,28348	-2,96639	1,48855
	<i>Anacroneuria</i> sp.	0,274238	-0,307703	0,706382
	<i>Smicridea</i> sp.	1,60279	0,0999264	0,279756
	<i>Limnephilidae ND 1</i>	-1,76584	1,29192	-1,31834
Correlación de las variables ambientales	Oxígeno Disuelto	-0,87327	0,276092	-0,387126
	Conductividad	0,809036	-0,435557	0,376468
	Cloruros	0,0668672	0,95841	-0,359412
	Nitrógeno amoniacal	-0,270674	0,875462	0,296772
	Aluminio total	-0,161883	-0,91419	0,459168
	Cobre total	-0,0518779	-0,753467	0,714668
	Hierro total	0,385306	-0,821956	0,440174
	Manganeso total	0,0414532	-0,89255	0,511506
Correlación entre puntos de muestreo	QChec1	-0,574204	0,0825627	-0,314287
	QSnbr3	0,668108	-0,0401211	-0,175681
	QChec2	-0,0410129	0,531748	0,352514
	QChec3	-0,19323	-0,73945	0,292719

En la Figura 7-146 se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los 3 ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-93). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumentan la conductividad eléctrica y disminuye el oxígeno disuelto la abundancia de las especies *Phanocerus* sp., *Psephenidae* ND y *Smicridea* sp. aumenta, por otro lado la abundancia de las especies *Baetodes* sp. y *Limnephilidae ND 1* disminuye.

Con respecto al eje 2, a medida que aumenta la concentración de los cloruros y el nitrógeno amoniacal y disminuye la concentración de los metales aluminio, cobre, hierro y manganeso, la abundancia de las especies *Austrelmis* sp. 1, *Pentaneura* sp. y *Thraulodes* sp. aumenta, mientras que la abundancia de las especies *Bezzia* sp., *Cricotopus* sp., *Simulium* sp. y *Leptohyphes* sp. disminuye.

Finalmente, en el eje 3, se observa que a medida que cuando hay abundancia de la especie *Anacroneuria* sp., indicadora de buena calidad de agua, hay disminución de las especies *Austrelmis* sp. y *Heterelmis* sp.



Handwritten marks and signatures on the left margin, including a blue arrow pointing up, a star-like symbol, and several illegible signatures.



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

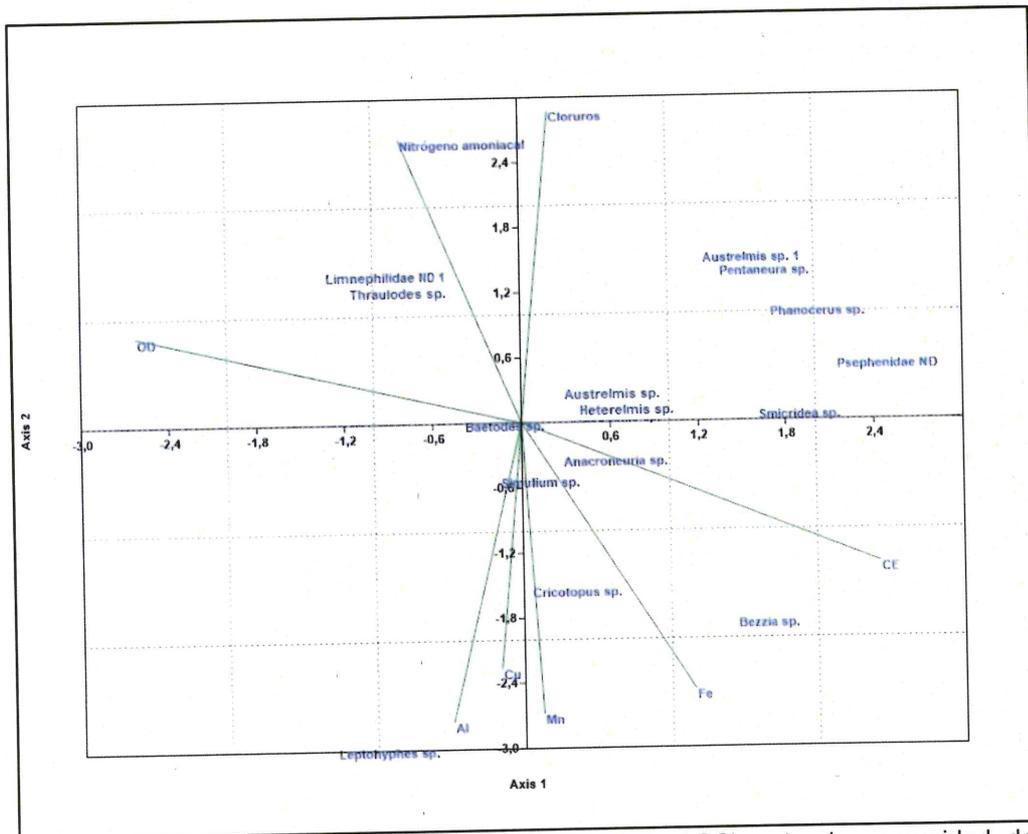


Figura 7-146. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la microcuenca Checos evaluados en la época de lluvia



c. **Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua**

En la Tabla 7-94 se presenta la calidad hidromorfológica obtenida de las características de hábitat en cada punto de muestreo, la calidad biológica y la calidad ecológica según el protocolo CERA-S y el índice ABI en la microcuenca Checos (ver Anexo 6). Los resultados de este análisis fueron tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

Se puede observar, que los puntos evaluados de acuerdo a las características de los hábitats registran una calidad moderada, esto puede estar asociado a las características de los cuerpos de agua que son del tipo rocoso, además se puede observar que en el punto HID-QChec2, ubicada en la quebrada Checos en la evaluación de septiembre de 2017 (época de seca) presenta una mala calidad, mientras que en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia) presenta una buena calidad, lo que podría deberse probablemente a las actividades antropogénicas alrededor de este punto, lo que podría estar causando estas fluctuaciones de calidad biológica.

Tabla 7-94. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca Checos.

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-QChec1	Septiembre 2017	Buena	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Moderada	Moderada
HID-QSnbr3	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada

Handwritten notes in blue ink: 1, 4, Ut, P, A, T, Lpc



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

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
	Febrero 2018	Moderada	Buena	Moderada
HID-QChec2	Septiembre 2017	Buena	Mala	Mala
	Febrero 2018	Buena	Buena	Buena
HID-QChec3	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Moderada	Buena	Moderada

En la Figura 7-147 se describen el comportamiento de las especies bioindicadoras por punto de muestreo en la microcuenca Checos. Se observó la quebrada sin nombre 3 (HID-QSnbr3), aportante de la quebrada Checos, en la evaluación de época de lluvia presenta en mayor número de especies sensibles, mientras que la quebrada Checos (HID-QChec1) en época de lluvia registra el mayor número de especies tolerantes a factores adversos.

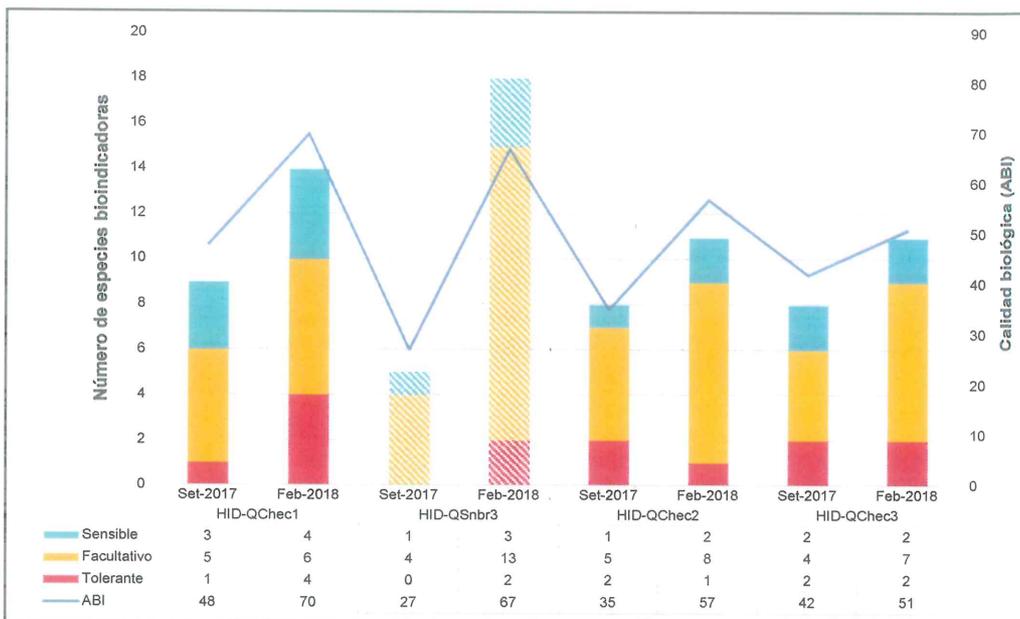


Figura 7-147. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca Checos

d. Peces

La evaluación de la ictiofauna (peces) se realizó mediante el uso de una red de mano o cal, como se muestra en la Tabla 7-95 se reportaron 3 especies de peces conocidos como bagres, pertenecientes a la familia Astroblepidae y al orden Siluriformes distribuidos en 4 puntos de muestreo tomados en el río Checos.

En los puntos de muestreo HID-QChec1 e HID-QChec2 presentaron 2 de las 3 especies colectadas, además la especie *Astroblepus* sp. 1 moteado se colectó en 3 de los puntos de muestreo evaluados. Por otro lado el punto HID-QChec3 en la quebrada Checos, antes de su afluencia al río Paltic, presenta la abundancia más alta con 4 organismos.

Finalmente la especie *Astroblepus* sp. 1 moteado fue la de mayor riqueza (presente en 3 puntos de muestreo) y abundancia (con 6 organismos en todos los puntos de muestreo).



**Tabla 7-95.** Composición, riqueza y abundancia de peces (necton) en la microcuenca Checos

Cuerpo de agua		Quebrada Checos	Quebrada sin nombre	Quebrada Checos	Quebrada Checos
Código del punto de muestreo		HID-QChec1	HID-QSnbr3	HID-QChec2	HID-QChec3
Fecha de colecta		13/02/2018	13/02/2018	13/02/2018	13/02/2018
Hora de Colecta		12:25	16:10	13:45	17:00
Orden	Especie				
Siluriformes	<i>Astrolepus</i> sp. 1 moteado	1	0	1	4
	<i>Astrolepus grivalvii</i>	2	1	0	0
	<i>Astrolepus</i> sp. 2	0	0	1	0
Riqueza (S)		2	1	2	1
Abundancia (N)		3	1	2	4

Fuente: Informe de ensayo N° IC002-2018-OEFA/DEAM

7.3.3.2. Caracterización geológica

Para la interpretación de las características geológicas en esta microcuenca, este capítulo describirá en la microcuenca Ayraça.

7.3.3.3. Evaluación hidroquímica

Para la caracterización hidroquímica en la microcuenca Checos se han considerado los mismos puntos que para calidad de agua. Antes de realizar la evaluación hidroquímica se evalúa el cálculo del error de balance iónico y luego la representación a través de los diagramas hidroquímicos y el análisis de las relaciones iónicas, como se muestra en las subsecciones que se presentan a continuación.

Para la evaluación del balance iónico y los diagramas hidroquímicos, los cuerpos de agua superficial (quebradas y manantiales), las concentraciones en meq/L se calcularon y graficaron en base a los metales disueltos.

I. Error de Balance iónico (EBI)

Según la Tabla 7-96, para la microcuenca Checos durante septiembre de 2017 – época seca, los puntos QChec1 y QSnbr3 presentaron un EBI mayor al 10 %, con pH ligeramente ácido: 6,84 y 6,75 respectivamente.

Asimismo, de acuerdo a la Tabla 7-97, para la microcuenca Checos durante febrero de 2018 – época lluviosa, todos los puntos presenta un EBI mayor a 10 % con excepción del punto QChec3. Cabe mencionar que en la mayoría de los puntos que superan el EBI, se observa que la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50% por la variabilidad relativa existentes a este nivel, por lo que podría esperarse que el EBI supere el $\pm 10\%$, para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Nordstrom *et al.* (2008) consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar $< \pm 20\%$.





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 7-96. Error de balance iónico de la microcuenca Checos en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca

Punto de muestreo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCa	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	EBI
	Concentración (mg/L)					Concentración (meq/L)					%										
QChec1	2,25	0,30	0,94	2,45	5,94	6,0	0,13	1,6	0,93	8,66	0,11	0,02	0,024	0,11	0,27	0,1	0,00	0,03	0,02	0,15	28,1%
QChec2	3,24	0,63	0,94	2,62	7,43	10,0	0,13	5,5	0,84	16,47	0,16	0,05	0,024	0,11	0,35	0,2	0,00	0,11	0,01	0,30	8,6%
QChec3	3,72	1,03	1,16	2,91	8,83	5,0	0,40	13,2	0,66	19,26	0,19	0,09	0,030	0,13	0,43	0,1	0,01	0,27	0,01	0,38	6,0%
QSnbr3	5,20	1,10	1,01	6,59	13,90	11,0	0,13	9,76	0,93	21,82	0,26	0,09	0,026	0,29	0,66	0,2	0,00	0,20	0,02	0,40	24,5%
FNatu5	12,76	6,58	1,10	8,44	28,88	22,4	0,8	52,4	0,97	76,57	0,64	0,54	0,028	0,37	1,57	0,4	0,02	1,09	0,02	1,50	2,5%

Ca²⁺: Calcio disuelto, Mg²⁺: Magnesio disuelto, K⁺: Potasio disuelto, Na⁺: Sodio disuelto, HCO₃⁻: Bicarbonatos, Cl⁻: cloruros, SO₄²⁻: sulfatos y NO₃⁻: Nitratos.

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos

Tabla 7-97. Error de balance iónico de la microcuenca Checos en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia

Punto de muestreo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCa	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	EBI
	Concentración (mg/L)					Concentración (meq/L)					%										
QChec1	1,6	0,26	0,79	2,07	4,72	11,8	0,97	8,0	0,00	20,77	0,08	0,02	0,02	0,09	0,21	0,2	0,03	0,17	0	0,39	-29,4%
QChec2	2,65	0,51	0,78	2,29	6,23	13	1,04	8,1	0,00	22,14	0,13	0,04	0,02	0,10	0,29	0,2	0,03	0,17	0	0,41	-16,7%
QChec3	3,1	0,72	1,07	2,54	7,43	10,6	0,49	10,9	0,00	21,99	0,15	0,06	0,03	0,11	0,35	0,2	0,01	0,23	0	0,41	-8,2%
QSnbr3	4,25	0,89	0,67	2,49	8,30	15,2	-0,89	13,9	0,00	29,99	0,21	0,07	0,02	0,11	0,41	0,2	0,03	0,29	0	0,56	-15,7%
FNatu5	9,65	4,89	0,97	7,30	22,80	24,1	0,11	66,9	0,00	91,11	0,48	0,40	0,02	0,32	1,23	0,4	0,00	1,39	0	1,79	-18,7%

Ca²⁺: Calcio disuelto, Mg²⁺: Magnesio disuelto, K⁺: Potasio disuelto, Na⁺: Sodio disuelto, HCO₃⁻: Bicarbonatos, Cl⁻: cloruros, SO₄²⁻: sulfatos y NO₃⁻: Nitratos.

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos



Handwritten marks: a checkmark, the letters 'K', 'H', 'P', a star, a plus sign, and the letters 'LRC'.



II. Diagramas hidroquímicos

Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.

También se presentan los diagramas compuestos por tres ejes paralelos conocidos como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en cuatro rangos de valores hidroquímicos predominantes con respecto a los iones bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^+) y/o sulfatos (SO_4^-) en meq/L: de 0 a 0,2; de 0,2 a 0,4 y de 0,4 a 1,5 Meq/L.

II. 1. Diagrama de Piper

Los resultados mostrados en la Figura 7-148a para el muestreo realizado en época seca indican que en la quebrada Checos (QChec1 y QChec2) son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en la quebrada Checos (QChec3), la quebrada sin nombre 3 y el manantial natural (FNatu5), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas.

El punto de muestreo en la quebrada Checos (QChec3), la quebrada sin nombre 3 y el manantial natural (FNatu5) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatada, según los porcentajes de cationes que registra:

- QChec3: 43,49 % de Ca^{2+} y 29,4 % Na^+
- QSnbr3 39,17 % de Ca^{2+} y 43,28 % Na^+
- FNatu5: 40,46 % de Ca^{2+} y 23,33 % Na^+

Los puntos en la quebrada Checos (QChec1 y QChec2) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de cationes que registra:

- QChec1: 41,91 % de Ca^{2+} y 39,84 % Na^+
- QChec2: 46,06 % de Ca^{2+} y 32,44 % Na^+

Los resultados mostrados en la Figura 7-148b para el muestreo realizado en febrero de 2018 indican que el punto la quebrada Checos (QChec2) son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en la quebrada Checos (QChec3), la quebrada sin nombre 3 y el manantial natural (FNatu5), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas

El punto de muestreo en la quebrada Checos (QChec3) y el manantial natural (FNatu5) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatada, según los porcentajes de aniones que registra:

- QChec3: 43,98 % de Ca^{2+} y 31,46% Na^+
- FNatu5: 39,28 % de Ca^{2+} y 32,8 % Mg



1
d
u
P
A
f
LCC



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 punto en la quebrada Checos (QChec2) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de aniones que registra:

- QChec2: 45,04 % de Ca^{2+} y 33,93 % Na^+

En relación al punto ubicado en la quebrada Checos (QChec1), de acuerdo al diagrama de Piper, se encuentra en el sector Bicarbonatadas Sódicas; se separa ligeramente de los demás puntos de muestreo en la microcuenca de la quebrada Checos, debido a tiene mayor porcentaje de Na^+ .



↑
K
W
P
A
T
Lac



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»

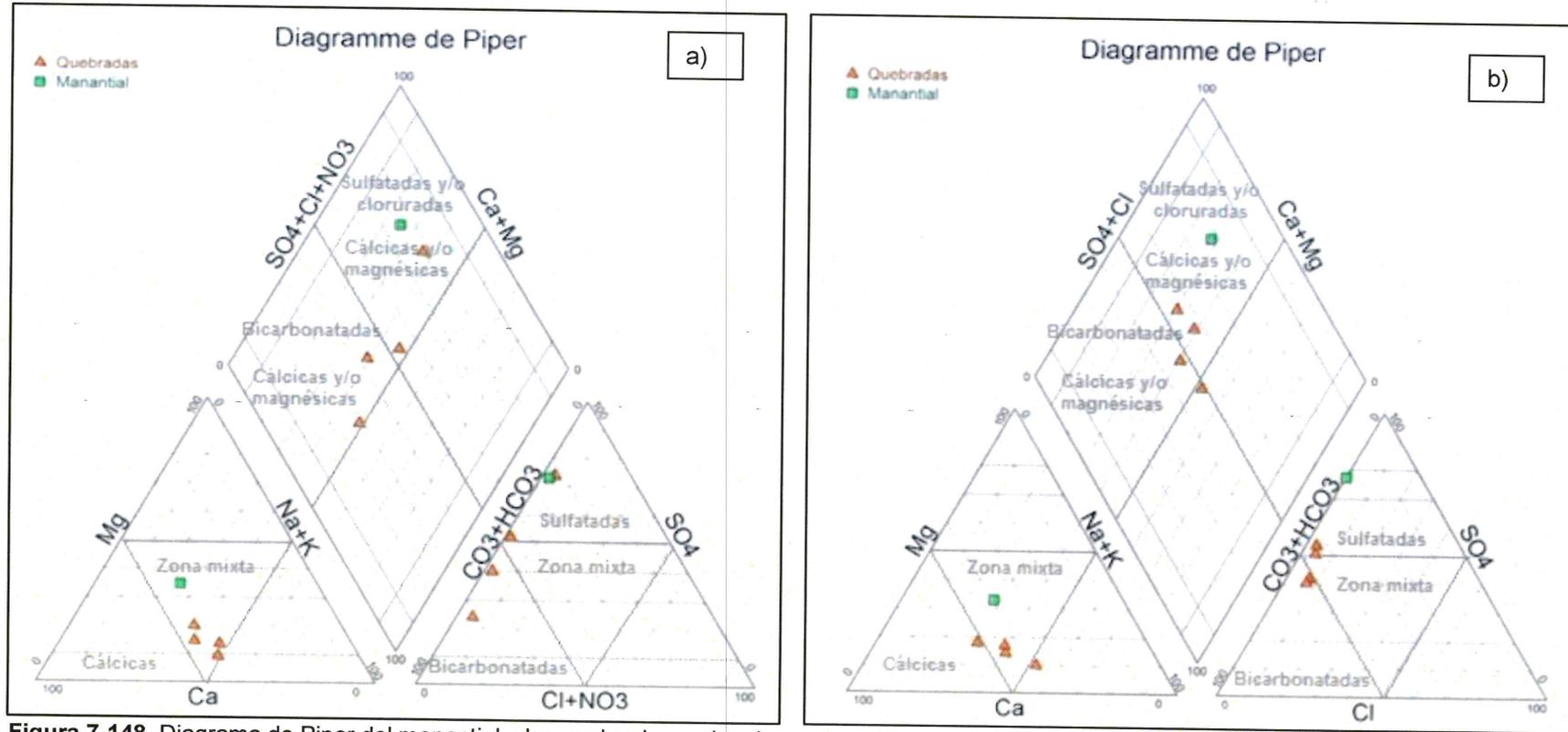


Figura 7-148. Diagrama de Piper del manantial y las quebradas en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with a checkmark, followed by 'P', 'F', 'T', and 'HC'.



II. 2. Diagrama de Stiff

De acuerdo a la Figura 7-149a, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época seca:

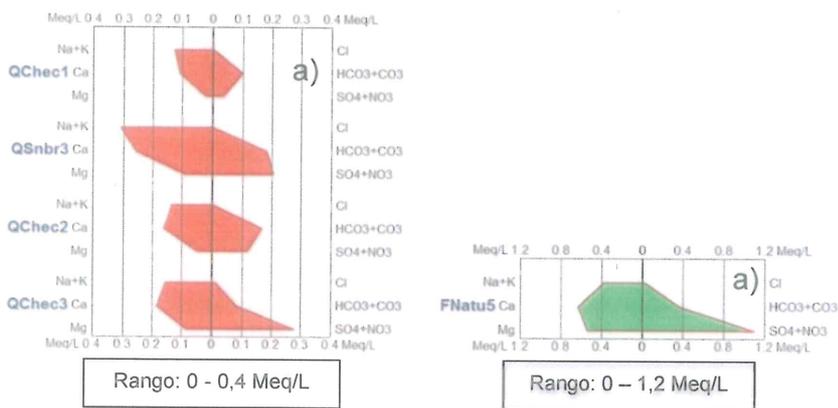
- 0 a 0,2 meq/L: Quebrada Checos (QChec1) con 0,11 como promedio de Na^+ y $0,09$ de HCO_3^- ; (QChec2) con 0,16 como promedio de Ca^{2+} y $0,16$ de HCO_3^- .
- 0,2 a 0,4 meq/L: Quebrada sin nombre 3 (QSnbr3) con 0,29 como promedio de Na^+ y $0,20$ de SO_4^{2-} , Quebrada Checos (QChec3) con 0,18 como promedio de Ca^{2+} y $0,27$ de SO_4^{2-} .
- 0,4 a 1,2 meq/L: Manantial natural (FNatu5) con 0,63 para Ca^{2+} y $1,09$ para de SO_4^{2-} .

De acuerdo a la Figura 7-149b, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época de lluvia:

- 0 a 0,3 meq/L: Quebrada Checos (QChec1) con 0,09 como promedio de Na^+ y $0,19$ de HCO_3^- ; (QChec2) con 0,13 como promedio de Ca^{2+} y $0,21$ de HCO_3^- , (QChec3) con 0,15 como promedio de Ca^{2+} y $0,23$ de SO_4^{2-} y la quebrada sin nombre (QSnbr3) con 0,21 como promedio de Ca^{2+} y $0,29$ de SO_4^{2-} .
- 0,3 a 1,5 meq/L: Manantial natural (FNatu5) con 0,48 para Ca^{2+} y $1,39$ para de SO_4^{2-} .



Handwritten notes: a vertical list of characters including 'P', 'A', 'L', 'L', 'C' and other symbols.





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

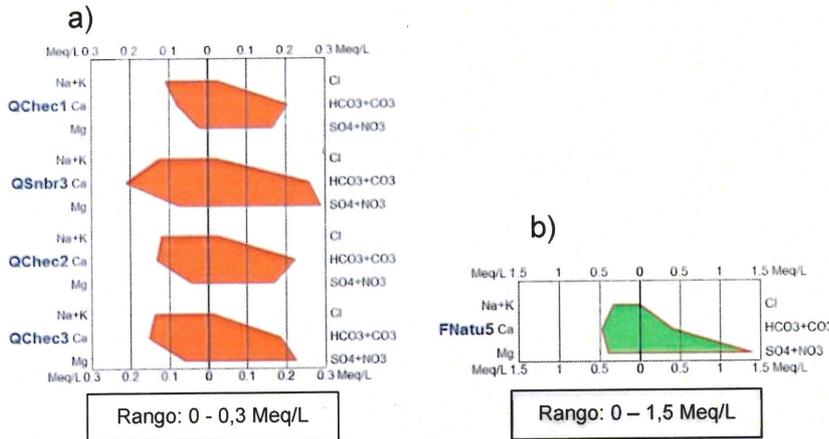


Figura 7-149. Diagrama de Stiff en el manantial y quebradas de la microcuenca Checos a) época sec y b) época de lluvia

II. 3. Diagramas de Schöeller Berkloff

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-150a en el muestreo realizado en época seca, el punto ubicado en el manantial natural (FNatu5) registro las mayores concentraciones de los cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg), sodio y potasio ($Na^+ + K$) y los aniones cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) y bicarbonatos ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$).

En tanto, los puntos en la quebradas sin nombre (QSnbr3) y Checos (QChec3), mostraron similares concentraciones de cloruros (Cl^-) y bicarbonatos ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$). Asimismo; los puntos en la quebrada Checos (QChec1 y QChec2) presentaron concentraciones de Sodio y Potasio ($K^+ + Na^+$).

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-150b en el muestreo realizado en época de lluvia, el punto ubicado en el manantial natural (FNatu5) registro las mayores concentraciones de los cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg), sodio y potasio ($Na^+ + K$) y los aniones sulfato (SO_4^{2-}) y bicarbonatos ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$).

En tanto, los puntos en la quebradas sin nombre (QSnbr3) y Checos (QChec1 y QChec2), mostraron similares concentraciones de sodio y potasio ($Na^+ + K$), cloruros (Cl^-) y sulfatos (SO_4^{2-}), presentando la mayor concentración de cloruros en el punto QChec2 en comparación a los demás punto en la microcuenca de la quebrada Checos.





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

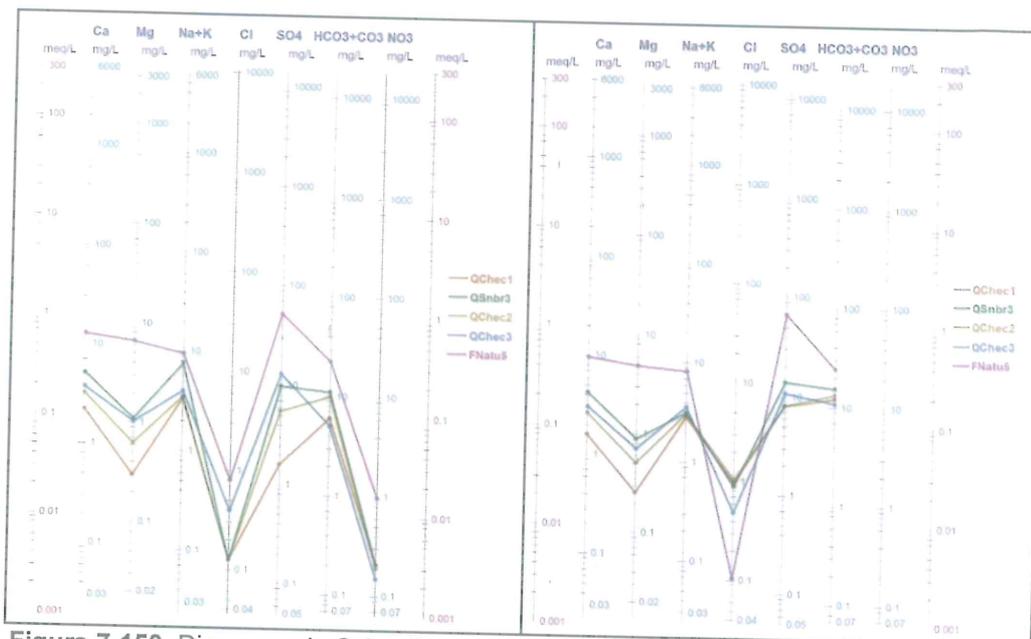


Figura 7-150. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia

II. 4. Relaciones iónicas

En esta subsección se establece la relación del catión calcio (Ca^{2+}) con el magnesio (Mg), estroncio (Sr), y el anión sulfato (SO_4^{2-}). Asimismo, la relación del anión sulfato (SO_4^{2-}) con el Cloruro (Cl^-); de manera que se puedan diferenciar o agrupar los puntos de muestreo en razón a la proporcionalidad y concentración de los citados iones.

De acuerdo a la Figura 7-151, los puntos de muestreo en la microcuenca muestran una relación de calcio y magnesio que son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación 0,98 y 0,97 para época seca y de lluvia, respectivamente. La Figura 7-152 muestra una relación de calcio y sulfato con una pendiente de coeficiente de determinación de 0,97 y 0,95 para época seca y de lluvia, respectivamente. La Figura 7-153, muestran una relación de calcio y estroncio son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 1 para época seca y de lluvia, respectivamente. Finalmente, en la Figura 7-154, muestran una relación de sulfato y cloruros que son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 0,92 y 0,73 para época seca y de lluvia, respectivamente.



*
H
P
A
t
LCC



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»

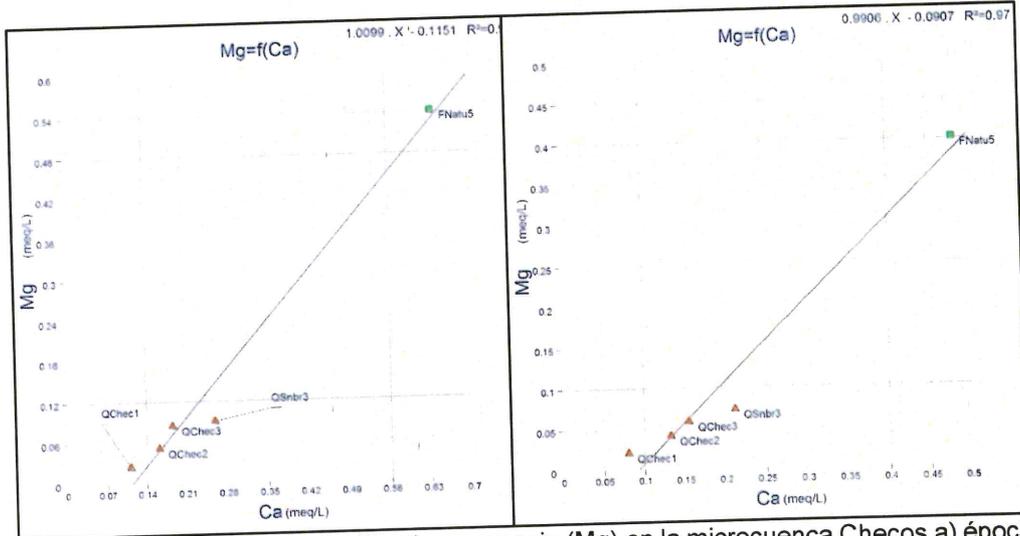


Figura 7-151. Relación calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia

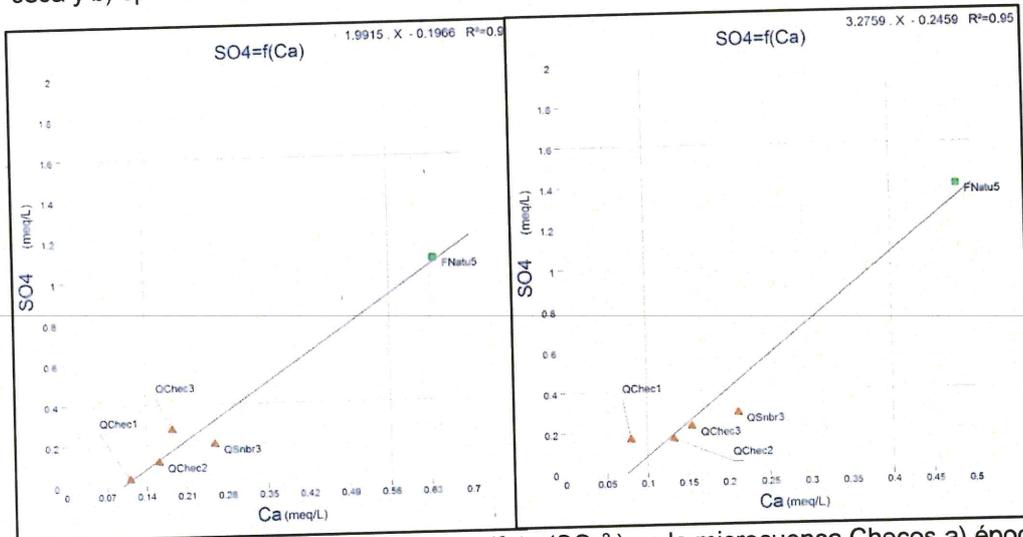


Figura 7-152. Relación calcio (Ca^{2+}) y sulfato (SO_4^{2-}) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line, a checkmark, and the letters 'P', 'A', and 'bc'.



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

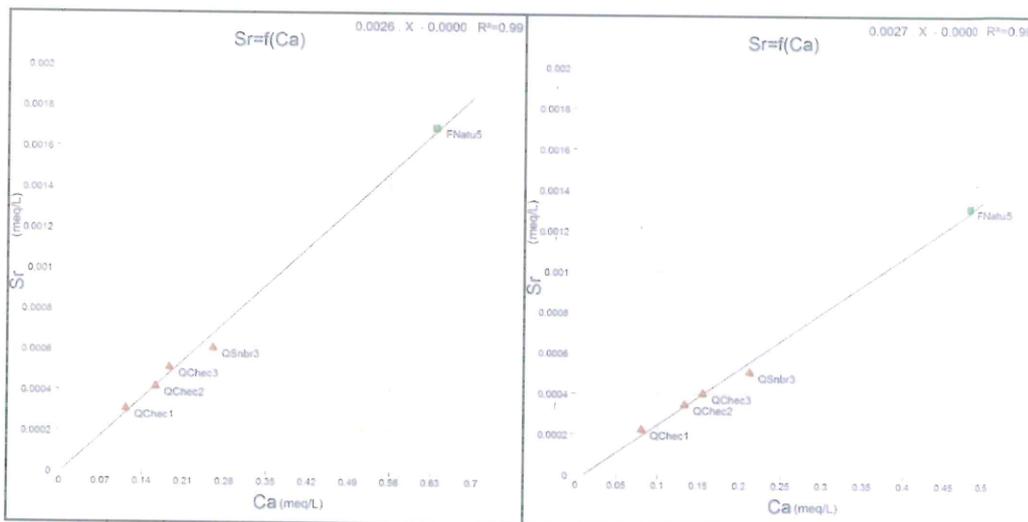


Figura 7-153. Relacion calcio (Ca^{2+}) y estroncio (Sr) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia

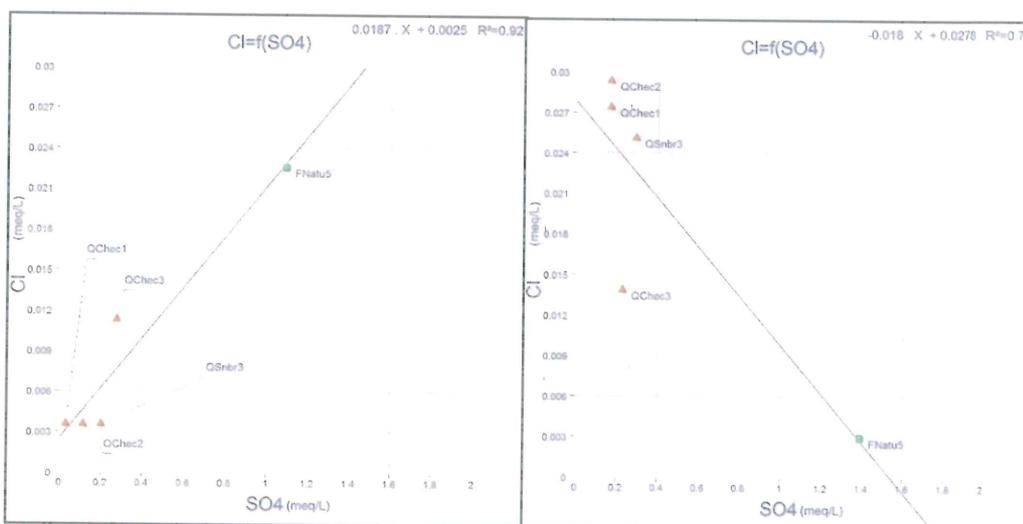


Figura 7-154. Relacion sulfato (SO_4^{2-}) y cloruros (Cl) en la microcuenca Checos a) época seca y b) época de lluvia



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

• Diagrama de Ficklin

Para este análisis se realizó la clasificación de los resultados de metales disueltos en agua con el diagrama de Ficklin (Figura 7-155). De esta clasificación, los puntos evaluados en las quebradas y el manantial presentan características neutrales y concentraciones bajas de metales en ambos periodos de muestreo (época seca y de lluvia).



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

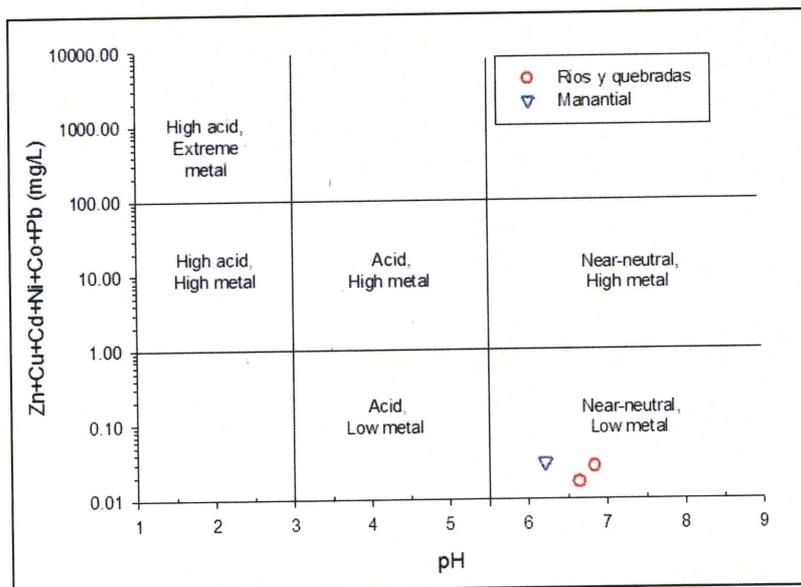


Figura 7-155. Diagrama Ficklin en la microcuenca Checos

7.3.4. Zona IV: Microcuenca Honda

7.3.4.1. Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las comunidades hidrobiológicas en la microcuenca Honda evaluada en los meses de septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia).

a. Perifiton

El perifiton será analizado en sus 2 componentes: microalgas del perifiton o perifiton vegetal y microorganismos del perifiton o perifiton animal por cada microcuenca.

a.1. Microalgas

• Composición y riqueza

La muestra de microalgas en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 55 especies, las cuales están agrupadas en 27 familias, 15 órdenes y 2 clases, pertenecientes a 2 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 44 especies y Cyanobacteria con 11 especies.

En la Figura 7-156 se presentan los valores de riqueza o número de especies de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum.

El valor de riqueza de especies más alto corresponde al punto de muestreo HID-QHond2 (quebrada Honda antes de su confluencia con el río Paltic) con 29 especies, en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia). En lo que se refiere al nivel de phylum, en todos los puntos de muestreo y en ambas evaluaciones, el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se



Handwritten notes in blue ink: a vertical line, 'K', 'H', 'P', a star-like symbol, and 'LPC'.



presenta en la evaluación de febrero de 2018.

Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Frustulia vulgaris* presente en todos los puntos de muestreo excepto en los puntos HID-QHond1 en septiembre de 2017.

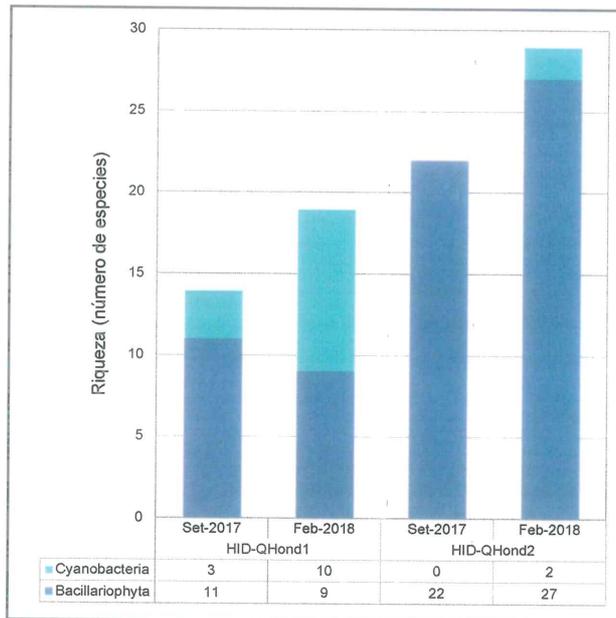


Figura 7-156. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Honda



• **Abundancia**

En la Figura 7-157 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Se aprecia que la abundancia de las microalgas está representada principalmente por 2 phyla: Bacillariophyta que presentó 140000 organismos, seguida del phylum Cyanobacteria 40000 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-QHond2, antes de su confluencia con el río Paltic con 78400 organismos en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias).

En los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones la abundancia de organismos es mayor en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvias), en comparación con la evaluación de septiembre de 2017 (época seca).

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Nitzschia gracilis* con 12200 organismos presente en todos los puntos de muestreo.

Handwritten notes in blue ink: a vertical line, a checkmark, a plus sign, a star, and the letters 'P', 't', and 'lrc'.



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

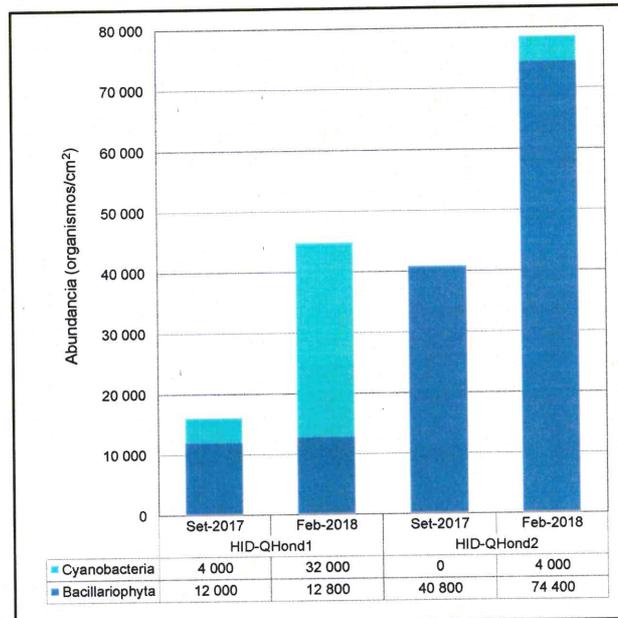


Figura 7-157. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la microcuenca Honda

Diversidad alfa

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-98.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en el punto de la quebrada Honda ubicado antes de su confluencia con el río Paltic en la época de lluvia

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QHond1 en la evaluación de septiembre de 2017 (época seca) lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-98. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la microcuenca Honda

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-QHond1	Septiembre 2017	12,85	11,76	0,9676
	Febrero 2018	14,95	12,16	0,9187
HID-QHond2	Septiembre 2017	19,3	17,23	0,9577
	Febrero 2018	22,4	17,79	0,9233

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

En la Figura 7-158 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que la quebrada Honda, antes de su confluencia con el río Paltic existe un porcentaje de similitud mayor al 40 % entre las evaluaciones de septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia).



↑

*

↳

P

★

+

LR



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

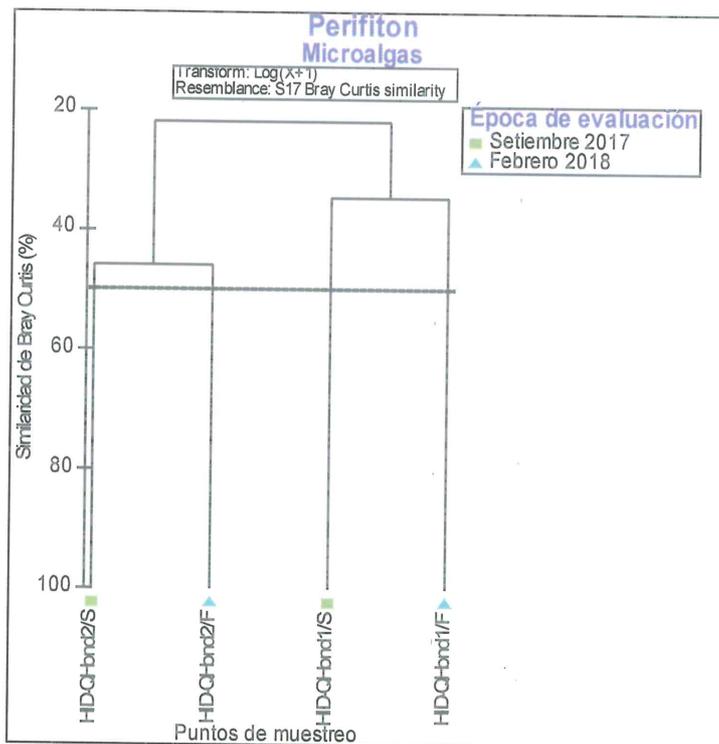


Figura 7-158. Dendrograma de similitud de perifiton (microalgas) en la microcuenca Honda



• **Análisis de componentes principales (ACP) y correspondencia Canónica (ACC)**

Debido a que en la quebrada Honda solo se tomaron 2 puntos de muestreo no se puede hacer el análisis de componentes principales al no haber variabilidad, y por lo tanto tampoco se hará el análisis de correspondencia canónica, sin embargo, estos se analizarán en la subcuenca Paltic.

a.2. **Microorganismos**

En relación con los microorganismos como se muestra en la Tabla 7-99, solo se reportaron 2 especies, pertenecientes al phylum Cercozoa distribuidos en 2 puntos de muestreo. El punto HID-QHond1 se observa una riqueza de 1 especie y una abundancia de 8 organismos, mientras que en el punto HID-QHond2 se muestra una riqueza de 2 especies y una abundancia de 40 organismos. En los puntos restantes no se halló ningún organismo; además, no se calcularon índices de diversidad por haberse encontrado una sola especie, lo cual es poco útil para el análisis.

Tabla 7-99. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en la microcuenca Honda

Phylum	Especie	HID-QHond1	HID-QHond2
		Septiembre 2017	Febrero 2018
Organismos/cm ²			
Cercozoa	<i>Corythion</i> sp.	8	32
Cercozoa	<i>Trinema</i> sp.	0	8
Total riqueza (S)		1	1
Total abundancia (N)		8	40

Handwritten notes and arrows on the left margin: an arrow pointing up, the letters 'de', 'st', 'P', a star symbol, a plus sign, and 'IPC'.



b. Macroinvertebrados bentónicos

• Composición y riqueza

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 17 especies, las cuales están agrupadas en 12 familias, 5 órdenes y 1 clase, la insecta, como se observa en el Anexo 2.

En la Figura 7-159 se presentan los valores de riqueza o número de especies de los macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.

El valor de riqueza de especies más alto corresponde al punto de muestreo HID-QHond2 (quebrada Honda antes de su confluencia con el río Paltic) con 8 especies, en la evaluación de época de lluvia y 8 especies en la evaluación de época seca. En lo que se refiere al nivel de phylum, en todos los puntos de muestreo y en ambas evaluaciones, el orden Ephemeroptera presentó la mayor riqueza con 13 especies.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia).

Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Baetodes* sp. presente en todos los puntos de muestreo.

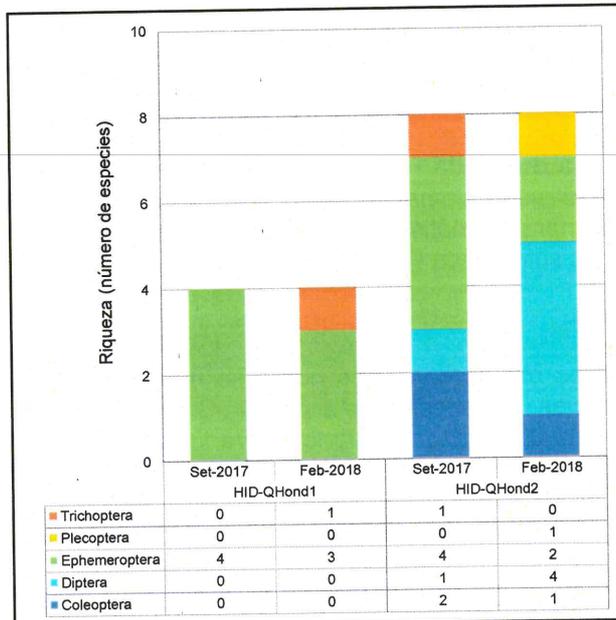


Figura 7-159. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Honda

• Abundancia

En la Figura 7-160 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Se aprecia que la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos está representada principalmente por 2 órdenes, el Ephemeroptera con 70

Handwritten notes and arrows on the left margin: an upward arrow, 'OK', 'W', 'P', a star, and 'LRC'.



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

organismos, seguido del Diptera con 7 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-QHond1, quebrada Honda, ubicado en la parte alta del proyecto en la evaluación de época seca (septiembre de 2017).

En los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones no hubo gran variación en cuanto a la abundancia de organismos.

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Baetodes* sp. 45 organismos presente en todos los puntos de muestreo.

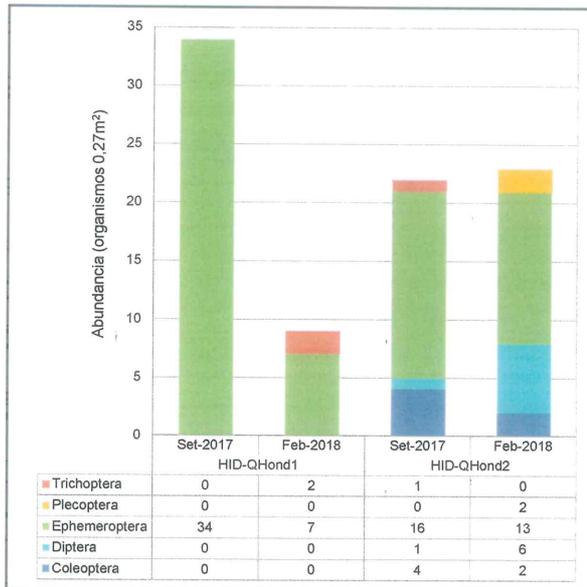


Figura 7-160. Abundancia (número de organismos) de la comunidad macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Honda

• **Diversidad alfa**

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-100.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en el punto en el punto de la quebrada Honda ubicado antes de su confluencia con el río Paltic en febrero de 2018.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QHond1 en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia) lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up, a checkmark, and several initials/signatures.



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

Tabla 7-100. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la microcuenca Honda

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-QHond1	Septiembre 2017	1,959	1,529	0,485
	Febrero 2018	3,572	3,24	0,9183
HID-QHond2	Septiembre 2017	5,347	4,033	0,8063
	Febrero 2018	6,011	4,6	0,8625

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

En la Figura 7-161 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que la quebrada Honda, en la parte alta del proyecto existe un porcentaje de similitud mayor al 45 % entre las evaluaciones de septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia).

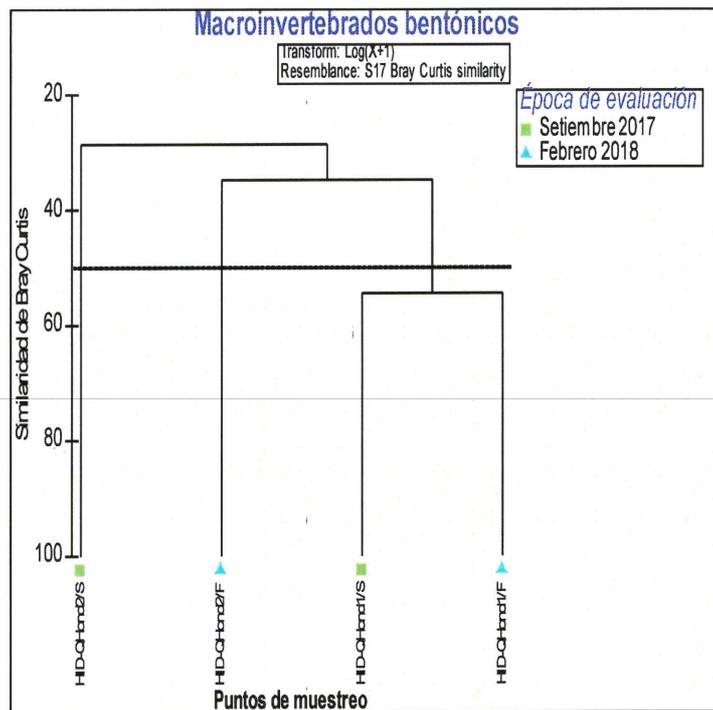


Figura 7-161. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Honda

c. **Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua**

En la Tabla 7-101 se presenta la calidad hidromorfológica obtenida de las características de hábitat en cada punto de muestreo, la calidad biológica y la calidad ecológica según el protocolo CERA-S y el índice ABI en la microcuenca Honda (ver Anexo 6). Los resultados de este análisis fueron tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

Se puede observar que, los puntos evaluados de acuerdo a las características de los hábitats registran una calidad de mala en ambas evaluaciones, esto puede estar asociado a la poca vegetación de la zona y la presencia de estiércol en la mayoría de los puntos evaluados



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including a vertical line with an arrow pointing up, and the letters 'ck', 'W', 'P', 'A', and 'LA'.



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

Tabla 7-101. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la microcuenca Honda

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-QHond1	Septiembre 2017	Moderada	Mala	Mala
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
HID-QHond2	Septiembre 2017	Moderada	Mala	Mala
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala

En la Figura 7-162 se describen el comportamiento de las especies bioindicadoras por punto de muestreo en la microcuenca Honda. Se observó que la quebrada Honda antes de llegar al río Paltic registró más especies tolerantes a factores adversos.

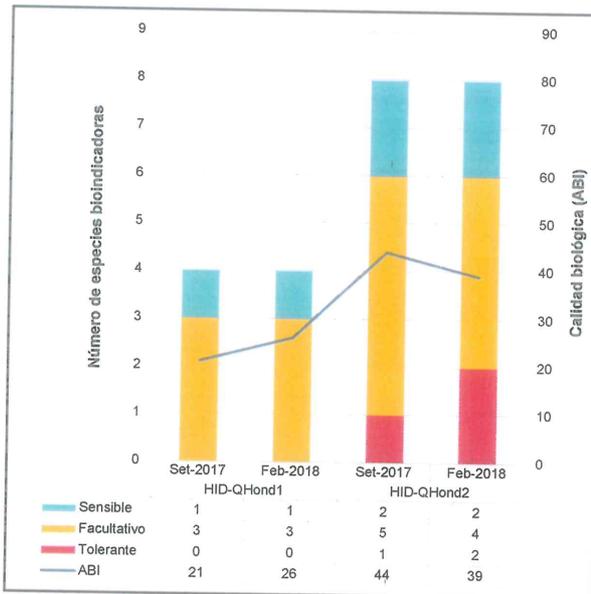


Figura 7-162. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la microcuenca Honda

d. Peces

En los puntos de muestreo ubicados en la quebrada Honda no se pudo colectar la comunidad de peces, por lo que no se hace ningún análisis en esta zona.

7.3.4.2. Caracterización geológica

Para la interpretación de las características geológicas en esta microcuenca, este capítulo se describirá en la microcuenca Ayraca.

7.3.4.3. Evaluación hidroquímica

Para la caracterización hidroquímica en la microcuenca Honda se han considerado los mismos puntos que para calidad de agua. Antes de realizar la evaluación hidroquímica se evalúa el cálculo del error de balance iónico y luego la representación a través de los diagramas hidroquímicos y el análisis de las relaciones iónicas, como se muestra en las subsecciones que se presentan a continuación.



W

P

A

T

LR



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»

Para la evaluación del balance iónico y los diagramas hidroquímicos, los cuerpos de agua superficial (quebradas y manantiales), las concentraciones en meq/L se calcularon y graficaron en base a los metales disueltos.

I. Error de Balance iónico (EBI)

Según la Tabla 7-102, para la microcuenca Honda durante septiembre de 2017 – época seca, todos los puntos presentaron un EBI menor al 10 %, presentado el mayor error en el punto FEver1 (EBI = 9,0 %) con un pH de 6,85.

Asimismo, como muestra la Tabla 7-103 para la microcuenca Honda durante febrero de 2018 – época lluviosa, los puntos: QHond1 y FNatu7 superaron ligeramente el EBI, se observa para ambos puntos que la suma de aniones y cationes es baja encontrándose muy cerca al límite de cuantificación (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50 % por la variabilidad relativa existentes a este nivel, por lo que podría esperarse que el EBI supere el ± 10 %, para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Nordstrom *et al.* (2008) consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar $< \pm 20$ %.



↑
*
W
P
*
+
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-102. Error de balance iónico de la microcuenca Honda en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca

Table with 22 columns: Punto de muestreo, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCat, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCa, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, EBI. Rows include QHond1, QHond2, FLPal1, FPara1, FSIsa1, FNaman1, FEver1.

Ca2+: Calcio disuelto, Mg2+: Magnesio disuelto, K+: Potasio disuelto, Na+: Sodio disuelto, HCO3-: Bicarbonatos, Cl-: cloruros, SO42-: sulfatos y NO3-: Nitratos.
ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos

Tabla 7-103. Error de balance iónico de la microcuenca Checos en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia

Table with 22 columns: Punto de muestreo, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCat, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, ΣCa, HCO3-, Cl-, SO42-, NO3-, ΣAn, EBI. Rows include QHond1, QHond2, FLPal1, FPara1, FSIsa1, FNaman1, FEver1, FNatu7.

Ca2+: Calcio disuelto, Mg2+: Magnesio disuelto, K+: Potasio disuelto, Na+: Sodio disuelto, HCO3-: Bicarbonatos, Cl-: cloruros, SO42-: sulfatos y NO3-: Nitratos.
ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El Balance iónico se calculó en base a los metales



Handwritten marks: K, H, P, +, LAC



II. Diagramas hidroquímicos

Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.

También se presentan los diagramas compuestos por tres ejes paralelos conocidos como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en cuatro rangos de valores hidroquímicos predominantes con respecto a los iones bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^{2+}) y/o sulfatos (SO_4^{2-}) en meq/L: de 0 a 0,4 y de 0,4 a 1,2 Meq/L.

II. 1. Diagrama de Piper

Los resultados mostrados en la Figura 7-163a para el muestreo realizado en época seca indican que los puntos en quebradas y manantiales son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas.

El punto de muestreo en la quebrada Honda (QHond1), se encuentra en el triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de cationes que registra:

- QHond1: 44,76 % de Ca^{2+} y 35,78 % Na^+

Los resultados mostrados en la Figura 7-163b para el muestreo realizado época de lluvia indican que los puntos en quebradas y manantiales (a excepción de FNatu7) son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, el punto ubicado en manantial (FNatu7), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas.

Los puntos de muestreo en la quebrada Honda (QHond1 y QHond2) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de cationes que registra:

- QHond1: 44,31 % de Ca^{2+} y 29,87 % Na^+
- QHond2: 42,76 % de Ca^{2+} y 22,01 % Na^+

Los puntos de muestreo en el manantial natural (FNatu7) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatadas, según los porcentajes de cationes que registra:

- FNatu7: 45,14 % de Ca^{2+} y 20,19 % Na^+

↑
α

u

P

A

+

lpc



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

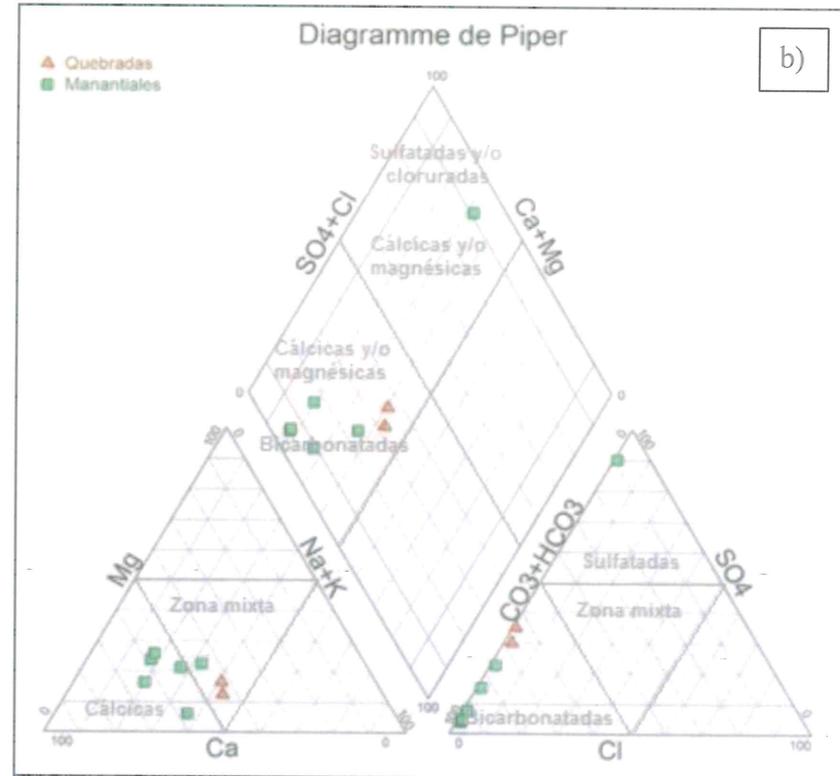
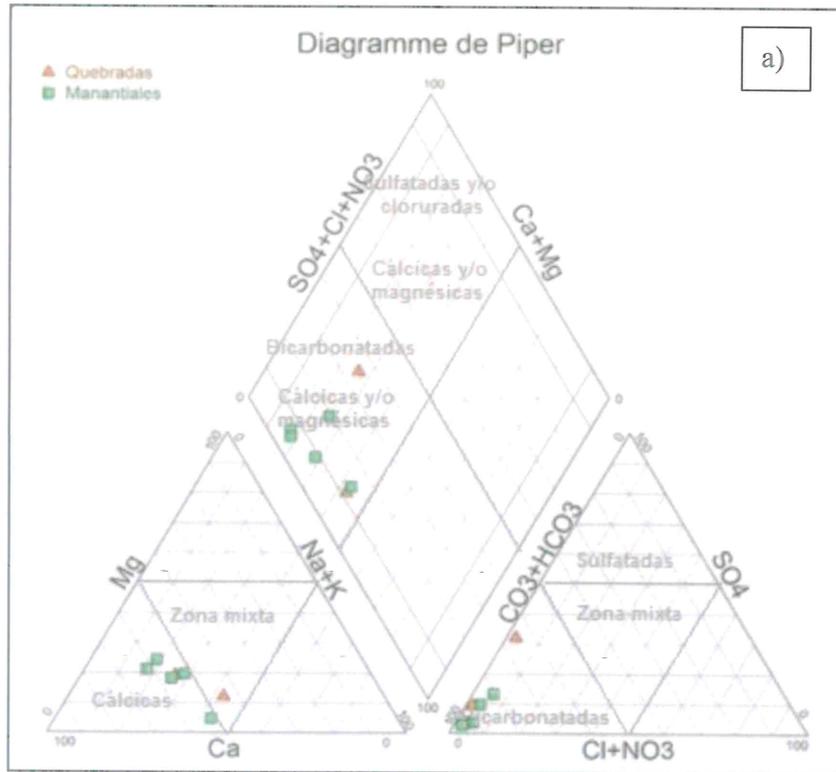


Figura 7-163. Diagrama de Piper en los manantiales y quebradas de la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia



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



II. 2. Diagrama de Stiff

De acuerdo a la Figura 7-164a, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época seca:

- 0 a 0,4 meq/L: Quebrada Honda (QHond1) con 0,13 como promedio de Na^+ y 0,27 de HCO_3^- ; manantial La Palma (FLPal1) con 0,20 como promedio de Ca^{2+} y 0,35 de HCO_3^- y el manantial Paraguay (FPara1) con 0,29 como promedio de Ca^{2+} y 0,40 de HCO_3^- .
- 0,4 a 1 meq/L: Quebrada Honda (QHond2) con 0,44 como promedio de Ca^{2+} y 0,45 de HCO_3^- , manantial Santa Isabel (FSsa1) con 0,38 como promedio de Ca^+ y 0,65 de HCO_3^- , manantial El Verde (FEver1) con 0,60 como promedio de Ca^+ y 0,83 de HCO_3^- y el manantial Nuevo Amanecer (FNaman1) con 0,59 como promedio de Ca^+ y 0,90 de HCO_3^- .

De acuerdo a la Figura 7-164b, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época de lluvia:

- 0 a 0,4 meq/L: Quebrada Honda (QHond1) con 0,07 como promedio de Na^+ y 0,20 de HCO_3^- ; (QHond2) con 0,09 como promedio de Na^+ y 0,30 de HCO_3^- y el manantial La Palma (FLPal1) con 0,29 como promedio de Ca^{2+} y 0,36 de HCO_3^- .
- 0,4 a 1,2 meq/L: Manantial Paraguay (FPara1) con 0,41 como promedio de Ca^{2+} y 0,48 de HCO_3^- , manantial Santa Isabel (FSsa1) con 0,37 como promedio de Ca^+ y 0,75 de HCO_3^- , manantial Nuevo Amanecer (FNaman1) con 0,52 como promedio de Ca^+ y 0,97 de HCO_3^- , manantial El Verde (FEver1) con 0,53 como promedio de Ca^+ y 0,98 de HCO_3^- y el manantial natural (FNatu7) con 0,46 como promedio de Ca^+ y 1,17 de SO_4^{2-} .



Handwritten vertical text: ↑, P, A, F, LDC



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

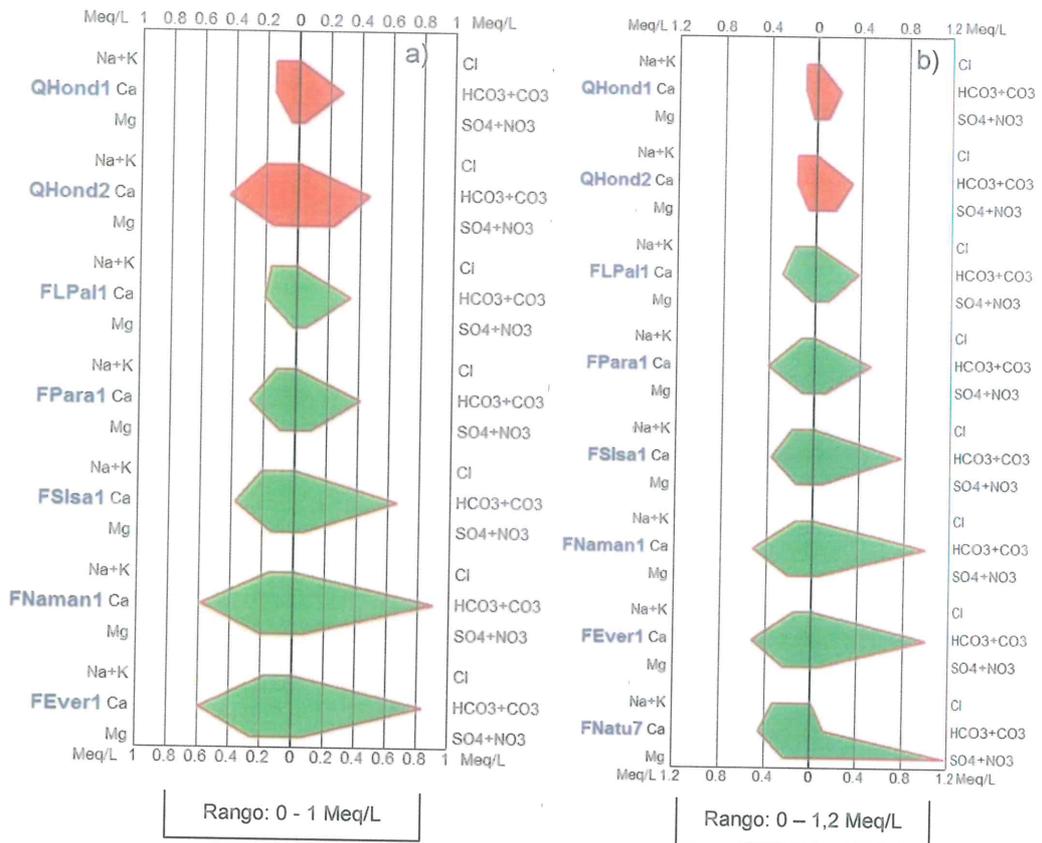


Figura 7-1644. Diagrama de Stiff en los manantiales y quebradas de la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia

II. 3. Diagramas de Schöeller Berkloff

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-165a en el muestreo realizado en época seca, el punto ubicado en la quebrada Honda (QHond2) registro las mayores concentraciones de los cationes potasio ($\text{Na}^+ + \text{K}$) y los aniones cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}).

En tanto, los puntos en la quebrada Honda (QHond1), los manantiales La Palma (FLPal1), Paraguay (FPara1) y El Verde (FEver1), mostraron similares concentraciones de cloruros (Cl^-).

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-165b en el muestreo realizado en época húmeda, el punto ubicado en el manantial natural (FNatu7) registro las mayores concentraciones de los cationes sodio y potasio ($\text{Na}^+ + \text{K}$) y el anión sulfato (SO_4^{2-}).

En tanto, el punto en la quebrada Honda (QHond1) y el manantial Paraguay (FPara1), mostraron similares concentraciones de sodio y potasio ($\text{Na}^+ + \text{K}$).



Handwritten blue annotations on the left margin: an arrow pointing up, a checkmark, 'HA', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'LPC'.



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

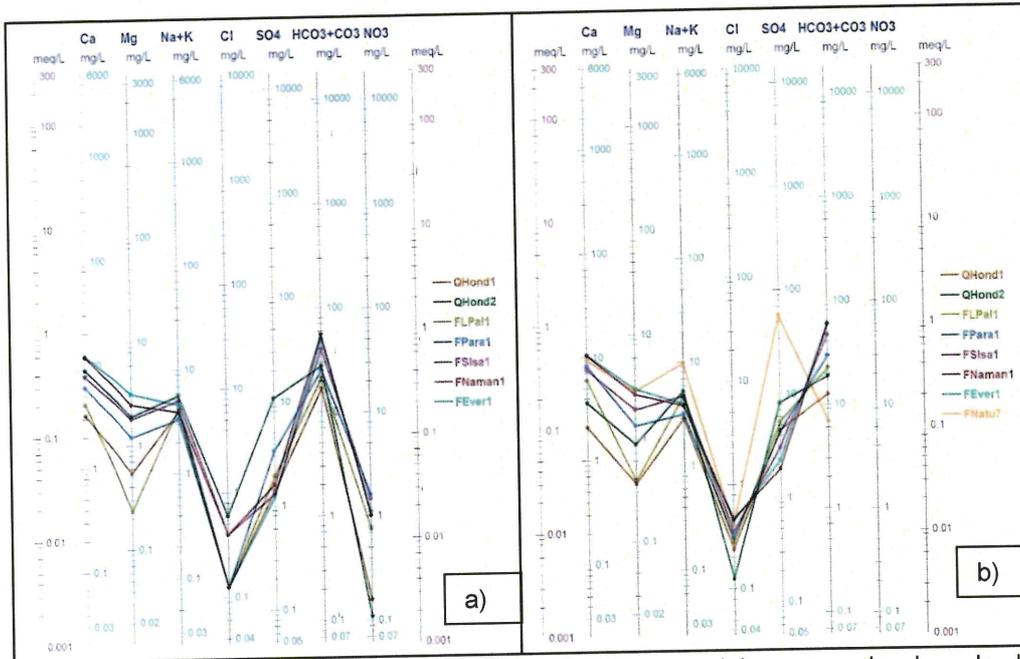


Figura 7-165. Diagrama de Schöeller Berkloff manantiales y quebradas de la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia

II. 4. Relaciones iónicas

En esta subsección se establece la relación del catión calcio (Ca^{2+}) con el magnesio (Mg), asimismo, la relación del anión sulfato (SO_4^{2-}) con el Potasio (K); de manera que se puedan diferenciar o agrupar los puntos de muestreo en razón a la proporcionalidad y concentración de los citados iones.

De acuerdo a la Figura 7-166, los puntos de muestreo en la microcuenca muestran una relación de calcio y magnesio que son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación 0,94 y 0,78 para época seca y húmeda, respectivamente. Asimismo, la Figura 7-167, muestran una relación de sulfato y potasio que son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 0,8 y 0,78 para época seca y húmeda, respectivamente.



↑
d
W
P
A
+
LPC



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

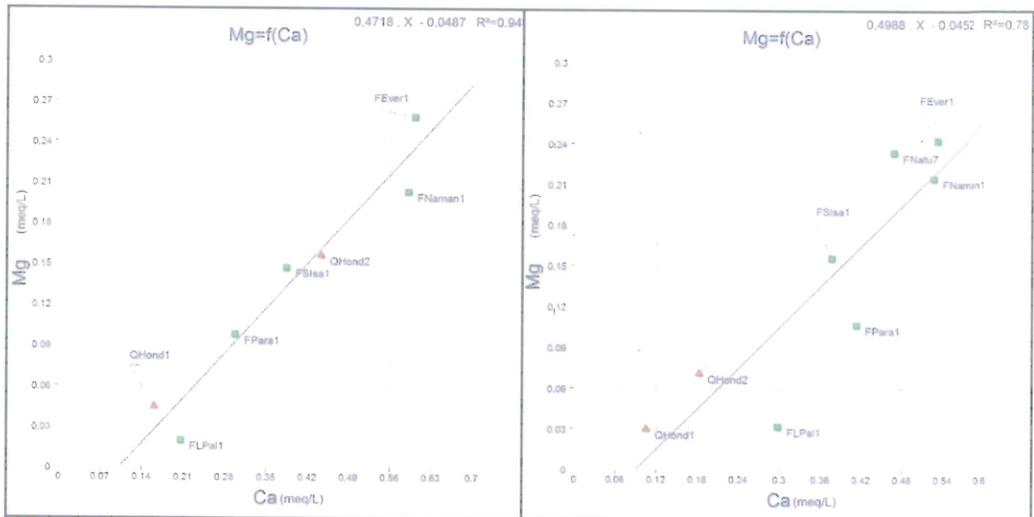


Figura 7-166. Relación calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg) en la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia

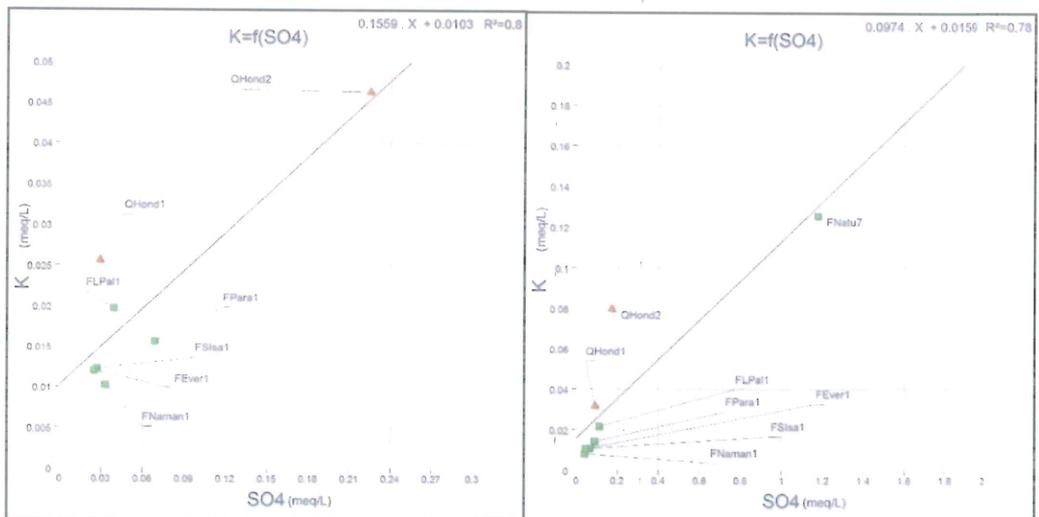


Figura 7-167. Relación sulfato (SO_4^{2-}) y potasio (K) en la microcuenca Honda a) época seca y b) época de lluvia

d. Diagrama de Ficklin

Para este análisis se realizó la clasificación de los resultados de metales disueltos en agua con el diagrama de Ficklin (Figura 7-168). De esta clasificación, los puntos evaluados en las quebradas y manantiales presentan características neutrales y concentraciones bajas de metales en ambos periodos de muestreo (época seca y de lluvia).



Handwritten blue ink marks: an arrow pointing up, a checkmark, a 'W' symbol, a 'P' symbol, a star-like symbol, a plus sign, and a signature.



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

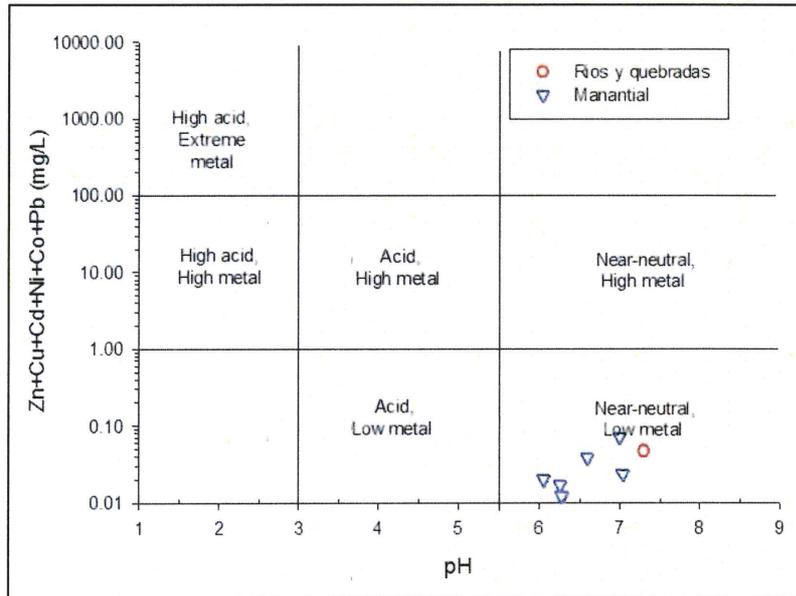


Figura 7-168. Diagrama Ficklin en la microcuenca Honda

7.3.5. Zona V: Subcuenca Paltic

7.3.5.1. Comunidades hidrobiológicas

a. Perifiton

El perifiton fue analizado en sus 2 componentes: microalgas del perifiton o perifiton vegetal y microorganismos del perifiton o perifiton animal por cada microcuenca.

a.1. Microalgas

• Composición y riqueza

La muestra de microalgas en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 91 especies, las cuales están agrupadas en 34 familias, 20 órdenes y 6 clases, pertenecientes a 4 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 67 especies, Cyanobacteria con 16 especies, Chlorophyta con 5 especies y Charophyta con 3 especies, como se puede ver en el Anexo 2.

En la Figura 7-169 se presentan los valores de riqueza o número de especies de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los colores trama representan al río principal y los colores trama representan a los tributarios.

En todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta con 216 especies presentó el mayor número de especies, seguido por el phylum Cyanobacteria con 55 especies, excepto en el punto HID-RLLim2 e HID-RPalt1 en la evaluación de septiembre de 2017 donde la mayor riqueza de especies fue del phylum Cyanobacteria. El phylum de menor riqueza fue el Charophyta.

El valor de riqueza más alto corresponde al punto de muestreo HID-QHond2 (parte baja de la quebrada Honda antes de su afluencia al río Paltic) con 29 especies, seguida del punto HID-RLIra4 (río La Iraca, antes de su afluencia al río Paltic) con 25 especies, ambas en la evaluación de febrero 2018, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-QLLim2 (río La Lima antes de su llegada al río Paltic, parte



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»

baja de la microcuenca La Laja) con 3 especies, en la evaluación de época seca.

Por otro lado se observa una mayor riqueza de especies en la quebrada Honda y el río La Iraca tributarios del río Paltic (río principal).

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia.

Finalmente, la especie de mayor riqueza es *Nitzschia gracilis* presente en más del 50 % de los puntos evaluados.



↑
K
H
P
A
T
LC



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 in blue ink on the left margin.

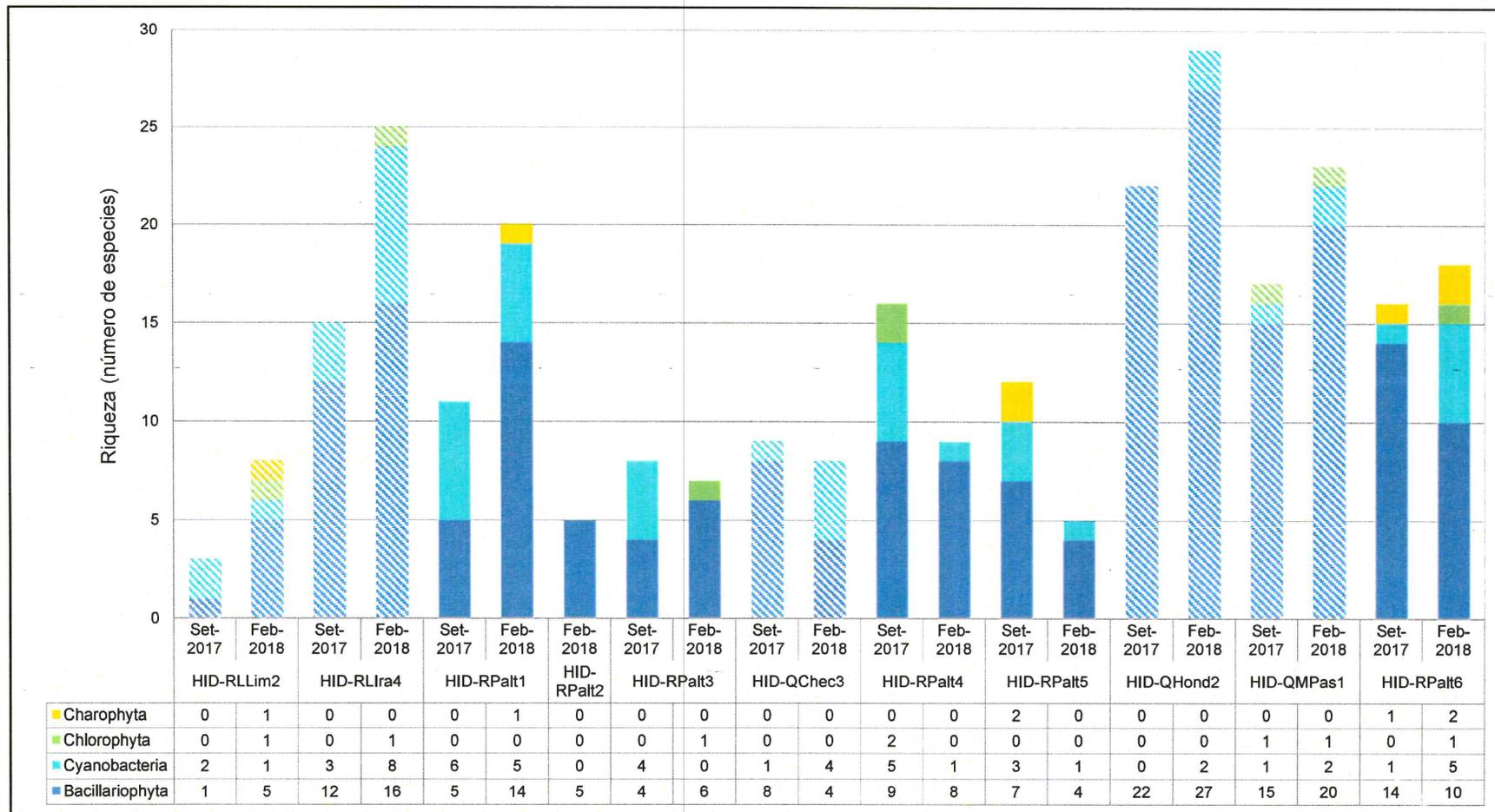


Figura 7-169. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la subcuenca Paltic. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios



• **Abundancia**

En la Figura 7-170 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Se aprecia que la abundancia de las microalgas está representada principalmente por 4 phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta y Ochrophyta, donde en todos los puntos de muestreo de ambas evaluaciones el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, con 705600 organismos, seguida del phylum Cyanobacteria 182400 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-RPaltc1 (Parte alta del río Paltic) con 104000 organismos en la evaluación de febrero de 2018, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (parte baja del río La Lima) con 4800 organismos.

No se observa una diferencia marcada en la abundancia de organismo en cuanto a época de evaluación se refiere.

Por otro lado se observa una mayor abundancia de organismos en los tributarios (quebrada Honda, quebrada Mal Paso y el río La Iraca) más que en el río principal (río Paltic).

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Achnanthydium cf. exilis* con 102400 organismos estuvo presente en 10 de los puntos tomados en el río Paltic.



↑
K
H
P
A
+
LR



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»

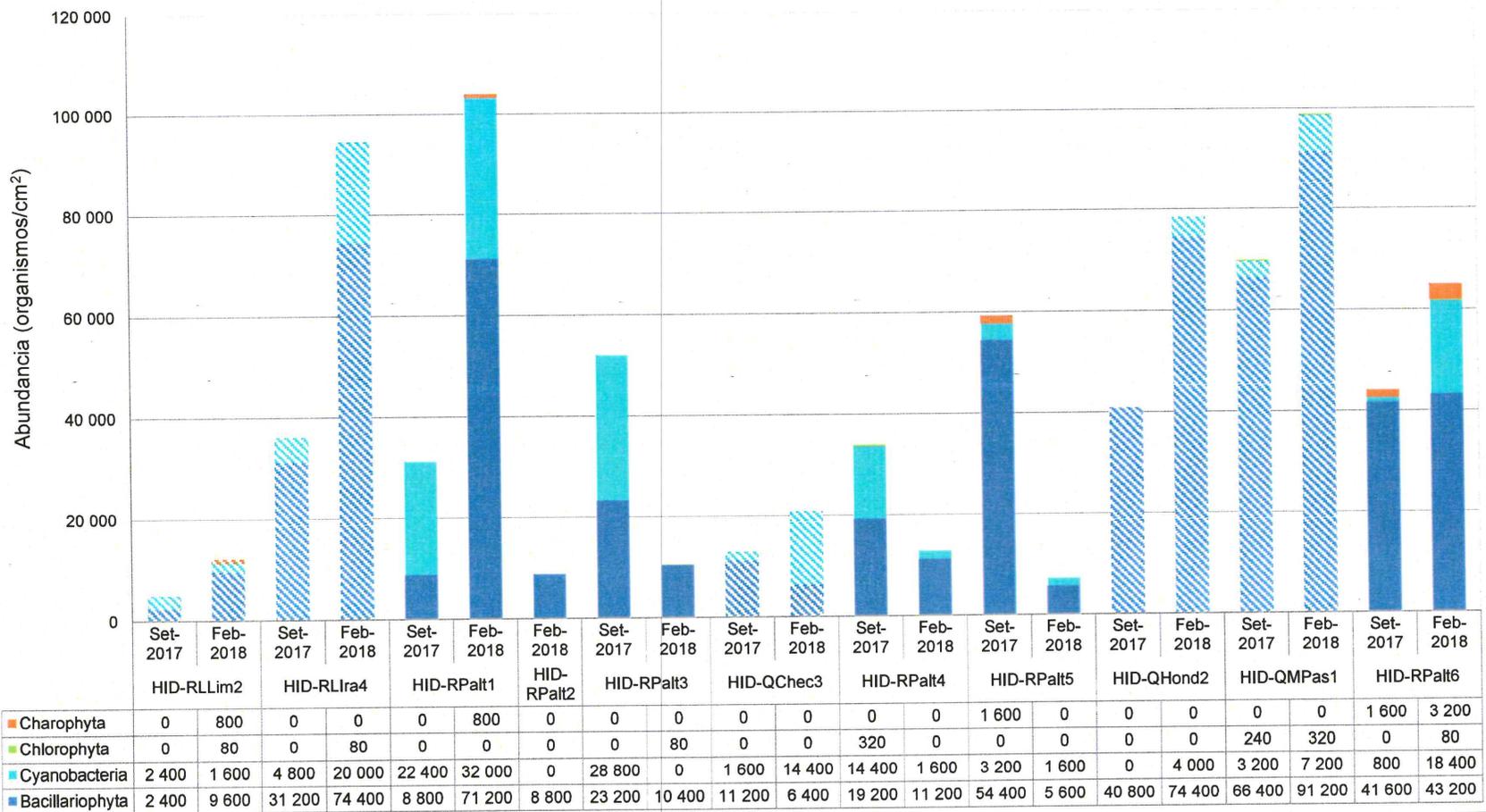


Figura 7-170. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en la subcuenca Paltic. . Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios

Handwritten notes and signatures on the left margin: a blue arrow pointing to the stamp, and the letters 'K', 'u', 'p', 'A', 't', 'LR'.



- Diversidad alfa**

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-104.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en los puntos de muestreo HID-QHond2 e HID-QMPas1 en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (río La Lima) en la evaluación de época seco, resultados que también se corroboran con la densidad y abundancia en estos puntos.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RPalt1 en septiembre de 2017 y en HID-QHond2 en época de lluvia, lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-104. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en la subcuenca Paltic

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-RLLim2	Septiembre 2017	2,749	2,571	0,9206
	Febrero 2018	5,686	4,652	0,8358
HID-RLIra4	Septiembre 2017	10,76	8,068	0,8773
	Febrero 2018	15,10	10,44	0,8433
HID-RPalt1	Septiembre 2017	9,154	7,881	0,9234
	Febrero 2018	12,7	9,746	0,8484
HID-RPalt2	Febrero 2018	4,341	3,903	0,9122
HID-RPalt3	Septiembre 2017	4,997	3,894	0,7737
	Febrero 2018	5,045	4,185	0,8317
HID-QChec3	Septiembre 2017	8,00	7,111	0,9464
	Febrero 2018	5,591	4,507	0,8277
HID-RPalt4	Septiembre 2017	12,18	10,57	0,9017
	Febrero 2018	7,461	6,095	0,9147
HID-RPalt5	Septiembre 2017	5,006	3,376	0,6482
	Febrero 2018	4,586	4,263	0,9463
HID-QHond2	Septiembre 2017	19,30	17,23	0,9577
	Febrero 2018	22,40	17,79	0,9233
HID-QMPas1	Septiembre 2017	12,98	10,78	0,9046
	Febrero 2018	15,94	12,19	0,8830
HID-RPalt6	Septiembre 2017	10,62	7,544	0,8523
	Febrero 2018	10,18	7,432	0,8029

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

- Diversidad beta**

En la Figura 7-171 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que ninguno de los puntos de muestreo muestra un porcentaje de similitud mayor al 50 %; sin embargo el punto HID-QPVer1 en sus dos evaluaciones presenta más de 40 % de porcentaje de similitud, al igual que los puntos HID-RLLim2 e HID-QSnbr2 en la evaluación de época seca, es decir, que estos puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de microalgas registradas.



↑
K
H
P
★
f
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

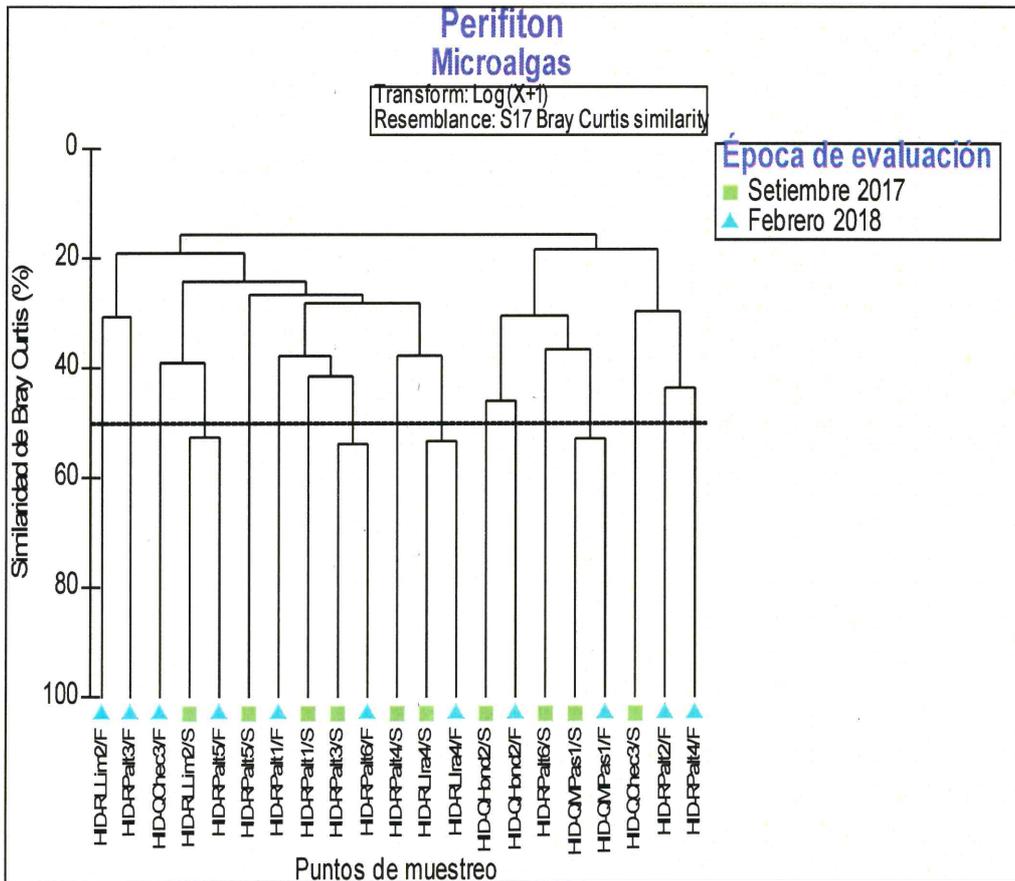


Figura 7-171. Dendrograma de similitud perifiton (microalgas) en la subcuenca Paltic

Análisis de componentes principales (ACP)

Para el análisis de componentes principales (ACP) en la Subcuenca Paltic se consideraron las siguientes variables: parámetros in situ, tales como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; parámetros fisicoquímicos, los metales totales en agua superficial considerados en el ECA para Agua en la categoría 3: «Riego Vegetales y Bebida de Animales» y los metales totales cuyos resultados son mayores a los límites de cuantificación de análisis de laboratorio. Además se realizó el análisis de componentes principales por época de evaluación, es decir, para la época seca (septiembre de 2017) y para la época de lluvia (febrero de 2018) por separado.

En la Tabla 7-105 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la subcuenca Paltic, evaluados en la época seca; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 3 componentes que fue de 91,93 %, el primer componente aportó un 44,16 % del potencial explicativo, el segundo 34,25 % del potencial explicativo y el tercero aportó el 13,52 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, bario, hierro y manganeso, con los parámetros fisicoquímicos: cloruros y los parámetros in situ: pH y conductividad eléctrica. Este primer componente presentó entre las concentraciones cloruros y los metales aluminio, bario, hierro y manganeso



Handwritten blue notes and symbols: an arrow pointing up, a star, a plus sign, and the letters 'UC'.



correlaciones positivas con el pH y la conductividad eléctrica, lo cual indica que un aumento en la concentración de los cloruros, el aluminio, el bario, el hierro y el manganeso implica una disminución en el pH y la conductividad eléctrica.

El segundo componente presentó correlaciones positivas entre las concentraciones de los bicarbonatos con el metal estroncio, lo que indica que el incremento de la concentración de los bicarbonatos implica un aumento del estroncio total.

Finalmente, el tercer componente presentó una correlación negativa entre la concentración de los sulfatos y el oxígeno disuelto.

Tabla 7-105. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la subcuenca Paltic, evaluados en la época seca

Variables		Componentes		
		1	2	3
Parámetros in situ	pH	0,739	0,607	-0,119
	Oxígeno disuelto	0,179	0,179	-0,741
	Conductividad	0,712	0,566	0,289
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Bicarbonatos	0,577	0,791	-0,181
	Cloruros	0,718	0,137	0,447
	Sulfatos	0,138	-0,426	0,712
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	0,812	-0,561	-0,138
	Bario total	0,779	-0,598	0
	Estroncio total	0,692	0,679	0,159
	Hierro total	0,805	-0,569	-0,150
	Manganeso total	0,715	-0,658	-0,166
Porcentaje de explicación por componente (%)		44,16	34,25	13,52

En la Tabla 7-106 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con respecto a los diferentes ríos y quebradas de la subcuenca Paltic, evaluados en la época de lluvia; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 3 componentes que fue de 95,05 %, el primer componente aportó un 48,19 % del potencial explicativo, el segundo 38,88 % del potencial explicativo y el tercero aportó el 7,98% del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, arsénico, bario, fósforo, hierro, manganeso, níquel, plomo y potasio, con los parámetros fisicoquímicos: sólidos suspendidos, totales y con el parámetro in situ de oxígeno disuelto.

Este primer componente presentó que las concentraciones de los sólidos suspendidos totales y los metales de aluminio, arsénico, bario, fósforo, hierro, manganeso, níquel, plomo y potasio, tienen correlaciones positivas con la concentración del oxígeno disuelto, lo que indicaría que un aumento en la concentración de estos metales y los sólidos suspendidos disueltos implicaría un aumento del oxígeno disuelto.

Por otro lado el segundo componente presentó correlaciones positivas entre las concentraciones de los sólidos disueltos totales, el nitrógeno amoniacal y los metales totales de calcio, estroncio, magnesio y sodio con la conductividad eléctrica y el pH, lo que indica una alta relación entre estos parámetros con la conductividad eléctrica.

Finalmente, el tercer componente solo presentó al zinc total.



**Tabla 7-106.** Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en la subcuenca Paltic, evaluados en la época de lluvia

Variables		Componentes		
		1	2	3
Parámetros in situ	pH	-0,365	0,889	-0,107
	Oxígeno disuelto	0,638	-0,155	0,324
	Conductividad	-0,441	0,884	0
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)	Bicarbonatos	-0,390	0,909	0
	Sólidos suspendidos totales (SST)	0,943	0,302	-0,126
	Sólidos disueltos totales (SDT)	-0,444	0,892	0
	Nitrógeno amoniacal	-0,236	0,814	0,438
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	0,937	0,286	-0,189
	Arsénico total	0,923	0,279	0,223
	Bario total	0,897	0,323	-0,293
	Calcio total	-0,379	0,916	0
	Estroncio total	-0,215	0,975	0
	Fósforo total	0,921	0,373	0
	Hierro total	0,942	0,301	-0,129
	Magnesio total	0,154	0,982	0
	Manganeso total	0,930	0,272	-0,234
	Níquel total	0,949	0,157	0
	Sodio total	-0,314	0,882	-0,191
	Plomo total	0,754	0,204	0,571
	Potasio total	0,950	0,158	-0,205
Zinc total	0,522	0	0,821	
Porcentaje de explicación por componente (%)		48,19	38,88	7,98

**Análisis de correspondencia Canónica (ACC)**

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de microalgas y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de microalgas así como las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP, al igual que el análisis de ACP se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para época seca (septiembre de 2017) y de lluvia (febrero de 2018) por separado para los ríos y quebradas de la subcuenca Paltic.

En la Tabla 7-107 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de época seca, explicada por los tres ejes seleccionados fue de 85,98 %, el primer eje explicó el 38,01 % de la varianza, el segundo eje explicó el 30,91 % y el tercer eje explicó el 17,06 % de la varianza. El resto de ejes describieron el 14,02 %, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los tres primeros ejes.

Tabla 7-107. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,28757	0,2339	0,12908
Varianzas	Varianza explicada (%)	38,01	30,91	17,06
	Varianza acumulada explicada (%)	38,01	68,92	85,98
Correlación de las especies de microalgas	<i>Achnantheridium cf. exilis</i>	-1,14378	-0,655086	-0,74846
	<i>Cocconeis placentula</i>	1,76937	-1,1344	0,717687
	<i>Nitzschia commutata</i>	1,57853	1,24912	0,42084
	<i>Nitzschia gracilis</i>	-0,487761	0,849305	-0,788168
	<i>Nitzschia palea</i>	1,22057	-1,05027	-0,830872
	<i>Nitzschia linearis</i>	-0,017129	2,20478	0,435648
	<i>Fragilaria capuccina</i>	-0,19955	-1,12087	0,058333
	<i>Fragilaria capuccina var. gracilis</i>	0,118464	0,535741	-1,21763
<i>Hannaea arcus</i>	-1,12441	-0,117991	0,539335	



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las variables ambientales	<i>Leptolyngbya</i> sp 1	0,501136	-0,529476	0,419939
	<i>Pseudanabaena</i> sp. 1	-1,07616	-0,113448	2,7307
	pH	0,814993	-0,20778	-0,112062
	Conductividad	0,362112	-0,675531	-0,361085
	Cloruros	0,271913	-0,261992	-0,641291
	Aluminio total	0,257003	-0,25602	-0,273652
	Bario total	0,20732	-0,095742	-0,347831
	Hierro total	0,261905	-0,213067	-0,285993
	Magnesio total	0,615534	-0,546641	-0,308315
Correlación entre puntos de muestreo	HID-RLLim2	-0,617569	-0,433727	0,784082
	HID-RLIra4	-0,033289	-0,671148	0,412963
	HID-RPalt1	-0,60488	-0,366361	0,216736
	HID-RPalt3	-0,669926	-0,298407	-0,537451
	HID-QChec3	0,29007	1,23485	-0,269078
	HID-RPalt4	-0,135288	0,161798	-0,33969
	HID-RPalt5	-0,912988	0,001804	-0,428506
	HID-QHond1	-0,224055	0,85838	0,631813
	HID-QHond2	0,45262	0,379507	-0,063741
	HID-QMPas1	1,27252	-0,389783	0,167381
HID-RPalt6	0,318572	-0,213334	-0,37947	

En la Figura 7-172 se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-107). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta el pH y la concentración de magnesio total aumenta la abundancia de las especies *Cocconeis placentula* y *Nitzschia commutata*, lo que indica la tolerancia de estas especies a estos factores, en cambio la abundancia de las especies *Achnanthydium cf. exilis*, *Fragilaria capuccina* y *Hannaea arcus* disminuye, lo que indica su sensibilidad a estos factores.

Con respecto al eje 2, muestras que cuando disminuye la conductividad eléctrica aumenta la abundancia de las especies *Nitzschia gracilis* y *Nitzschia linearis* y disminuye la abundancia de la especie *Leptolyngbya* sp 1.

El tercer eje, presenta que la abundancia de la especie *Fragilaria capuccina* var. *gracilis* aumenta cuando aumenta el pH y disminuyen las concentraciones de los cloruros, aluminio, bario y hierro, lo que indica que esta especie tolera estos factores.



↑

q

W

P

X

T

LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

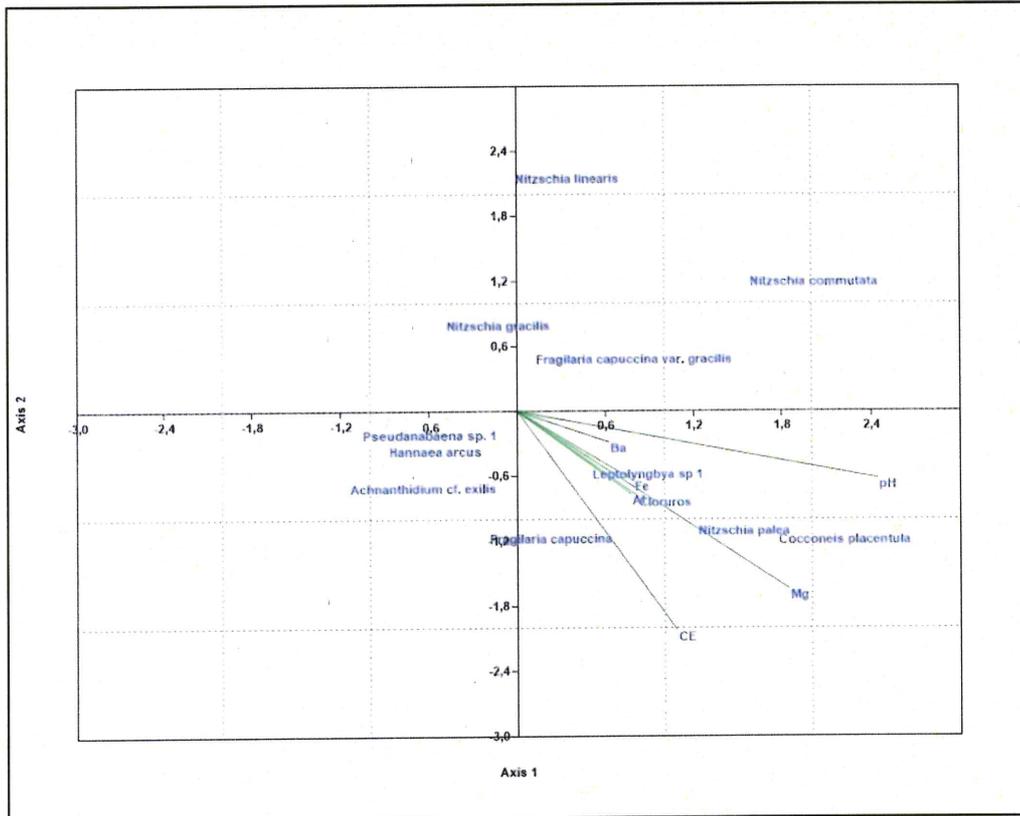


Figura 7-172. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época seca

En la Tabla 7-108 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de época de lluvia, explicada por los tres ejes seleccionados fue de 84,53 %, el primer eje explicó el 39,29 % de la varianza, el segundo eje explicó el 33,86 % y el tercer eje explicó el 11,38 %. El resto de los ejes explicó el 15,47 % por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los tres primeros ejes.

Tabla 7-108. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (eigenvalue)		0,17678	0,15237	0,051205
Varianzas	Varianza explicada (%)	39,29	33,86	11,38
	Varianza acumulada explicada (%)	39,29	73,15	84,53
Correlación de las especies de microalgas	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	-0,516632	-0,520414	-0,12409
	<i>Nitzschia gracilis</i>	0,340406	0,840094	-1,83698
	<i>Rhoicosphenia</i> sp.	-1,03246	0,478899	0,260035
	<i>Fragilaria capuccina</i>	1,82879	1,01318	-0,112098
	<i>Fragilaria capuccina</i> var. <i>gracilis</i>	-1,92462	1,04257	0,347969
	<i>Hannaea arcus</i>	0,600738	0,352644	1,66213
	<i>Phormidiochaete crustacea</i>	-0,35268	-1,23208	-0,93793
	<i>Leptolyngbya</i> sp.1	-0,323708	-0,544065	0,292148
	<i>Pseudanabaena</i> sp.1	0,719885	-2,28964	0,0927799
	Oxígeno disuelto	0,403046	0,0705596	-0,307361
Correlación de las variables ambientales	Sólidos suspendidos totales	0,144538	0,467788	-0,36221
	Aluminio total	0,0495622	0,425423	-0,126637
	Arsénico total	0,219361	0,569643	-0,0215448
	Bario total	-0,0525449	0,331862	-0,00501239
	Hierro total	0,115075	0,48255	-0,106672



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
	Fósforo total	0,072846	0,454589	-0,0667118
	Manganeso total	-0,0198597	0,385291	0,00388661
	Níquel total	0,246617	0,357921	-0,0972455
	Potasio total	-0,00026997	0,24249	-0,126684
	Plomo total	0,393536	0,579773	-0,0319081
Correlación entre puntos de muestreo	HID-RLLim2	1,05521	-0,243907	0,571348
	HID-RLIra4	0,133376	-0,178681	-0,0373208
	HID-RPalt1	-0,496801	0,146252	-0,0530705
	HID-RPalt2	-0,696766	0,345041	0,566423
	HID-RPalt3	0,928153	0,716386	0,0302951
	HID-QChec3	0,00896702	-0,888541	0,164777
	HID-RPalt4	-0,535432	0,694414	0,112138
	HID-RPalt5	0,552157	-0,388834	-0,0819195
	HID-QHond1	-0,424154	-0,337354	-0,272093
	HID-QHond2	-0,0476765	0,552084	0,0727792
	HID-QMPas1	0,352174	0,00026658	0,0117605
HID-RPalt6	0,301762	-0,0512969	-0,670857	

En la Figura 7-173 se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los dos ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica de la evaluación de la época de lluvia (Tabla 7-108). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta la concentración de oxígeno disuelto aumenta la abundancia de la especie *Fragilaria capuccina*, por lo que esta especie requiere más oxígeno, mientras que las especie *Rhoicosphenia* sp. disminuye, lo que indicaría su tolerancia a ambientes bajos en oxígeno.

En el segundo eje, se observa a medida que aumenta la concentración de los sólidos totales suspendidos y las concentraciones de los metales aluminio, arsénico, bario, hierro, fósforo, manganeso, níquel, potasio y plomo, disminuye la abundancia de las especies *Achnanthydium minutissimum*, *Phormidiochaete crustacea*, *Leptolyngbya* sp.1 y *Pseudanabaena* sp.1, por lo que estas especies son sensibles a estos factores.

El tercer eje, muestra una relación inversa entre las especies de microalgas de *Nitzschia gracilis* y *Hannaea arcus*, es decir, mientras una aumenta su abundancia la otra disminuye.



↑
K
W
P
*
+
la

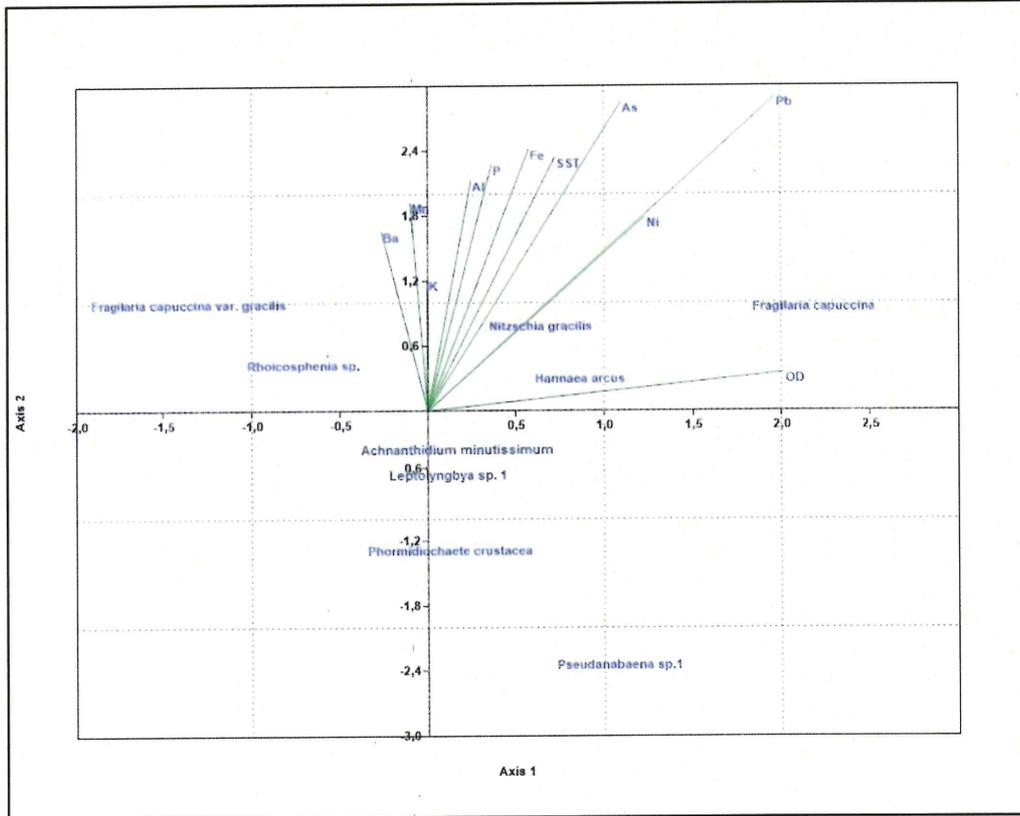


Figura 7-173. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época de lluvia



a.2. Microorganismos

Para el análisis de la subcuenca Paltic se han considerado el río La Iraca y la quebrada Honda para determinar su influencia como aportantes del mismo, en los cuales se han reportado 4 especies de microorganismos cuyo análisis ya está considerado en la microcuenca a la que pertenecen, por lo que en esta sección ya no se hará un análisis adicional al no hallarse ningún microorganismo en los puntos tomados en el río Paltic.

b. Macroinvertebrados bentónicos

• Composición y riqueza

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en las 2 épocas evaluadas estuvo representada por un total de 60 especies, las cuales están agrupadas en 33 familias, 12 órdenes y 6 clases, pertenecientes a 3 phyla, donde se observa una notoria predominancia del phylum Arthropoda, principalmente por la presencia de organismos pertenecientes a la Clase Insecta, como se puede ver en el Anexo 2.

En la Figura 7-174 se presentan los valores de riqueza o número de especies de los macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden.

El valor de riqueza más alto corresponde al punto de muestreo HID-QMPas1 (quebrada Mal Paso, afluente por la margen izquierda del río Paltic) con 25 especies, seguida del punto HID-RLIra4 (río La Iraca, antes de su afluencia al río Paltic) con 11 especies, ambas en la evaluación de febrero 2018 (época de lluvia), mientras que la

Handwritten blue notes: an upward arrow, a star-like symbol, the letters 'lt', 'P', a star-like symbol, a vertical line, and 'lc'.



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»

de menor riqueza corresponde al punto HID-RLLim2 (río La Lima antes de su llegada al río Paltic, parte baja de la microcuenca La Laja) con 1 especie en la evaluación de septiembre de 2017.

En todos los puntos de muestreo orden Ephemeroptera presentó el mayor número de especies con 51, seguido por el orden Diptera con 47 especies, y el orden Coleoptera con 29 especies. Los órdenes de menor riqueza con el Megaloptera, Lepidoptera, Collembola, Haplotaixida y Serianta, todas con una riqueza de una especie.

En lo que se refiere a la comparación de la riqueza de especies en los puntos de muestreo tomados en ambas evaluaciones, se observa que la mayor riqueza se presenta en la evaluación de febrero de 2018 correspondiente a la época de lluvia.

Finalmente, la especie de mayor riqueza es *Baetodes* sp. presente un total de 18 puntos de muestreo en ambas evaluaciones.



↑

K

H

P

*

†

LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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



Handwritten notes and initials: a blue arrow pointing up, 'd', 'B', 'P', 'A', '+', and 'IRC'.

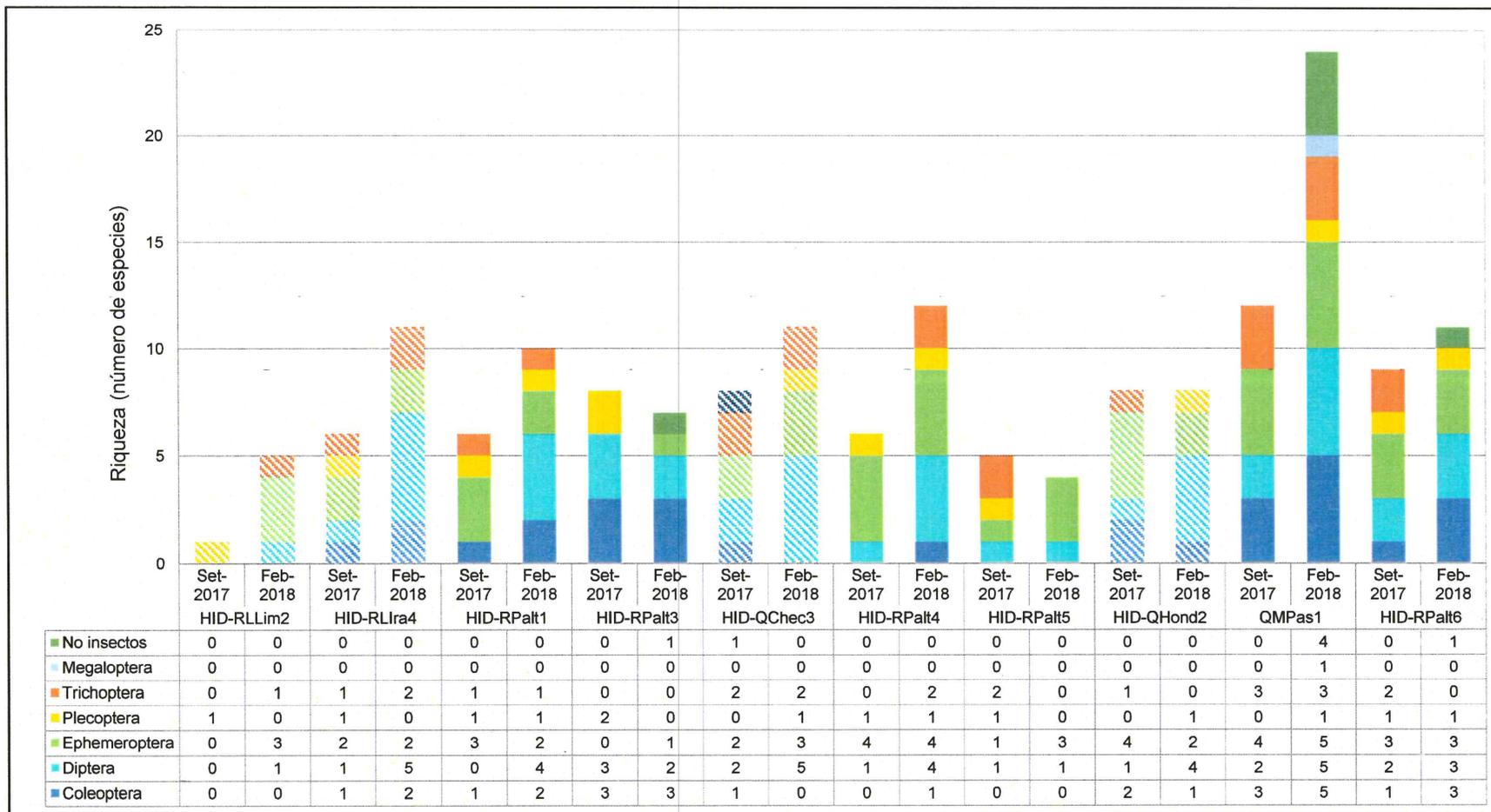


Figura 7-174. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca Paltic. . Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios



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»

- **Abundancia**

En la Figura 7-175 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Se aprecia que la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos está representada principalmente por 12 órdenes: de los que destacan el orden Ephemeroptera con 474 organismos, orden Diptera con 309 organismos, orden Trichoptera con 152 organismos, orden Coleoptera con 110 organismos y el orden Plecoptera con 43 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-QMPas1 (parte alta de la quebrada La Laja) con 185 organismos en la evaluación de época de lluvia, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (parte baja del río La Lima) con 2 organismos.

No se observa una diferencia marcada en la abundancia de organismo en cuanto a época de evaluación se refiere.

Finalmente, la especie de mayor abundancia es *Baetodes* sp. con 473 organismos, estuvo presente en todos los puntos en ambas evaluaciones, excepto en el punto HID-QRLLim2 en época seca.



↑
✕
H
P
✕
+
LAC



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 in blue ink on the left margin.

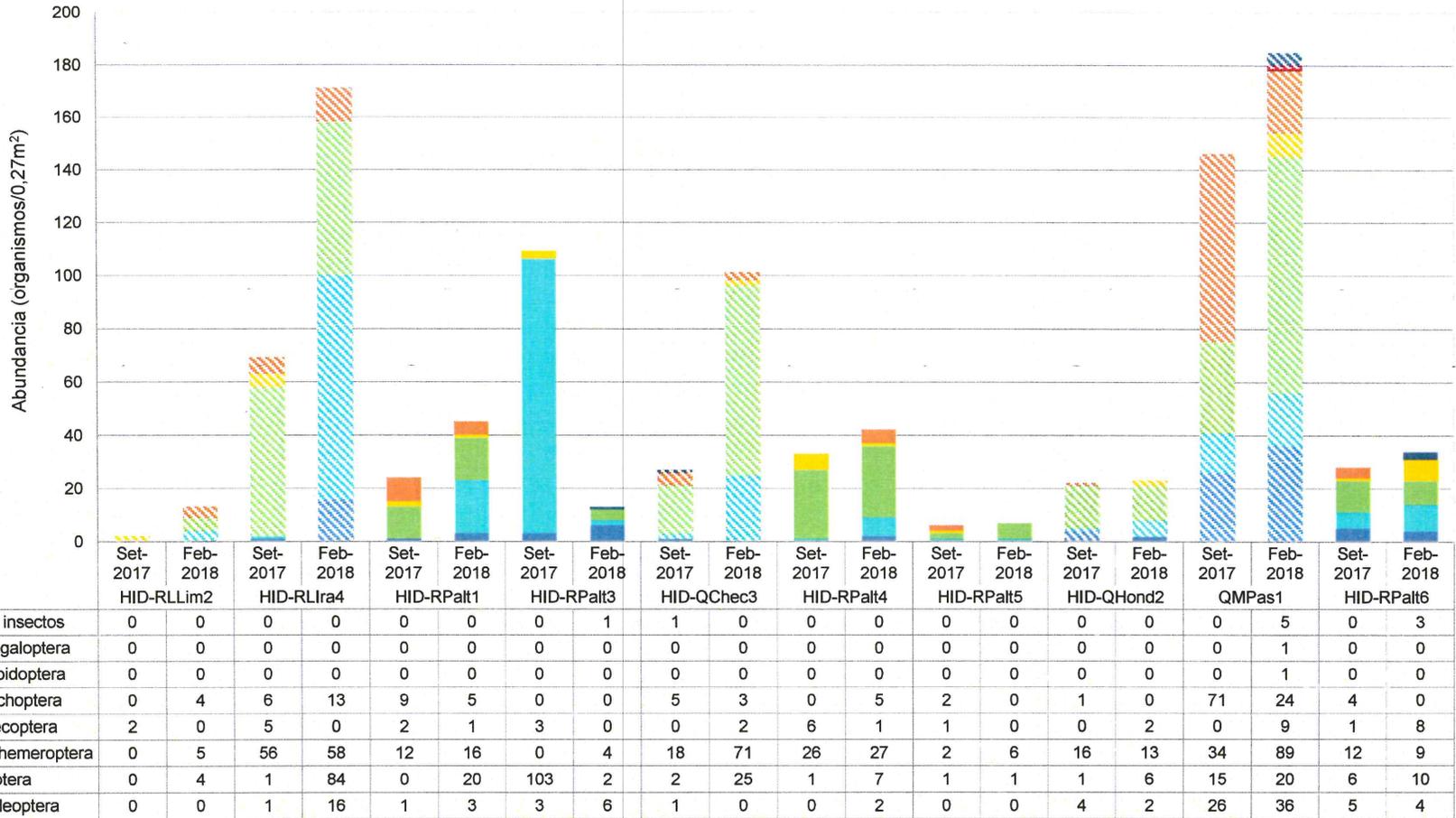


Figura 7-175. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca Paltic. . Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores tramas representan a los tributarios



- Diversidad alfa**

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-109.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores de especies efectivas se presentaron en los puntos de muestreo HID-QMPas1 e HID-RPalt6 en la evaluación de febrero de 2018, mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RLLim2 (río La Lima) en la evaluación de septiembre de 2017, resultados que también se corroboran con la densidad y abundancia en estos puntos.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-RPalt3 en febrero de 2018 (época de lluvia), lo cual indica un valor alto de equidad, por lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-109. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en la subcuenca Paltic

Puntos de muestreo	Época de evaluación	N1	N2	J'
HID-RLLim2	Septiembre 2017	1	1	0
	Febrero 2018	4,299	3,93	0,9061
HID-RLIra4	Septiembre 2017	2,27	1,596	0,4575
	Febrero 2018	6,42	5,117	0,7755
HID-RPalt1	Septiembre 2017	3,807	3,064	0,7462
	Febrero 2018	7,043	5,609	0,8478
HID-RPalt3	Septiembre 2017	1,782	1,285	0,2777
	Febrero 2018	5,919	5,121	0,9138
HID-QChec3	Septiembre 2017	4,463	2,904	0,7194
	Febrero 2018	3,613	2,248	0,5357
HID-RPalt4	Septiembre 2017	3,900	3,310	0,7596
	Febrero 2018	6,934	4,594	0,7793
HID-RPalt5	Septiembre 2017	4,762	4,5	0,9697
	Febrero 2018	3,170	2,579	0,8322
HID-QHond2	Septiembre 2017	5,347	4,033	0,8063
	Febrero 2018	6,011	4,6	0,8625
HID-QMPas1	Septiembre 2017	8,206	6,754	0,847
	Febrero 2018	13,12	9,51	0,7998
HID-RPalt6	Septiembre 2017	7,198	6,222	0,8983
	Febrero 2018	8,723	7,41	0,9033

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

 : Valores máximos de índices de diversidad alfa

 : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

- Diversidad beta**

En la Figura 7-176 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que los puntos de muestreo HID-RLIra4, HID-RPalt1 e HID-RPalt4 en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia) muestran un porcentaje de similitud mayor al 50 %; al igual que los puntos HID-RPalt4 e HID-RPalt1 en la evaluación de época seca en cuanto a las especies de macroinvertebrados registradas.



↑
K
H
P
A
f
LPC



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

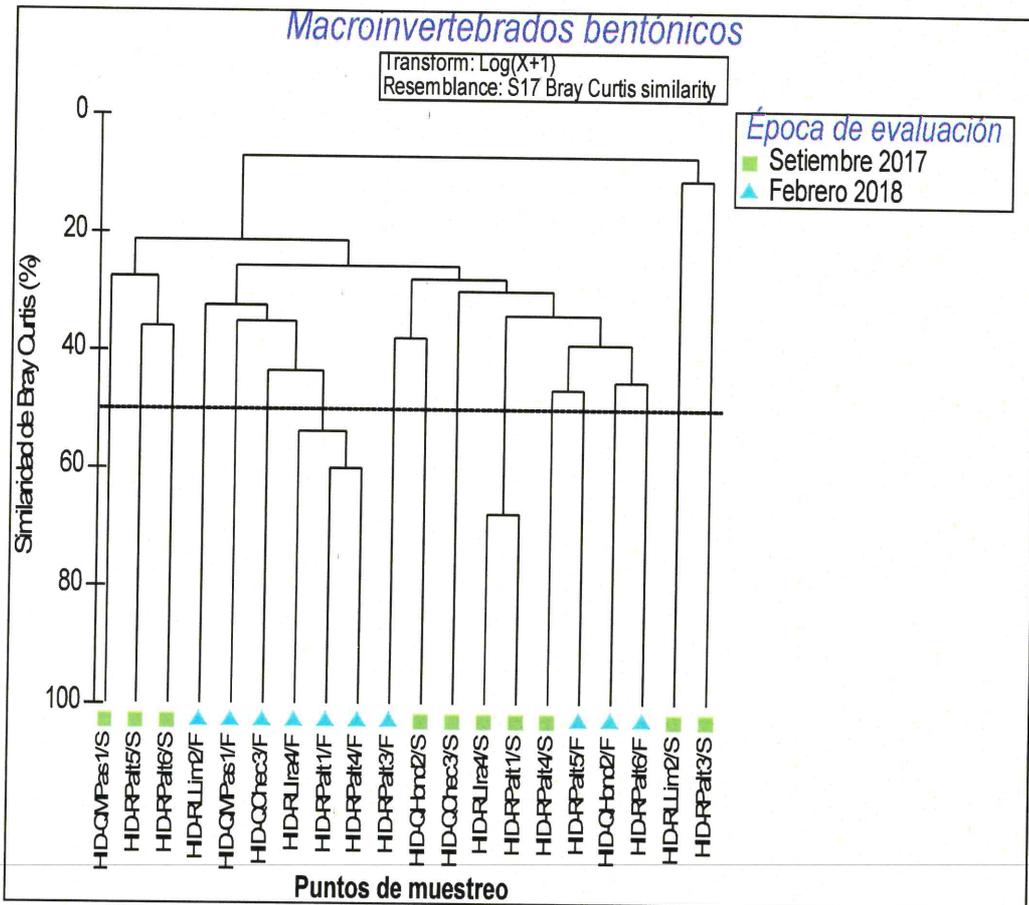


Figura 7-176. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca Paltic

• **Análisis de correspondencia canónica (ACC)**

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos se aplicó el análisis de correspondencia canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP realizado en el ítem de perifiton. Se realizó el análisis por época de evaluación, es decir, para septiembre de 2017 (época seca) y febrero de 2018 (época de lluvia) separados para las quebradas y ríos de la subcuenca Paltic.

En la Tabla 7-110 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales, explicada por los tres ejes seleccionados fue de 88,05 % en la época seca, el primer eje explicó el 47,02 % de la varianza, el segundo eje explicó el 25,01 % de la varianza y el tercer explicó el 16,02 % de la varianza. Lo que indicaría que el resto de ejes explican el 11,95 % por lo que la interpretación se basa en los tres primeros ejes.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large arrow pointing up, the letters 'W', 'P', and 'LPC'.



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

Tabla 7-110. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic en la época seca

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,45407	0,24154	0,15467
Varianzas	Varianza explicada (%)	47,02	25,01	16,02
	Varianza acumulada explicada (%)	47,02	72,05	88,05
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Heterelmis</i> sp.	-0,01748	-1,46913	-0,244829
	<i>Cricotopus</i> sp.	-1,60281	-0,181848	-0,168948
	<i>Hexatoma</i> sp.	-0,209011	0,218991	-1,2158
	<i>Andesiops</i> sp.	1,72064	-0,0539256	-0,793571
	<i>Baetodes</i> sp.	0,688866	0,011782	-0,306868
	<i>Baetidae</i> ND	-0,830866	1,80269	0,864778
	<i>Thraulodes</i> sp.	-0,95934	2,29285	-0,159993
	<i>Leptohyphes</i> sp.	0,81853	0,747567	-2,71495
	<i>Anacroneuria</i> sp.	0,603513	0,747634	1,73802
	<i>Helicopsyche</i> sp.	-1,51524	-0,865806	-0,297691
	<i>Helicopsychidae</i> ND	-1,51524	-0,865806	-0,297691
Correlación de las variables ambientales	pH	-0,751721	-0,597516	-0,342225
	Conductividad	-0,588083	-0,439975	0,159653
	Cloruros	-0,898767	0,0175464	-0,00385879
	Aluminio total	-0,66051	0,230535	0,0113765
	Bario total	-0,639176	0,330657	-0,0570195
	Hierro total	-0,660967	0,226743	-0,0303322
	Magnesio total	-0,713643	-0,446485	0,00036566
Correlación entre puntos de muestreo	HID-RLLim2	0,603513	0,747634	1,73802
	HID-RLIra4	0,772458	-0,191366	0,379535
	HID-RPalt1	0,667466	-0,526004	0,449153
	HID-RPalt3	0,603513	0,747634	1,73802
	HID-QChec3	0,597645	0,251608	-1,12474
	HID-RPalt4	-0,0306982	0,868572	0,285399
	HID-RPalt5	-0,276484	-0,133629	-0,100187
	HID-QHond1	0,811154	0,314902	-0,68157
	HID-QHond2	0,303	-0,251746	-0,254259
	HID-QMPas1	-0,798228	-0,716338	-0,114003
HID-RPalt6	-0,952927	0,658346	0,120728	

En la Figura 7-177 se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los tres ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-110). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye el pH, la conductividad eléctrica, y la concentración de los cloruros, aluminio, bario, hierro, magnesio la abundancia de las especies *Cricotopus* sp, *Helicopsyche* sp. y *Helicopsychidae* ND disminuye, lo cual muestra la tolerancia de estas especies a estos factores, mientras que las especies *Andesiops* sp., y *Baetodes* sp. aumenta, lo que demuestra su sensibilidad a estos factores.

En el eje dos se observa que aumenta la abundancia de las especies *Baetidae* ND y *Thraulodes* sp. cuando disminuye la abundancia de las especies *Heterelmis* sp. y *Hydropsychidae* ND, y viceversa.

El eje tres muestra que a medida que aumenta la abundancia de la especie *Anacroneuria* sp. disminuye la abundancia de las especies *Hexatoma* sp.y *Leptohyphes* sp., ya que el género *Anacroneuria* es indicador de aguas limpias, mientras que las especies *Hexatoma* sp.y *Leptohyphes* sp. toleran cierto grado de contaminación.



↑
K
H
P
A
T
LR



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

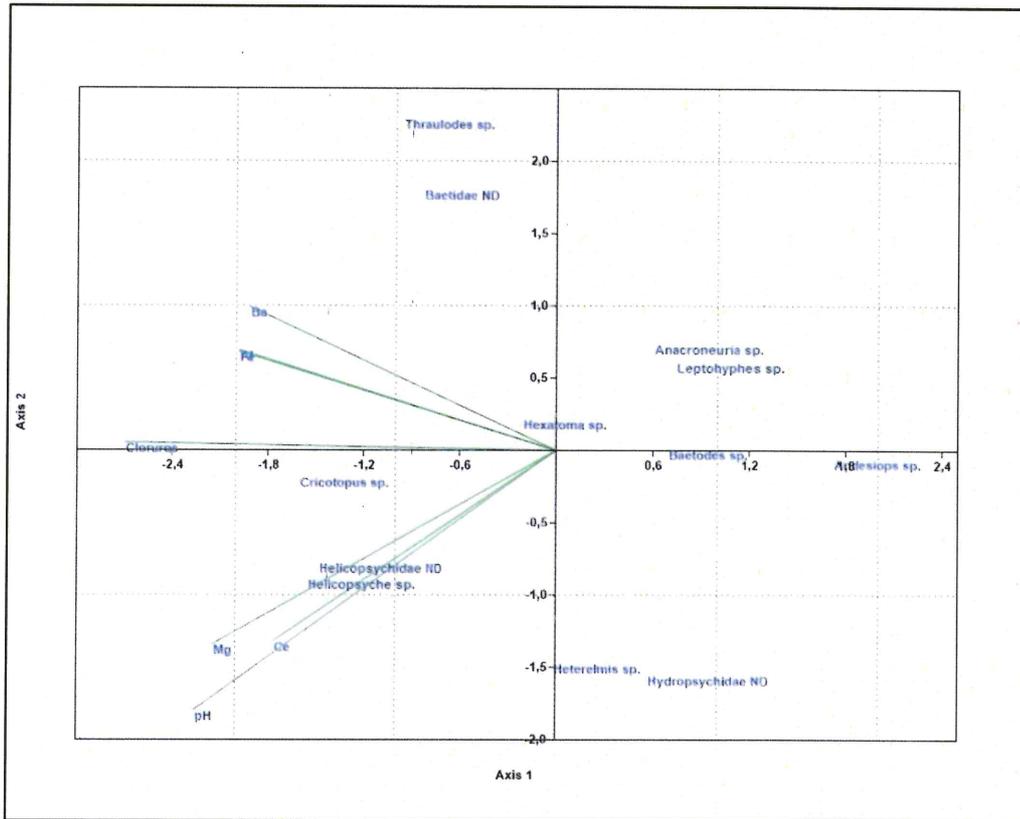


Figura 7-177. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic evaluados en la época seca

En la Tabla 7-111 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales en la época de lluvia fue de 79,14 %, explicada por los 3 ejes seleccionados, el primer eje explicó el 48,98% de la varianza, el segundo eje explicó el 16,34 % y el tercer eje explicó el 13,82 % de la varianza. El resto de los ejes explicaron el 20,86 % de la varianza, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los 3 primeros ejes.

Tabla 7-111. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic evaluados en la época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,2853	0,095161	0,080485
Varianzas	Varianza explicada (%)	48,98	16,34	13,82
	Varianza acumulada explicada (%)	48,98	65,32	79,14
Correlación de las especies de macroinvertebrados bentónicos	<i>Austrelmis</i> sp.	-0,902638	-0,274063	-2,45653
	<i>Heterelmis</i> sp.	1,40647	-0,145809	-0,248274
	<i>Cricotopus</i> sp.	1,28529	0,55971	0,735493
	<i>Orthoclaadiinae</i> sp.	-1,07204	1,4644	-1,05979
	<i>Simulium</i> sp.	0,760617	-0,914564	0,320008
	<i>Andesiops</i> sp.	1,38568	1,64042	-1,20229
	<i>Baetodes</i> sp.	-0,290084	0,397405	1,12337
	<i>Nanomis</i> sp.	-0,0139603	-1,32053	-2,06129
	<i>Thraulodes</i> sp.	-1,88597	0,606424	0,410371
	<i>Leptohyphes</i> sp.	-0,898262	-2,27192	0,437631
<i>Anacroneuria</i> sp.	-1,2746	0,724806	-0,237343	



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a blue arrow pointing up, a signature, and the letters 'P', 'f', and 'LPC'.



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las variables ambientales	<i>Smicridea</i> sp.	0,557215	-0,601318	-0,419345
	Oxígeno disuelto	-0,257248	0,152744	0,194356
	Sólidos suspendidos totales	-0,435021	0,467972	0,410506
	Aluminio total	-0,380048	0,46865	0,355689
	Arsénico total	-0,220067	0,518873	0,287836
	Bario total	-0,465049	0,49051	0,209056
	Hierro total	-0,331488	0,514672	0,364618
	Fósforo total	-0,399727	0,549358	0,23229
	Manganeso total	-0,414755	0,513101	0,24305
	Níquel total	-0,323407	0,383033	0,274742
	Potasio total	-0,44614	0,411905	0,47197
Correlación entre puntos de muestreo	PLim2	-0,0112912	0,348248	0,341411
	RLim2	0,21329	-0,929602	-0,323032
	RLra4	0,862347	0,226397	-0,0707318
	RPalt1	0,464081	0,369262	0,0518137
	RPalt3	0,662028	0,0437007	0,501007
	QChc3	-0,0273734	-0,223583	0,573671
	RPalt4	0,30964	0,221663	-0,310083
	RPalt5	-0,800057	-0,171856	0,799731
	QHond1	-0,477533	-0,465938	0,469471
	QHond2	-1,02817	0,70322	0,298247
	QMPas1	-0,434357	-0,32993	-0,322359
RPalt6	-0,923723	0,315996	-0,192097	

En la Figura 7-178 se describe gráficamente la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos relacionados con los 3 ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-111). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que aumenta las concentraciones de oxígeno disuelto la abundancia de las especies *Heterelmis* sp. y *Cricotopus* sp. aumenta, lo que muestra que estas especies pueden desarrollarse en ambientes bajos en oxígeno, mientras que las especies *Thraulodes* sp. y *Anacroneuria* sp. disminuye, lo que indicaría los mayores requerimientos de oxígeno de estas especies.

El eje dos muestra que cuando aumenta las concentraciones de los metales aluminio, arsénico, bario, hierro, fósforo, manganeso, níquel y plomo, la abundancia de las especies *Orthocladinae* sp., *Andesiops* sp. aumenta, lo que muestra la tolerancia de estas especies a estos factores, mientras que la abundancia de las especies *Simulium* sp., *Leptohyphes* sp. y *Smicridea* sp. disminuye, lo que muestra la sensibilidad de estas especies a estos factores.

Finalmente en el eje 3 se observa que a medida que aumenta las concentraciones de potasio total, la especie *Baetodes* sp. aumenta su abundancia, lo cual muestra su tolerancia al potasio, mientras que disminuye la de las especies *Austrelmis* sp. y *Nanomis* sp., lo que muestra su sensibilidad al potasio.



↑
*
H
P
*
†
LPC



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

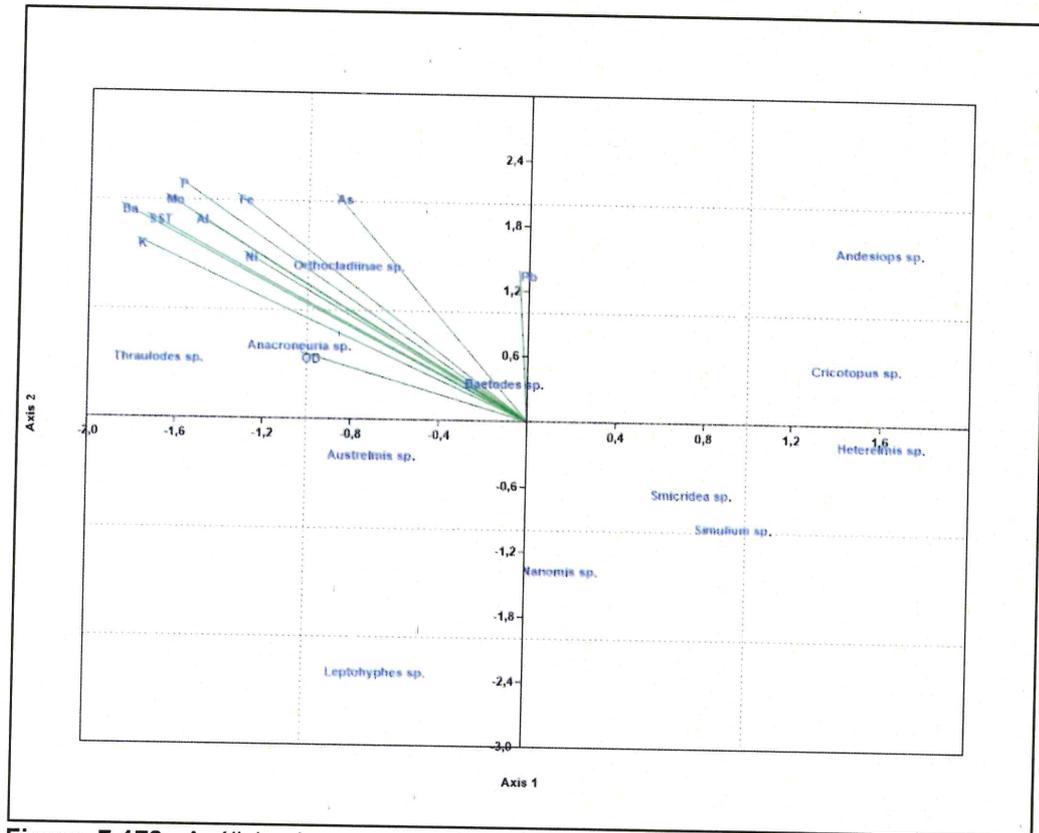


Figura 7-178. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los factores abióticos en la subcuenca Paltic evaluados en la época de lluvia



c. **Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua**

En la Tabla 7-112 se presenta la calidad hidromorfológica obtenida de las características de hábitat en cada punto de muestreo, la calidad biológica y la calidad ecológica según el protocolo CERA-S y el índice biótico Andean Biotic Index ABI en la microcuenca La Laja (Ver Anexo 6). Los resultados de este análisis fueron tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

Se puede observar, que los puntos evaluados de acuerdo a las características de los hábitats registran una calidad mala y moderada en la parte alta y media de la cuenca, sin embargo se registra una buena calidad en la parte baja de la cuenca en los puntos de muestreo QMPas1 (quebrada Mal Paso, afluente por la margen izquierda del río Paltic) y RPalt6 (parte baja del río Paltic).

Tabla 7-112. Resultados de la calidad ecológica según el Índice biótico andino (ABI) y el protocolo CERA-S en la Subcuenca Paltic

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
HID-RLlim2	Septiembre 2017	Moderada	Mala	Mala
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
HID-RLira4	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Moderada	Moderada
HID-RPalt1	Septiembre 2017	Moderada	Mala	Mala

↑
d
ut
P
A
+

LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Puntos de muestreo	Época de evaluación	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica (ABI)	Calidad ecológica
	Febrero 2018	Buena	Moderada	Moderada
HID-RPalt3	Septiembre 2017	Buena	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
HID-QChec3	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Moderada	Buena	Moderada
HID-RPalt4	Septiembre 2017	Buena	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Buena	Buena
HID-RPalt5	Septiembre 2017	Moderada	Moderada	Moderada
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
qHID-QHond2	Septiembre 2017	Moderada	Mala	Mala
	Febrero 2018	Buena	Mala	Mala
HID-QMPas1	1w	Moderada	Buena	Buena
	Febrero 2018	Buena	Excelente	Buena
HID-RPalt6	Septiembre 2017	Buena	Buena	Buena
	Febrero 2018	Buena	Buena	Buena

En la Figura 7-179 se describen el comportamiento de las especies bioindicadoras por punto de muestreo en las subcuenca Paltic. Se observó que el río Paltic en el puntos HID-RPaltic6 en época seca presenta mayor número de especies sensibles, mientras que en el punto HID-RPalt4 en época de lluvia registra el mayo número de especies tolerantes factores adversos.



↑
H
H
P
*
+
LRC



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: a blue arrow pointing up and right, followed by 'd', 'da', 'p', 'A', 'f', and 'RC'.

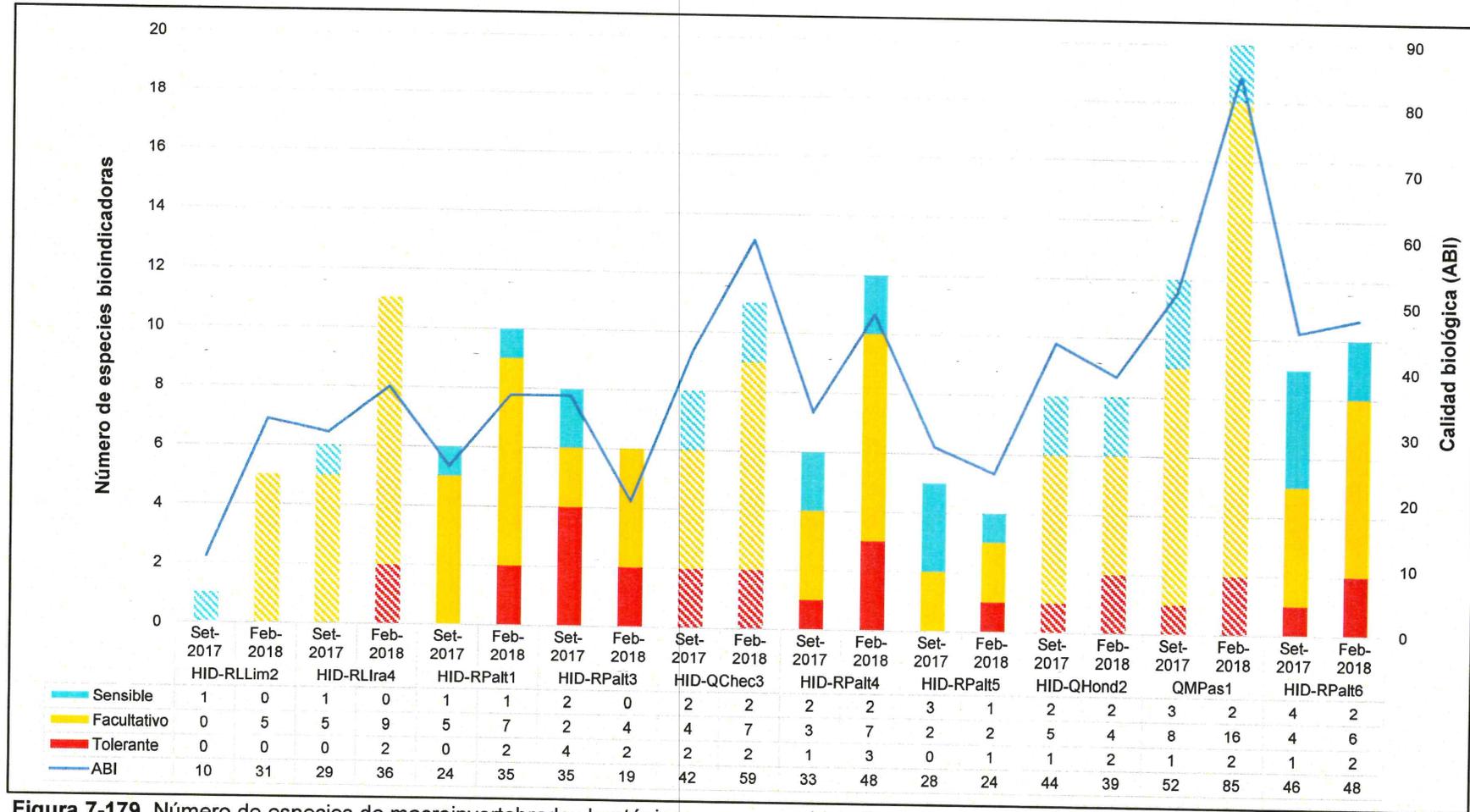


Figura 7-179. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por grupos bioindicadores definidos referencialmente a partir del índice ABI en la subcuenca Paltic

**d. Peces**

La evaluación de la ictiofauna (peces) se realizó mediante el uso de una red de mano o cal cal en la evaluación de febrero de 2018; como se muestra en la Tabla 7-113 se reportaron 2 especies de peces conocidos como bagres, pertenecientes a la familia Astroblepidae y al orden Siluriformes distribuidos en 9 puntos de muestreo tomados en el río Paltic y sus tributarios.

Se observó que el punto de muestreo HID-RPalt4 presentó los valores más altos de riqueza con 2 especies y abundancia con 13 organismos, ubicado en el río Paltic luego de la confluencia de la quebrada Checos donde se ubicó el punto HID-QChec3, el cual le sigue en abundancia con 4 organismos.

Finalmente la especie *Astroblepus* sp. 1 moteado fue la de mayor riqueza (presente en 8 puntos de muestreo) y abundancia (con 18 organismos en todos los puntos de muestreo).

Tabla 7-113. Composición, riqueza y abundancia de peces (necton) en la subcuenca Paltic

Cuerpo de agua	Río La Lima	Río La Iraca	Río Paltic	Río Paltic	Quebrada Checos	Río Paltic	Río Paltic	Quebrada Mal Paso	Río Paltic	
Código del punto de muestreo	HID-RLLim1	HID-RLIra3	HID-RPalt1	HID-RPalt2	HID-QChec3	HID-RPalt4	HID-RPalt5	HID-QMPas1	HID-RPalt6	
Fecha de colecta	16/02/2018	17/02/2018	15/02/2018	17/02/2018	13/02/2018	17/02/2018	17/02/2018	12/02/2018	17/02/2018	
Hora de colecta	11:45	15:20	15:40	16:25	17:00	13:30	11:55	14:50	09:15	
Orden	Especie									
Siluriformes	<i>Astroblepus</i> sp. 1 moteado	0	1	1	1	4	7	2	1	1
Siluriformes	<i>Astroblepus ortegai</i>	1	0	0	0	0	6	0	0	0
Riqueza (S)		1	1	1	1	1	2	1	1	1
Abundancia (N)		1	1	1	1	4	13	2	1	1

Fuente: Informe de ensayo N° IC002-2018-OEFA/DEAM

**7.3.5.2. Caracterización geológica**

En este capítulo se describen las características geológicas de la microcuenca La Laja y la subcuenca Paltic.

Las rocas que se presentan en la microcuenca La Laja, se encuentran representadas en la parte central por el grupo Goyllarisquizca (Ki-go), constituida por cuarcitas blanquecinas a manera de estratos delgados fuertemente metamorfozadas y con un intenso fracturamiento que se distribuyen a lo largo del río la Laja.

En cuanto a las formaciones volcánicas aflorantes en la microcuenca la Laja, al noroeste-suroeste se ubican los eventos eruptivos de flujo piroclástico de cenizas con cristales de cuarzo y plagioclasa (Pe-gra/5); mientras que para la microcuenca Paltic están representadas por flujos piroclásticos de pómez y ceniza con líticos, cristales de cuarzo y biotita (Pe-gra/4).

La formación Inca Chulec está constituida por secuencias de calizas ferruginosas con intercalaciones de areniscas y lutitas; ubicadas al este de la microcuenca Paltic y margen izquierda del río La Laja.



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

Al suroeste de la microcuenca Paltíc y noreste de la microcuenca Ayraza se ubica el afloramiento de rocas subvolcánicas, denominadas pórfido cuarcífero (Nm-pc) y dacítico (Nm-da), afecta por alteración hidrotermal (ah).

En la sección geológica (Figura 7-180), se muestra la litoestratigrafía de la microcuenca La Laja donde aflora una secuencia de cuarcitas y cuarzoarenitas blanquecinas en estratos delgados que se distribuyen de manera uniforme en la margen derecha e izquierda del río Agua del Peón y La Laja.

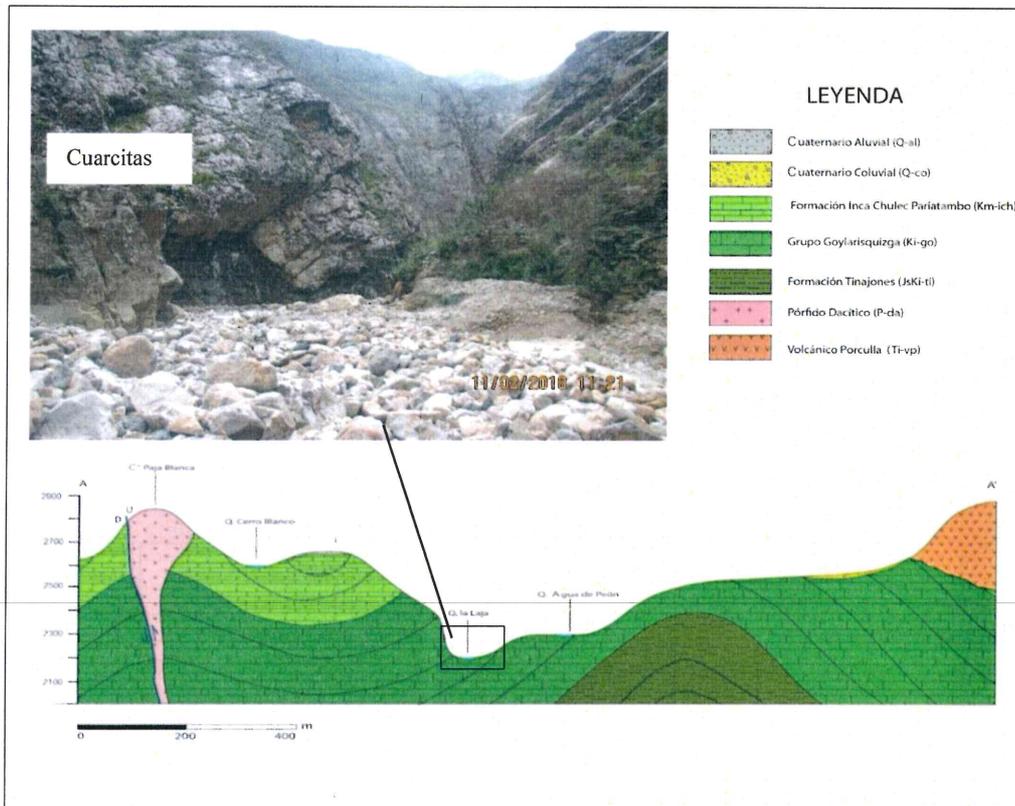


Figura 7-180. Sección geológica esquemática de la microcuenca La Laja

Los anticlinales que se ubican en la margen izquierda del río Paltíc están cubiertas por secuencias de rocas carbonatadas caliza y areniscas, que entran en contacto concordante con la secuencia de depósito de lava andesítica. Es importante mencionar que el flanco este de dicho pliegue posee un plunge hacia el suroeste.

Por el área de influencia del río Agua de la Montaña y El Rollo afloran las calizas que sufrieron metamorfismo (marmol), asimismo zonas hornofelnizadas; cabe mencionar que todas estas secuencias sedimentarias y metamórficas sobreyace a niveles lávicos andesíticos.

Los depósitos cuaternarios fluviales están compuestos por gravas redondeadas a subredondeadas heterométricas y heterolíticas envueltas en una matriz arenosa, en tanto que los depósitos coluviales están compuestos por bloques mayores a 30 cm.

Estructuralmente se encuentra afectada por fallas normales e inversas en sentido noroeste - suroeste, este-oeste, así como también fallas de rumbo. Es importante



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, the letters 'd', 'tt', 'P', and 'LPC'.



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

mencionar que existe mayor cantidad de fallas circundante al pófido cuarcífero.

Localmente los cerros Pozo colorado y Peña Negra delimitan la microcuenca la Laja, mientras que Paja Blanca y Huambos delimita la microcuenca Paltíc, los flancos de estos cerros poseen pendientes moderadamente abruptas.

7.3.5.3. Evaluación hidroquímica

Antes de realizar la evaluación hidroquímica se evalúa el cálculo del error de balance iónico y luego la representación a través de los diagramas hidroquímicos y el análisis de las relaciones iónicas, como se muestra en las subsecciones que se presentan a continuación.

Para la evaluación del balance iónico y los diagramas hidroquímicos, los cuerpos de agua superficial (quebradas y manantiales), las concentraciones en meq/L se calcularon y graficaron en base a los metales disueltos.

I. Error de Balance iónico (EBI)

Según la Tabla 7-114 para la subcuenca Paltic durante septiembre de 2017 – época seca, los puntos: todos los puntos presentaron un EBI menor al 10 %, presentado el mayor error en los puntos FLUñi1 y FLPam1 (EBI = 10,0 %) con pH de 6,62 y 6,77 respectivamente.

Asimismo, de acuerdo a la Tabla 7-115 para la subcuenca Paltic durante febrero de 2018 – época de lluvia, los puntos: RLLim2 en el río La Lima, RLIra4 en el río La Ayraca y los puntos RPalt1, RPalt2, RPalt3, RPalt4, RPalt5 y RPalt6 y RLLim2 en el río Paltic; presentaron un EBI mayor al 10 %.

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



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing to the stamp, and the initials 'LPC' 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 7-114. Error de balance iónico de la subcuenca Paltic en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época seca

Punto de muestreo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCa	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	EBI
	Concentración (mg/L)					Concentración (meq/L)					%										
RLLim2	5,15	0,88	0,91	1,82	8,76	1,80	0,40	15,80	0,71	18,71	0,26	0,07	0,02	0,08	0,43	0,03	0,01	0,33	0,01	0,38	6,3%
RLIra4	18,16	2,20	0,58	3,58	24,52	27,00	0,40	33,00	0,31	60,71	0,91	0,18	0,01	0,16	1,26	0,44	0,01	0,69	0,01	1,15	4,7%
RPalt1	13,13	1,72	0,82	2,86	18,53	14,80	0,40	26,40	0,53	42,13	0,66	0,14	0,02	0,12	0,94	0,24	0,01	0,55	0,01	0,81	7,4%
RPalt2	12,36	1,65	0,85	2,92	17,78	12,80	0,60	25,80	0,58	39,78	0,62	0,14	0,02	0,13	0,90	0,21	0,02	0,54	0,01	0,77	7,7%
RPalt3	12,69	1,69	0,86	2,88	18,12	14,40	0,60	26,60	0,58	42,18	0,63	0,14	0,02	0,13	0,92	0,24	0,02	0,55	0,01	0,82	6,0%
RPalt4	10,67	1,73	0,92	2,96	16,28	10,40	1,00	28,60	0,53	40,53	0,53	0,14	0,02	0,13	0,83	0,17	0,03	0,60	0,01	0,80	1,5%
RPalt5	11,49	1,51	1,45	2,93	17,38	17,60	1,00	25,20	0,62	44,42	0,57	0,12	0,04	0,13	0,86	0,29	0,03	0,52	0,01	0,85	0,6%
RPalt6	13,49	2,13	1,13	2,98	19,73	23,00	1,00	27,60	0,62	52,22	0,67	0,18	0,03	0,13	1,01	0,38	0,03	0,57	0,01	0,99	0,8%
QChec3	3,72	1,03	1,16	2,91	8,83	5,00	0,40	13,20	0,66	19,26	0,19	0,09	0,03	0,13	0,43	0,08	0,01	0,27	0,01	0,38	6,0%
QHond2	8,87	1,89	1,81	3,82	16,40	27,90	0,60	10,80	0,49	39,79	0,44	0,16	0,05	0,17	0,81	0,46	0,02	0,22	0,01	0,71	6,9%
QMPas1	26,12	3,76	0,84	4,06	34,78	91,50	1,00	3,30	0,11	95,91	1,30	0,31	0,02	0,18	1,81	1,50	0,03	0,07	0,00	1,60	6,2%
FLUñi1	30,60	7,93	0,48	5,26	44,27	92,10	0,40	21,40	0,93	114,83	1,53	0,65	0,01	0,23	2,42	1,51	0,01	0,45	0,02	1,98	10,0%
FLPam1	24,86	5,16	0,74	5,69	36,45	79,50	0,60	10,00	2,22	92,32	1,24	0,42	0,02	0,25	1,93	1,30	0,02	0,21	0,04	1,56	10,5%
FNatu4	63,49	3,17	0,54	2,02	69,22	171,40	1,40	3,70	2,61	179,11	3,17	0,26	0,01	0,09	3,53	2,81	0,04	0,08	0,04	2,97	8,7%
FLFil1	70,26	3,19	0,83	2,56	76,84	188,50	1,20	5,30	4,43	199,43	3,51	0,26	0,02	0,11	3,90	3,09	0,03	0,11	0,07	3,30	8,3%

Ca²⁺: Calcio disuelto, Mg²⁺: Magnesio disuelto, K⁺: Potasio disuelto, Na⁺: Sodio disuelto, HCO₃⁻: Bicarbonatos, Cl⁻: cloruros, SO₄²⁻: sulfatos y NO₃⁻: Nitratos.

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos

Tabla 7-115. Error de balance iónico de la subcuenca Paltic en el muestreo realizado en el muestreo realizado en época de lluvia

Punto de muestreo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCa	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	EBI
	Concentración (mg/L)					Concentración (meq/L)					%										
RLLim2	2,75	0,39	0,61	1,20	4,95	8,70	0,11	13,00	0,00	21,81	0,14	0,03	0,02	0,05	0,24	0,14	0,00	0,27	0,00	0,42	-27,4%
RLIra4	8,46	1,24	0,57	2,43	12,70	29,40	0,11	18,40	0,00	47,91	0,42	0,10	0,01	0,11	0,64	0,48	0,00	0,38	0,00	0,87	-14,8%
RPalt1	7,57	1,13	0,56	2,23	11,49	21,40	0,11	19,40	0,00	40,91	0,38	0,09	0,01	0,10	0,58	0,35	0,00	0,40	0,00	0,76	-13,1%
RPalt2	5,16	0,75	0,60	1,70	8,21	14,70	0,11	14,60	0,00	29,41	0,26	0,06	0,02	0,07	0,41	0,24	0,00	0,30	0,00	0,55	-14,6%
RPalt3	5,00	0,73	0,80	1,58	8,11	16,40	0,41	14,14	0,00	30,95	0,25	0,06	0,02	0,07	0,40	0,27	0,01	0,29	0,00	0,57	-18,1%
RPalt4	5,39	0,78	0,69	1,76	8,62	13,70	0,11	19,60	0,00	33,41	0,27	0,06	0,02	0,08	0,43	0,22	0,00	0,41	0,00	0,64	-19,6%
RPalt5	5,22	0,83	0,79	1,93	8,77	14,70	0,11	17,70	0,00	32,51	0,26	0,07	0,02	0,08	0,43	0,24	0,00	0,37	0,00	0,61	-17,1%



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large blue arrow pointing upwards and the letters 'P', 'A', 'T', 'I', 'C' and 'LSC'.



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	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCat	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ΣCa	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	ΣAn	EBI
	Concentración (mg/L)					Concentración (meq/L)					%										
RPalt6	5,72	0,87	0,70	2,20	9,48	19,70	0,23	17,30	0,00	37,23	0,29	0,07	0,02	0,10	0,47	0,32	0,01	0,36	0,00	0,69	-18,9%
QChec3	3,10	0,72	1,07	2,54	7,43	10,60	0,49	10,90	0,00	21,99	0,15	0,06	0,03	0,11	0,35	0,17	0,01	0,23	0,00	0,41	-8,2%
QHond2	3,65	0,86	3,11	2,16	9,77	18,50	0,11	8,24	0,00	26,85	0,18	0,07	0,08	0,09	0,43	0,30	0,00	0,17	0,00	0,48	-5,7%
QMPas1	23,40	3,39	0,47	4,77	32,03	102,40	0,35	6,80	0,00	109,55	1,17	0,28	0,01	0,21	1,67	1,68	0,01	0,14	0,00	1,83	-4,7%
FLUñi1	25,49	6,59	0,33	5,03	37,43	101,10	0,51	36,20	0,00	137,81	1,27	0,54	0,01	0,22	2,04	1,66	0,01	0,75	0,00	2,42	-8,6%
FLPam1	19,33	3,86	0,51	5,31	29,01	88,40	0,11	14,80	0,00	103,31	0,96	0,32	0,01	0,23	1,53	1,45	0,00	0,31	0,00	1,76	-7,1%
FNatu4	56,18	2,63	0,32	1,92	61,06	202,50	0,11	7,00	0,00	209,61	2,80	0,22	0,01	0,08	3,11	3,32	0,00	0,15	0,00	3,47	-5,4%
FLFil1	56,90	2,97	0,79	2,07	62,73	203,50	0,46	11,20	0,00	215,16	2,84	0,24	0,02	0,09	3,19	3,34	0,01	0,23	0,00	3,58	-5,7%
FNatu8	21,33	5,38	0,49	8,07	35,26	83,30	0,77	33,00	0,00	117,07	1,06	0,44	0,01	0,35	1,87	1,37	0,02	0,69	0,00	2,07	-5,2%

Ca²⁺: Calcio disuelto, Mg²⁺: Magnesio disuelto, K⁺: Potasio disuelto, Na⁺: Sodio disuelto, HCO₃⁻: Bicarbonatos, Cl⁻: cloruros, SO₄²⁻: sulfatos y NO₃⁻: Nitratos.

ΣCat: Suma de cationes, ΣAn: Suma de aniones y E.B.I: Error de Balance iónico.

*El Balance iónico se calculó en base a los metales disueltos



Handwritten notes and signatures on the left margin



II. Diagramas hidroquímicos

Los diagramas hidroquímicos sirven para ver la interacción simultánea entre aniones (NO_3^{-2} , SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) mediante diagramas triangulares que se proyectan en un rombo central conocido como diagrama de Piper.

También se presentan los diagramas compuestos por tres ejes paralelos conocidos como diagramas de Stiff, cuyo análisis se realiza en base al grado de mineralización (ancho de la gráfica de Stiff) separados en cuatro rangos de valores hidroquímicos predominantes con respecto a los iones bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^+) y/o sulfatos (SO_4^-) en meq/L: de 0 a 0,4; de 0,4 a 2 y de 2 a 4 Meq/L.

II. 1. Diagrama de Piper

Los resultados mostrados en la Figura 7-181a para el muestreo realizado en septiembre de 2017 indican que en la quebrada Mal Paso (QMPas1), la quebrada Honda (QHond2) y los puntos de muestreo en manantiales son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en el río Paltic (RPalt1, 2, 3, 4 y 5) La Ayraca (RLIra4), La Lima (RLLim2) y la quebrada Checos (QChec3), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas.

El punto de muestreo en la quebrada Checos (QChec3), se encuentra en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatada, según los porcentajes de cationes que registra:

- QChec3: 43,49 % de Ca^{2+} y 29,4 % Na^+

Los resultados mostrados en la Figura 7-181b para el muestreo realizado en febrero de 2018 indican que en la quebrada Mal Paso (QMPas1), la quebrada Honda (QHond2), el río La Ayraca (RLIra4) y los puntos de muestreo en manantiales son aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector Bicarbonatadas Cálcicas y/o Magnésicas. Por lo contrario, los puntos ubicados en el río Paltic (RPalt1, 2, 3, 4 y 5), La Lima (RLLim2) y la quebrada Checos (QChec3), son aguas de facies sulfatadas cálcicas, al estar ubicados en el sector de Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcicas y/o Magnésicas.

El punto de muestreo en la quebrada Checos (QChec3) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas sulfatada, según los porcentajes de aniones que registra:

- QChec3: 43,98 % de Ca^{2+} y 31,46% Na^+

El punto en la quebrada Honda (QHond2) se encuentran en triángulo catiónico (zona mixta), correspondiendo a aguas de facie cálcicas-sódicas bicarbonatadas, según los porcentajes de aniones que registra:

- QHond2: 42,76 % de Ca^{2+} y 22,01 % Na^+



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical line, a star-like symbol, a 'H', a 'P', a signature, a cross, and the letters 'HRC'.



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»

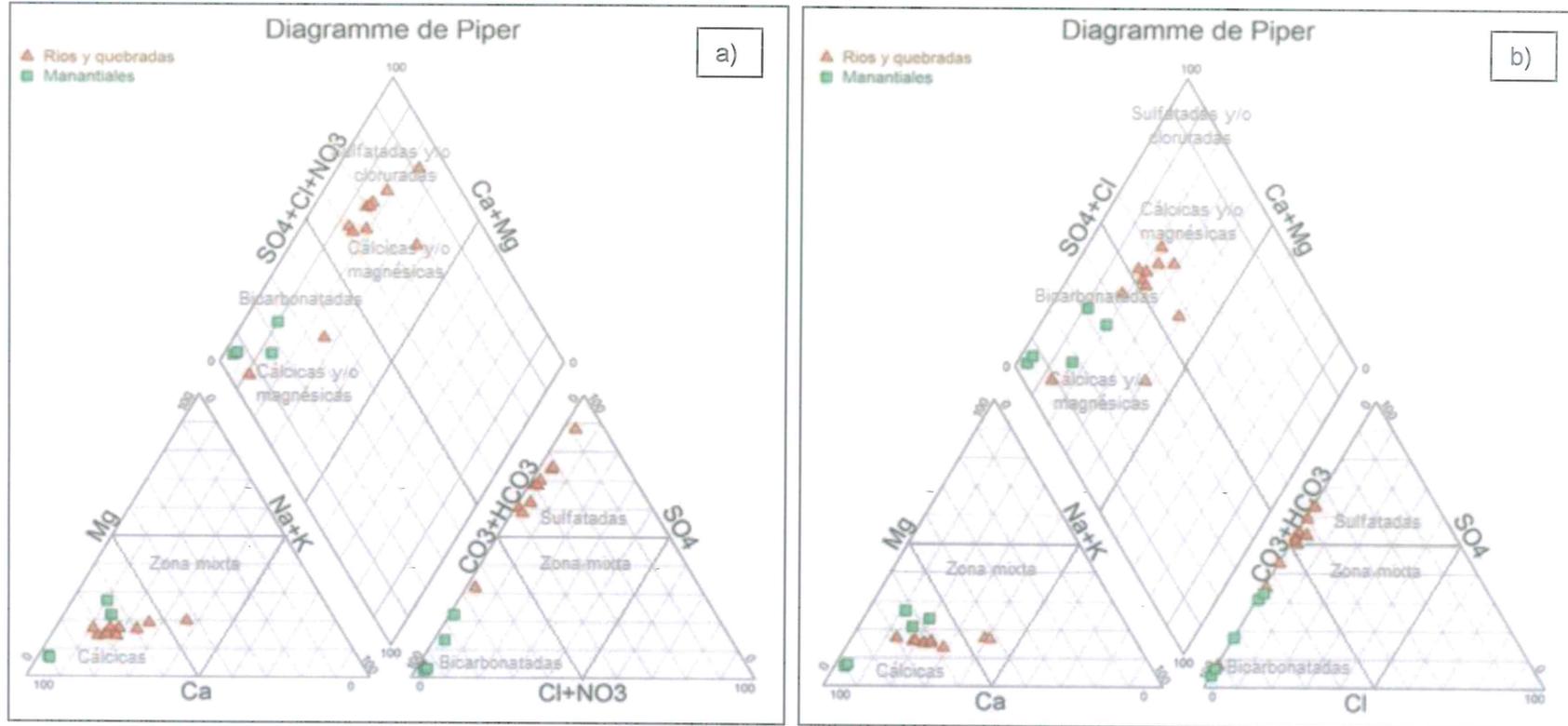


Figura 7-181. Diagrama de Piper en los manantiales, quebradas y rpios de lasubcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.

**II. 2. Diagrama de Stiff**

De acuerdo a la Figura 7-182a, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en época seca:

- 0 a 0,4 meq/L: Río La Lima (RLLim2) con 0,25 como promedio de Ca^{2+} y 0,33 de SO_4^{2-} y la quebrada Checos (QChec3) con 0,18 como promedio de Ca^{2+} y 0,27 de SO_4^{2-} .
- 0,4 a 0,8 meq/L: Río La Ayraca (RLIra4) con 0,91 como promedio de Ca^{2+} y 0,69 de SO_4^{2-} , río Paltic (RPalt1) con 0,65 como promedio de Ca^{2+} y 0,55 de SO_4^{2-} , (RPalt2) con 0,62 como promedio de Ca^{2+} y 0,54 de SO_4^{2-} , (RPalt3) con 0,63 como promedio de Ca^{2+} y 0,55 de SO_4^{2-} , (RPalt4) con 0,53 como promedio de Ca^{2+} y 0,59 de SO_4^{2-} , (RPalt5) con 0,57 como promedio de Ca^{2+} y 0,52 de SO_4^{2-} , (RPalt6) con 0,67 como promedio de Ca^{2+} y 0,57 de SO_4^{2-} y quebrada Honda (QHond2) con 0,44 como promedio de Ca^{2+} y 0,46 de HCO_3^- .
- 0,8 a 1,6 meq/L: Quebrada Mal Paso (QMPas1) con 1,03 como promedio de Ca^{2+} y 1,49 de HCO_3^- , manantial La Uñiga (FLUñi1) con 1,53 como promedio de Ca^{2+} y 1,51 de HCO_3^- y La Pampa (FLPam1) con 1,24 como promedio de Ca^{2+} y 1,30 de HCO_3^- .
- 1,6 a 4 meq/L: Manantial natural (FNatu4) con 3,17 como promedio de Ca^{2+} y 2,81 de HCO_3^- y La Fila (FLFil1) con 3,51 como promedio de Ca^{2+} y 3,09 de HCO_3^- .

De acuerdo a la Figura 7-182b, a continuación, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones Ca^{2+} , SO_4^{2-} , y/o HCO_3^- , lo que es mostrado en el mapa hidroquímico de los puntos de muestreo evaluados en el muestreo realizado en febrero de 2018:

- 0 a 0,5 meq/L: Río La Lima (RLLim2) con 0,13 como promedio de Ca^{2+} y 0,27 de SO_4^{2-} y la quebrada Checos (QChec3) con 0,15 como promedio de Ca^{2+} y 0,23 de SO_4^{2-} , río Paltic (RPalt1) con 0,38 como promedio de Ca^{2+} y 0,40 de SO_4^{2-} , (RPalt2) con 0,26 como promedio de Ca^{2+} y 0,24 de SO_4^{2-} , (RPalt3) con 0,25 como promedio de Ca^{2+} y 0,29 de SO_4^{2-} , (RPalt4) con 0,27 como promedio de Ca^{2+} y 0,41 de SO_4^{2-} , (RPalt5) con 0,26 como promedio de Ca^{2+} y 0,37 de SO_4^{2-} , (RPalt6) con 0,29 como promedio de Ca^{2+} y 0,36 de SO_4^{2-} , río La Ayraca (RLIra4) con 0,42 como promedio de Ca^{2+} y 0,48 de HCO_3^- y la quebrada Honda (QHond2) con 0,18 como promedio de Ca^{2+} y 0,30 de HCO_3^- .
- 0,5 a 2 meq/L: Quebrada Mal Paso (QMPas1) con 1,17 como promedio de Ca^{2+} y 1,68 de HCO_3^- , manantial La Uñiga (FLUñi1) con 1,27 como promedio de Ca^{2+} y 1,66 de HCO_3^- , La Pampa (FLPam1) con 0,96 como promedio de Ca^{2+} y 1,45 de HCO_3^- y el manantial natural (FNatu8) con 1,06 como promedio de Ca^{2+} y 1,36 de HCO_3^- .
- 2 a 4 meq/L: Manantial natural (FNatu4) con 2,80 como promedio de Ca^{2+} y 3,32 de HCO_3^- y La Fila (FLFil1) con 2,84 como promedio de Ca^{2+} y 3,33 de HCO_3^- .





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

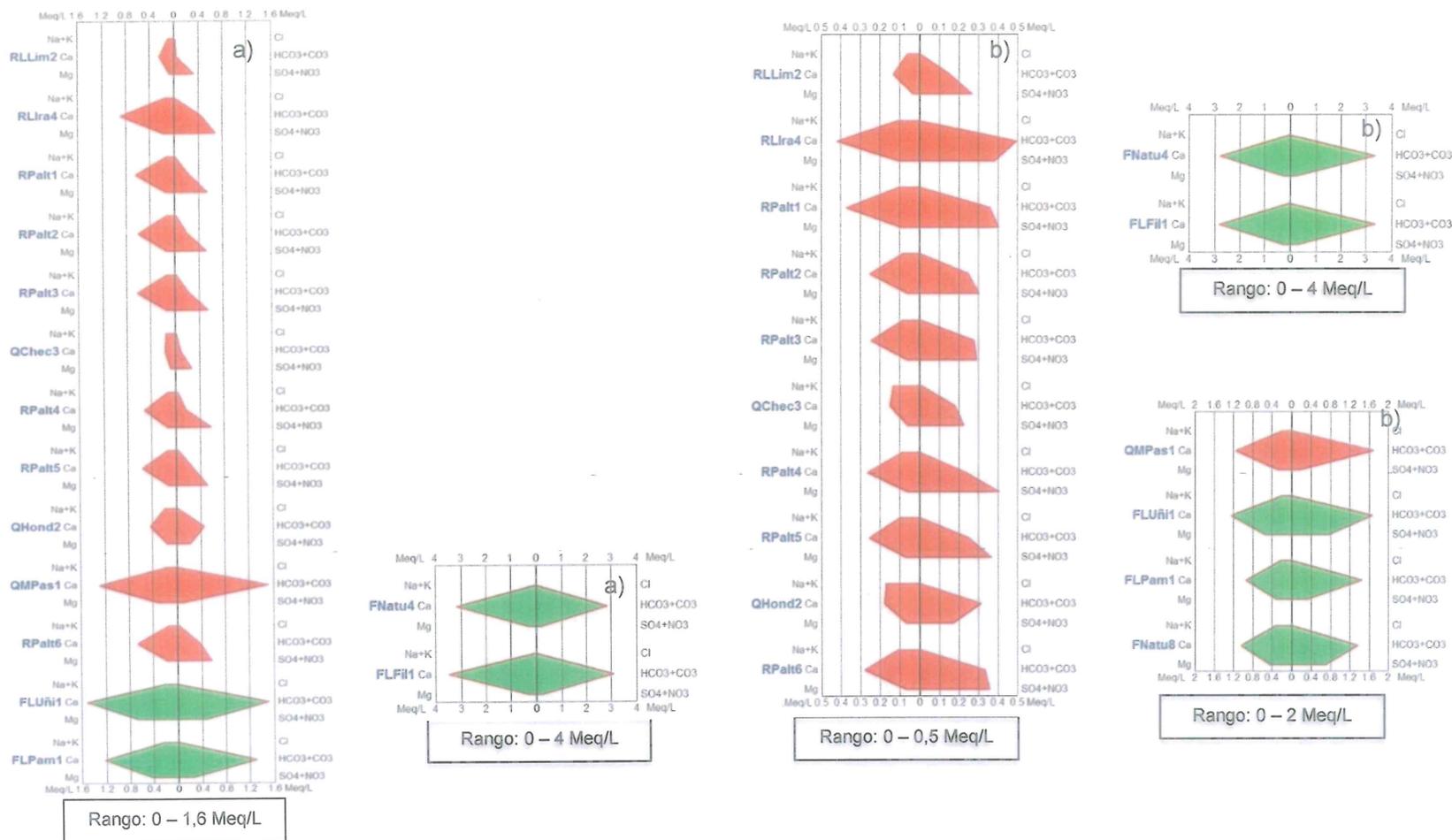


Figura 7-182. Diagrama de Stiff en manantiales, quebradas y ríos la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia



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»

II. 3. Diagramas de Schöeller Berkaloff

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-183 en el muestreo realizado en época seca, el punto ubicado en el manantial La Fila (FLFil1) registro las mayores concentraciones del catión calcio (Ca^{2+}) y los aniones bicarbonatos ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$).

En tanto, los puntos en la quebrada Checos (QChec3) y en el río Paltic (RPalt1 y RPalt3), La Lima (RLLim2) y el manantial La Uñiga (FLUñi1), mostraron similares concentraciones de cloruros (Cl^-).

De acuerdo a lo indicado en la Figura 7-184 en el muestreo realizado en época húmeda, el punto ubicado en el manantial natural (FNatu8) registro las mayores concentraciones de los cationes magnesio (Mg), sodio y potasio ($Na^+ + K$) y los aniones cloruros (Cl^-) y sulfato (SO_4^{2-}).

En tanto, los puntos en la quebrada Honda (QHond2), los ríos Paltic (RPalt1, RPalt2, RPalt4 y RPalt5), La Lima (RLLim2), La Ayra (RLIra4) y el manantial natural (FNatu4) mostraron similares concentraciones cloruros (Cl^-).

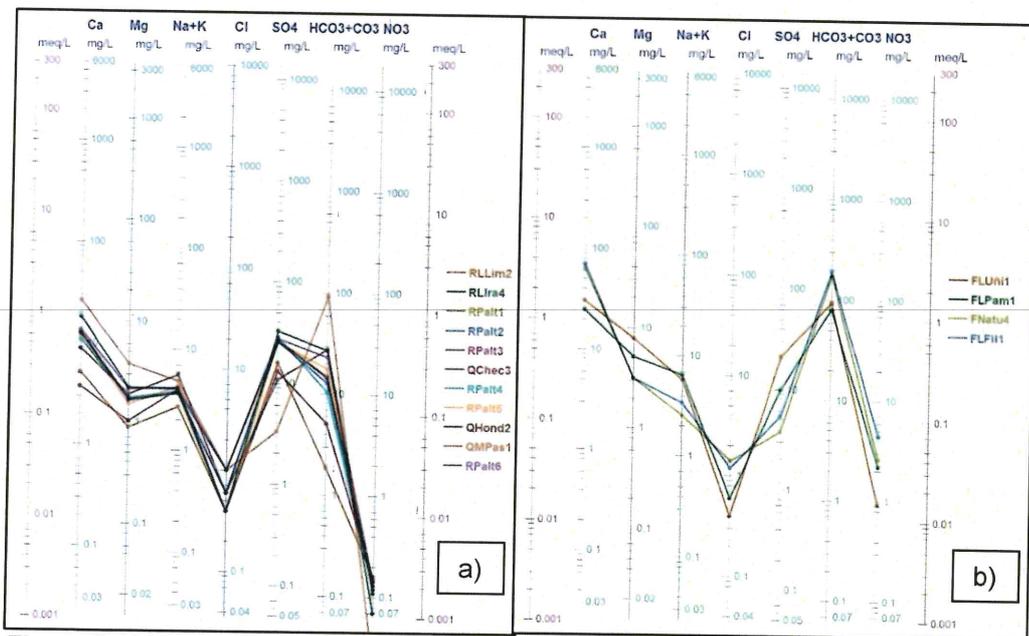


Figura 7-183. Diagrama de Schöeller Berkaloff en la subcuenca Paltic en época seca a) quebradas y ríos y b) en manantiales



Handwritten blue notes on the left margin: a vertical line, a star-like symbol, 'W', 'P', a star-like symbol, 'f', and 'lc'.



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

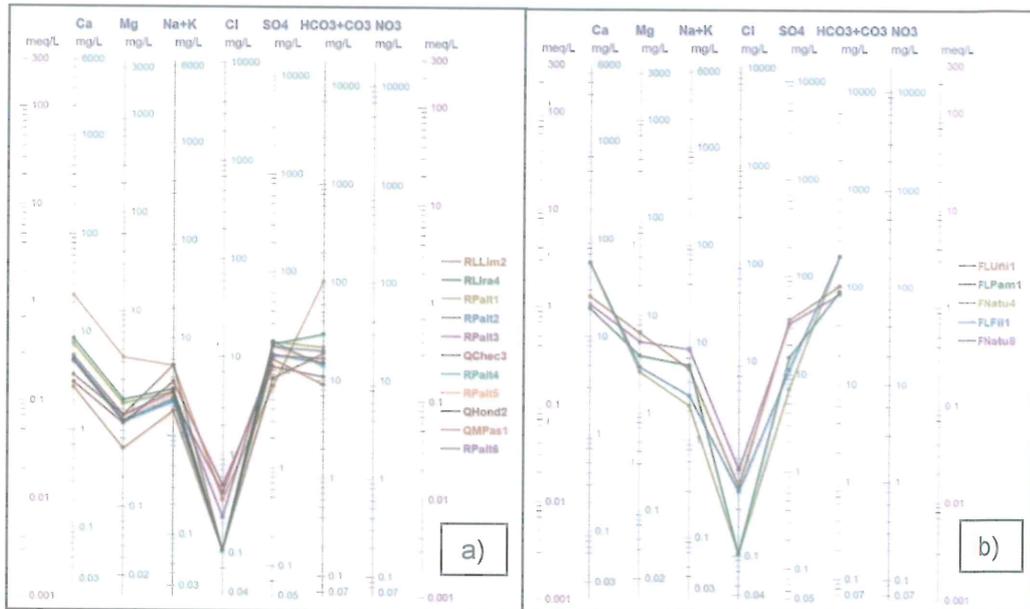


Figura 7-184. Diagrama de Schöeller Berkloff en la subcuenca Paitic en época de lluvia a) quebradas y ríos y b) mananciales

II. 4. Relaciones iónicas

En esta subsección se establece la relación del catión calcio (Ca^{2+}) con el anión bicarbonato (HCO_3^-) y con el estroncio (Sr) de manera que se puedan diferenciar o agrupar los puntos de muestreo en razón a la proporcionalidad y concentración de los citados iones.

De acuerdo a la Figura 7-185, los puntos de muestreo en la subcuenca muestran una relación de calcio y bicarbonato que son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación 0,96 y 0,99 para época seca y de lluvia, respectivamente. Asimismo, la Figura 7-186, muestran una relación de calcio y estroncio son cercanos a la pendiente con coeficiente de determinación de 0,96 y 0,97 para época seca y de lluvia, respectivamente.



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line of marks and the initials 'WLC' 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»

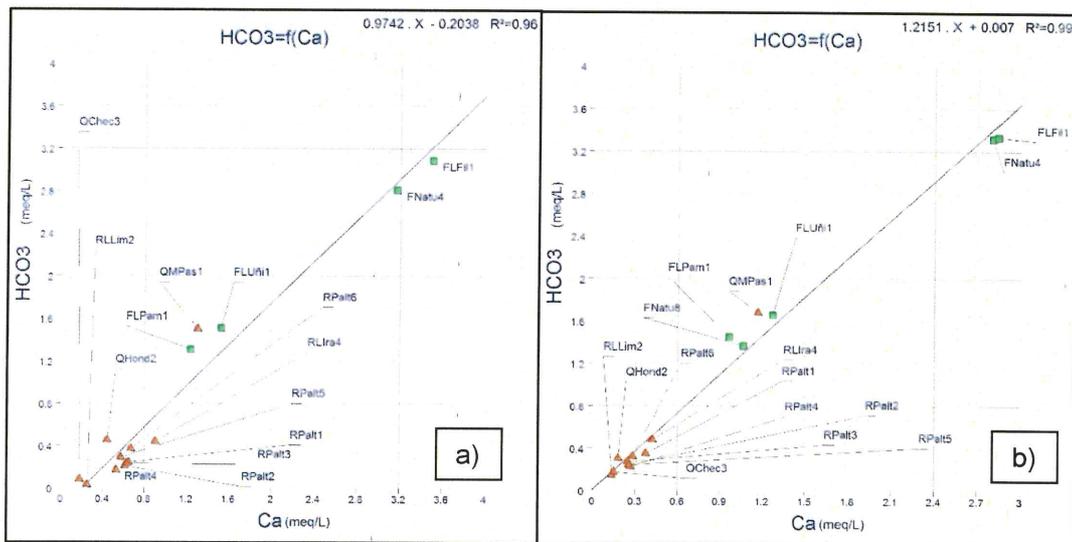


Figura 7-185. Relacion calcio (Ca^{2+}) y bicarbonato (HCO_3^-) en la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia

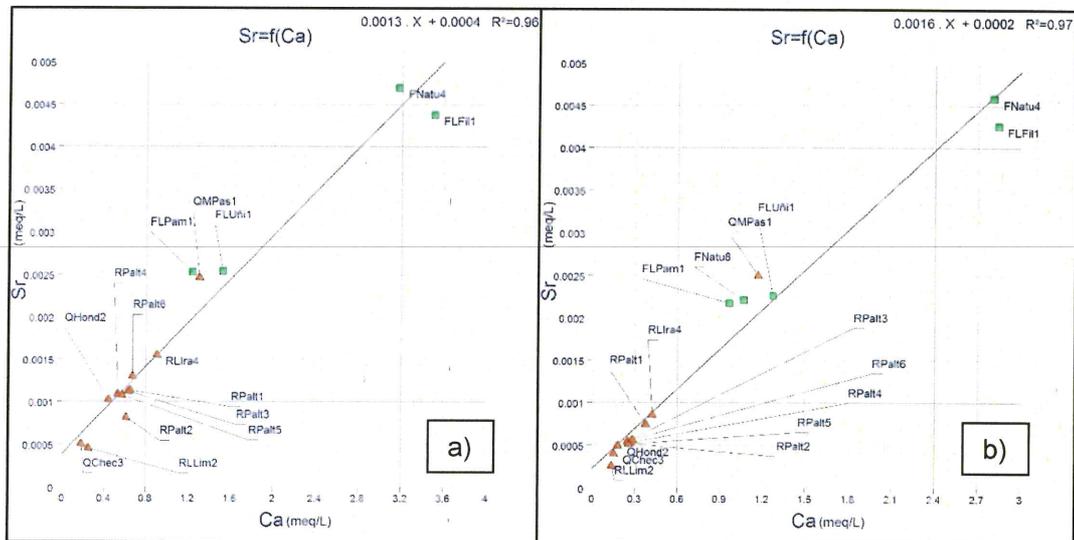


Figura 7-186. Relacion calcio (Ca^{2+}) y estroncio (Sr) en la subcuenca Paltic a) época seca y b) época de lluvia

II.5. Diagrama de Ficklin

Para este análisis se realizó la clasificación de los resultados de metales disueltos en agua con el diagrama de Ficklin (Figura 7-187). De esta clasificación, los puntos evaluados en las quebradas y manantiales presentan características neutrales y concentraciones bajas de metales en ambos periodos de muestreo (época seca y lluvia).



Handwritten blue marks and signatures on the left margin, including an arrow pointing up, a checkmark, and several initials.



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

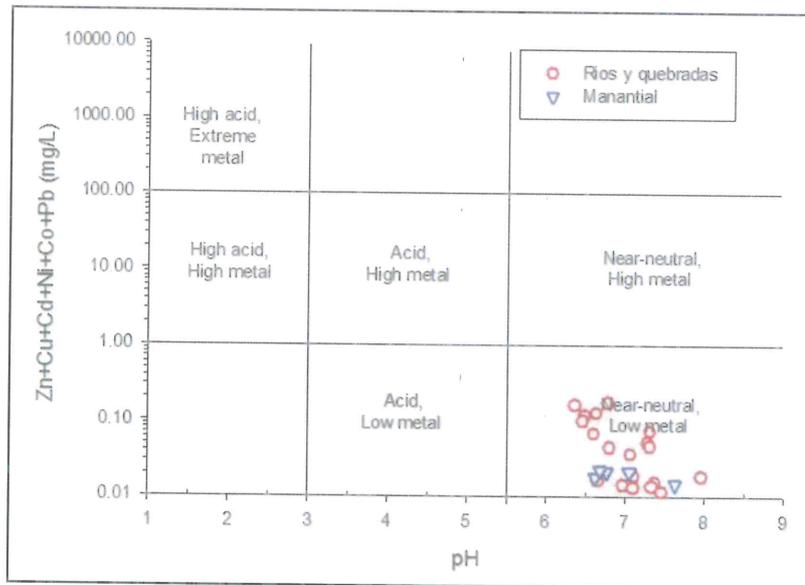


Figura 7-187. Diagrama Ficklin en la subcuenca Paltic

7.3.6. Manantiales

Se evaluaron un total de 11 puntos de muestreo en manantiales donde solo se colectó la comunidad de perifiton. Los resultados obtenidos se pasan a detallar.

7.3.6.1. Comunidades hidrobiológicas

a. Perifiton

a.1. Microalgas

• Composición y riqueza

Fueron encontrados un total de 95 especies de las microalgas del perifiton distribuidos en 11 puntos de muestreo, las cuales están agrupadas en 33 familias, 18 órdenes y 4 clases, pertenecientes a 4 phyla distribuidos de la siguiente manera: Bacillariophyta con 72 especies, Cyanobacteria con 18 especies, Chlorophyta con 4 especies y Charophyta con una sola especie, como se puede ver en el Anexo 2.

En la Figura 7-188 se presentan los valores de riqueza o número de especies de las microalgas del perifiton por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum.

El valor de riqueza más alto corresponde al punto de muestreo HID-FLPam1 (manantial del caserío La Pampa) con 34 especies, seguida de los puntos HID-FEver1 e HID-FLIra2 con 30 especies para ambos, mientras que el de menor riqueza corresponde al punto HID-FNatu5 (manantial del caserío de Checos) con 9 especies. En los 11 puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de especies, seguido por el phylum Cyanobacteria, mientras que el phylum Charophyta es el de menor riqueza.

En lo que se refiere al nivel de phyla, el punto de muestreo HID-FLIra2 es el único que presentó una especie perteneciente al phylum Charophyta.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a vertical line, several scribbles, and the initials 'lac' at the bottom.



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

Finalmente, las especies de mayor riqueza son *Nitzschia commutata* y *Pinnularia divergens* presentes en 8 de los puntos de muestreo de manantiales.

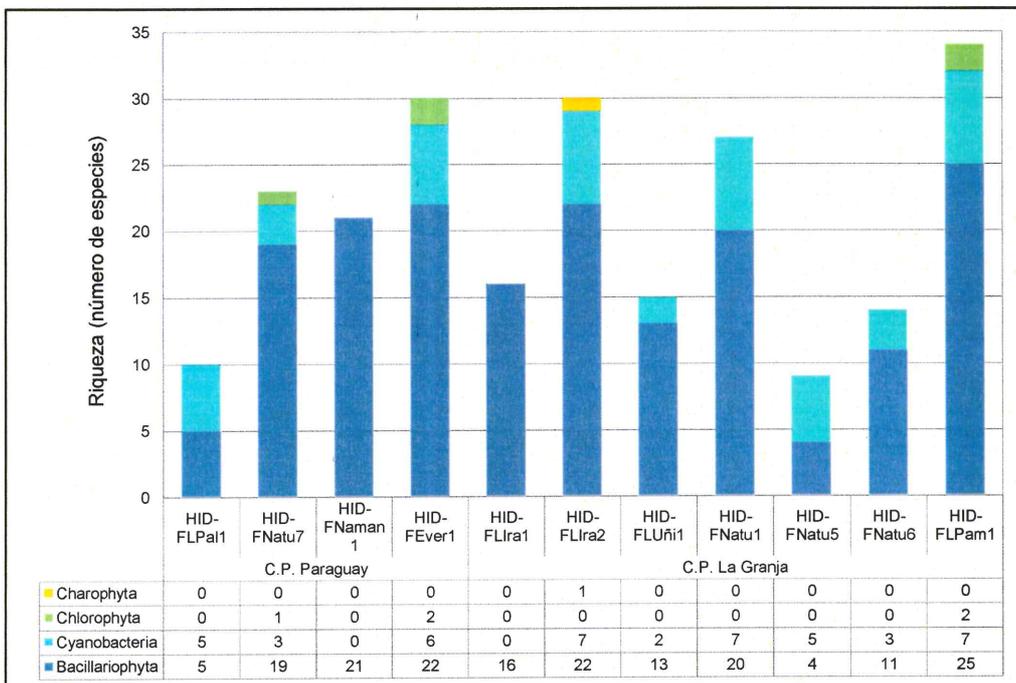


Figura 7-188. Riqueza (número de especies) de la comunidad de perifiton (microalgas) en los manantiales

Abundancia

En la Figura 7-189 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de microalgas por punto de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Se aprecia que la abundancia de las microalgas está representada principalmente por 4 phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta, donde en todos los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, con 555200 organismos en los 11 puntos de muestreo de los manantiales, seguida del phylum Cyanobacteria 86400 organismos.

El mayor valor de abundancia se encontró en el punto de muestreo HID-FLPam1 (manantial del caserío La Pampa) con 137840 organismos, mientras que la menor abundancia se presentó en el punto de muestreo HID-FNatu5 (manantial del caserío de Checos) con 15200 organismos.

Finalmente, la especie de mayor abundancia fue *Fragilaria capuccina* con 48000 organismos en los 11 puntos de muestreo, mientras que la especie de menor abundancia fue *Oedogonium* sp. con 400 organismos.



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»

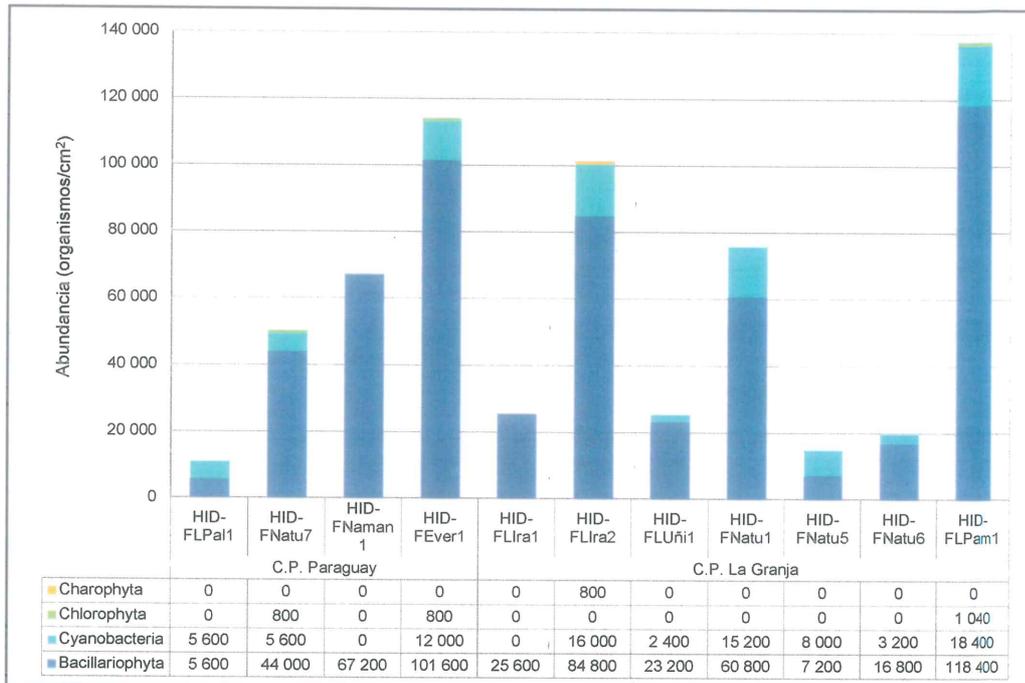


Figura 7-189. Abundancia (número de organismos) de la comunidad de perifiton (microalgas) en los manantiales

Diversidad alfa

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-116.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores se presentaron en el punto de muestreo HID-FLPam1 (manantial del caserío La Pampa), mientras que el menor valor se presentó en el punto de muestreo HID-FNatu5 (manantial del caserío Checos), resultados que también se corroboran con la densidad y abundancia en estos puntos.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-FLPa1, lo cual indica un valor alto de equidad, lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-116. Diversidad alfa de perifiton (microalgas) por punto de muestreo en los manantiales

Puntos de muestreo	N1	N2	J'
HID-FLPa1	9,076	8,167	0,9579
HID-FNatu7	19,38	16,89	0,9454
HID-FNaman1	15,93	12,42	0,9093
HID-FEver1	20,04	15,51	0,8814
HID-FLIra1	13,49	11,64	0,9385
HID-FLIra2	23,2	18,6	0,9245
HID-FLUñi1	12,68	10,89	0,9380
HID-FNatu1	21,02	17,32	0,9240
HID-FNatu5	7,599	6,564	0,9230
HID-FNatu6	12,32	10,96	0,9517
HID-FLPam1	24,76	19,87	0,9101

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including a checkmark, a signature, and the letters 'P', 'X', 't', and 'HC'.



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

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

En la Figura 7-190 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que los puntos de muestreo HID-FLPa1 e HID-FUñi1 tienen un porcentaje de similitud mayor al 50 %; al igual que los puntos HID-FEver1 e HID-LPam1, es decir, que estos puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de microalgas registradas.

Los puntos de muestreo HID-FNaman1 (manantial del caserío Nuevo Amanecer) e HID-FNatu1 (manantial del caserío La Iraca) presentaron un porcentaje de similitud de especies de 40 %.

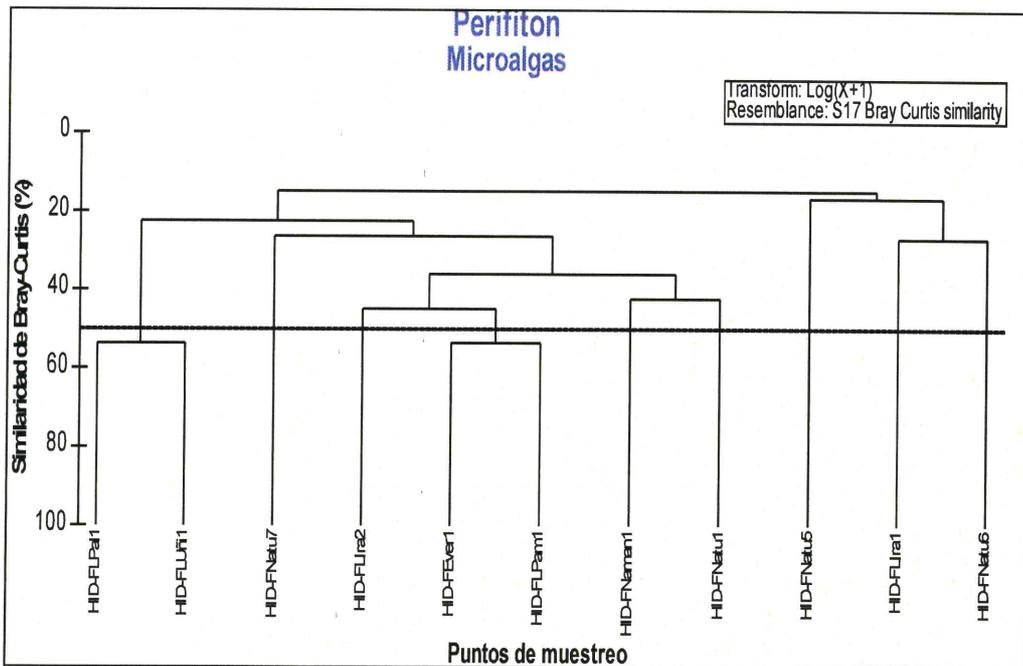


Figura 7-190. Dendrograma de similitud de perifiton (microalgas) en los manantiales

Análisis de componentes principales (ACP)

Para el análisis de componentes principales (ACP) en los manantiales de los centros poblados Paraguay y La Granja se consideraron las siguientes variables: parámetros in situ, tales como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura; parámetros fisicoquímicos, los metales totales en agua superficial considerados en el ECA para Agua en la categoría 3: «Riego Vegetales y Bebida de Animales» y Categoría 1: «Poblacional y recreacional», y los metales totales cuyos resultados son mayores a los límites de cuantificación de análisis de laboratorio. Cabe mencionar que la toma de muestra de la comunidad de perifiton solo se realizó en la evaluación de febrero de 2018 (época de lluvia).

En la Tabla 7-117 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) de manantiales, Paltic, evaluados en el mes de febrero de 2018; en la cual se observa la varianza total explicada a partir de la extracción de los 4 componentes que fue de 89,09 %, el primer componente aportó un 31,69 % del potencial explicativo, el segundo 26,05 % del potencial explicativo, el tercero aportó el 21,95 % del potencial explicativo



↑
K
W
P
★
†
LPC



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

y el cuarto aportó el 9,40 % del potencial explicativo, esto indica que el componente con mayor potencial explicativo da a conocer que tipos de variables influyen en un mayor porcentaje los diferentes cuerpos de agua.

El primer componente estuvo relacionado con los metales totales en agua: aluminio, cobre, hierro y manganeso, mas no con los parámetros fisicoquímicos ni in situ. Este primer componente presentó correlaciones positivas entre las concentraciones de los metales totales en agua: aluminio, cobre, hierro y manganeso, lo que indicaría su afinidad. El segundo componente presentó correlaciones positivas entre los parámetros in situ de pH, oxígeno disuelto y conductividad. Por otro lado, el tercer componente presentó correlaciones positivas entre las concentraciones de los sulfatos con los metales totales arsénico y potasio, lo que indicaría su estrecha relación, y finalmente el cuarto componente no presentó ningún parámetro.

Tabla 7-117. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables consideradas en los manantiales, evaluados en época de lluvia

Variables		Componentes			
		1	2	3	4
Parámetros in situ	pH	0,255	0,903	-0,204	-0,161
	Oxígeno disuelto	0,151	0,696	0	-0,507
	Conductividad	0,110	0,725	0,124	0,131
Parámetros fisicoquímicos (mg/L)					
	Sulfatos	0	-0,218	0,670	0,617
Metales totales en agua (mg/L)	Aluminio total	0,729	-0,346	-0,108	0,427
	Arsénico total	0,178	0,167	0,862	-0,130
	Bario total	0	-0,166	0,944	-0,231
	Calcio total	0,361	0,804	0,152	0,311
	Cobre total	0,963	0,144	0	0
	Estroncio total	0	0,847	0,232	0,391
	Fósforo total	0,925	-0,220	-0,197	0
	Hierro total	0,954	-0,263	-0,109	0
	Manganeso total	0,936	-0,165	-0,118	-0,234
	Potasio total	0,261	-0,262	0,880	-0,247
Porcentaje de explicación por componente (%)		31,69	26,05	21,95	9,40

• Análisis de correspondencia canónica (ACC)

Para determinar la relación entre la composición de la comunidad de microalgas y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), considerando las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa de la comunidad de microalgas así como las variables ambientales extraídas en el primer componente del ACP.

En la Tabla 7-118 se observa que la varianza acumulada en la correlación de las especies y las variables ambientales de la evaluación de febrero 2018, explicada por los 3 ejes seleccionados fue de 85,46 %, el primer eje explicó el 37,48 % de la varianza, el segundo eje explicó el 31,17 % y mientras que el tercero explicó el 18,29 % de la varianza. Los demás ejes explicaron solamente el 14,54 % de la varianza restante, por lo cual la interpretación de los resultados se basó en los 3 primeros ejes.

Tabla 7-118. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en los manantiales, evaluados en época de lluvia

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (<i>eigenvalue</i>)		0,12494	0,1116	0,064412
Varianzas	Varianza explicada (%)	35,48	31,69	18,29
	Varianza acumulada, explicada (%)	35,48	67,17	85,46
<i>Achnanthydium</i> cf. <i>atomus</i>		0,73231	0,701182	0,791841



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

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Correlación de las especies de microalgas	<i>Planothidium lanceolatum</i>	1,03945	-0,323441	-1,42368
	<i>Planothidium frequentissimum</i>	-0,297552	-0,301197	-0,280872
	<i>Cocconeis placentula</i>	1,48712	-0,454046	1,1072
	<i>Encyonema minutiforme</i>	-0,778284	-0,219838	-1,57097
	<i>Gomphonema subclavatum</i>	1,00821	-0,305356	-1,60801
	<i>Gomphonema parvulum</i>	1,13685	-0,456622	-0,784483
	<i>Gomphonema minutum</i>	1,26405	3,66677	1,09869
	<i>Fragilaria capuccina</i>	-1,07422	-0,766869	0,328092
	<i>Frustulia vulgaris</i>	1,74331	-0,257935	1,06499
	<i>Navicula erifuga</i>	-0,169754	0,524343	-1,53171
	<i>Navicula symmetrica</i>	-0,820623	-1,20541	2,29919
	<i>Nupela lapidosa</i>	-0,135565	-0,424071	-0,0328147
	<i>Pinnularia divergens</i>	-0,448245	0,0784644	0,233359
	<i>Sellaphora pupula</i>	1,16779	-0,290475	-1,29703
	<i>Kamptonema formosum</i>	-0,967373	1,70091	0,201768
<i>Microcoleus autumnalis</i>	-2,32871	0,145875	-0,72727	
<i>Geitleribactron periphyticum</i>	0,989452	-1,84667	1,65974	
Correlación de las variables ambientales	Aluminio total	-0,0467418	0,680125	-0,147143
	Cobre total	-0,350876	-0,0313248	-0,550485
	Hierro total	-0,109024	0,254696	-0,542741
	Fósforo total	-0,152435	0,223851	-0,415487
	Manganeso total	-0,117939	-0,049562	-0,671342
Correlación entre puntos de monitoreo	FLPal1	-0,525533	-0,138518	0,214919
	FNatu7	-0,635687	0,0308266	-0,304287
	FNaman1	0,591849	0,135976	-0,209733
	FEver1	0,242138	-0,137143	0,00414286
	FLIra1	-0,212129	-0,226234	0,402419
	FLIra2	-0,797584	-0,0303953	0,286216
	FLUñi1	0,143048	-0,185586	0,280183
	FNatu1	-0,204151	-0,0203027	-0,554973
	FNatu5	-0,143872	2,05929	0,581969
	FNatu6	0,918885	0,6719	0,370191
FLPam1	0,151473	-0,252077	0,0948209	



En la Figura 7-191 se describe gráficamente la relación entre las especies de microalgas y los factores abióticos relacionados con los 3 ejes seleccionados; sobre la base del análisis de correspondencia canónica (Tabla 7-118). De esta manera en el eje 1 se observa que a medida que disminuye la concentración del manganeso total también disminuye la abundancia de las especies *Fragilaria capuccina*, *Navicula erifuga*, *Pinnularia divergens* y *Microcoleus autumnalis*, mientras que la abundancia de las especies *Planothidium lanceolatum*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvulum*, *Frustulia vulgaris* aumenta, lo que indica la sensibilidad de estas últimas a concentraciones de manganeso.

Con respecto al eje 2, se observa que a medida que aumenta la concentración de aluminio total aumenta la abundancia de las especies *Gomphonema minutum* y *Kamptonema formosum*, y disminuye la abundancia de las especies *Planothidium frequentissimum*, *Fragilaria capuccina*, y *Geitleribactron periphyticum*, lo que indica la sensibilidad de estas últimas al incremento de la concentración del manganeso total.

Finalmente, en el eje 3 se observa que a medida que disminuye las concentraciones de los metales cobre, hierro y fósforo también disminuye la abundancia de las especies *Encyonema minutiforme*, *Gomphonema subclavatum* y *Sellaphora pupula*, y aumenta la abundancia de las especies *Achnanthydium cf. atomus* y *Navicula symmetrica*, lo que indicaría la tolerancia de estas últimas al aumento de las concentraciones del cobre, hierro y fósforo.



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

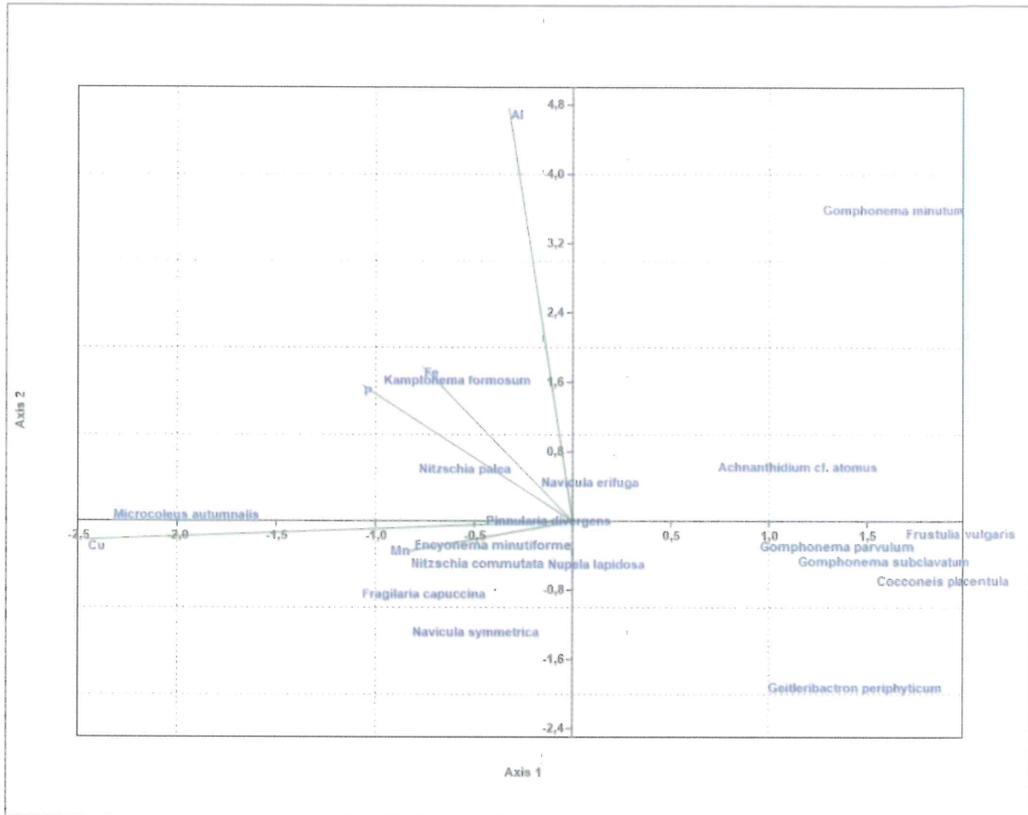


Figura 7-191. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre la comunidad de microalgas y los factores abióticos en los manantiales, evaluados en época de lluvia

a.2. Microorganismos

• Composición, riqueza y abundancia

En relación con los microorganismos tal como se observa en la Tabla 7-119, se reportaron 8 especies, pertenecientes a 4 phyla: Cercozoa, Amebozoa, Rotífera y Nemátoda distribuidos en 6 puntos de muestreo. En los puntos de códigos HID-FEver1, HID-FLIra2, HID-FLUñi1, HID-FNatu1 e FNatu5 no se halló ningún microorganismo.

Los puntos de muestreo HID-FNatu7 (manantial aportante a la quebrada Honda) y FLPam1 (manantial del caserío La Pampa) fue donde se encontró la mayor riqueza (3 especies), composición (2 de los 4 phyla) y abundancia (48 organismos).

Por otro lado, en los puntos de muestreo HID-FNaman1 (manantial del caserío Nuevo Amanecer) e HID-FNatu6 (manantial del caserío La Iraca) se registró la menor riqueza (1 especie) y abundancia (8 organismos).

Finalmente la especie *Corythion* sp., fue la de mayor riqueza (3 puntos de muestreo) y la de mayor abundancia (32 organismos).



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



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

Tabla 7-119. Composición, riqueza y abundancia de perifiton (microorganismos) en los manantiales

Phylum	Especie	HID-FLPa1	HID-FNatu7	HID-FNaman1	HID-FLIra2	HID-FNatu6	HID-FLPam1
Organismos/cm ²							
Cercozoa	<i>Corythion</i> sp.	0	16	0	8	8	0
Cercozoa	<i>Euglypha compressa</i>	0	8	0	0	0	0
Cercozoa	<i>Trinema</i> sp.	0	0	0	16	0	0
Amoebozoa	<i>Arcella discoides</i>	0	0	0	0	0	16
Amoebozoa	<i>Diffugia corona</i>	16	0	0	0	0	8
Amoebozoa	<i>Diffugia pyriformis</i>	0	0	8	0	0	0
Rotífera	<i>Lecane</i> sp.	0	24	0	0	0	0
Nematoda	<i>Nematoda</i>	0	0	0	0	0	24
Total riqueza (S)		1	3	1	2	1	3
Total abundancia (N)		16	48	8	24	8	48

Diversidad alfa

Con base en los resultados de diversidad y abundancia se detallan los valores de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2) y equidad de Pielou para cada punto de muestreo que son presentados en la Tabla 7-120.

Con respecto al índice N1 y N2, los mayores valores se presentaron en el punto de muestreo HID-FLPam1 (manantial del caserío La Pampa) e HID-FNatu7 (manantial aportante a la quebrada Honda), mientras que los menores valores HID-FLPa1, HID-FNaman1 e HID-FNatu6.

En cuanto al índice de equidad de Pielou (J') el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-FLIra2, lo cual indica un valor alto de equidad, lo que significa una distribución homogénea de las abundancias de los organismos registrados en este punto de muestreo.

Tabla 7-120. Diversidad alfa de los microorganismos de los manantiales

Puntos de muestreo	N1	N2	J'
HID-FLPa1	1,000	1,000	****
HID-FNatu7	2,749	2,571	0,9206
HID-FNaman1	1,000	1,000	****
HID-FLIra2	1,89	1,800	0,9183
HID-FNatu6	1,000	1,000	****
HID-FLPam1	2,749	2,571	0,9206

Donde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou

****. No se calculó por el número de especies encontradas en los puntos de muestreo.

■ : Valores máximos de índices de diversidad alfa
■ : Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

En la Figura 7-192 se presenta el dendrograma de similitud calculado mediante el índice de Bray Curtis, el cual permitió observar que los puntos de muestreo HID-FLIra2 e HID-FNatu6 tienen un porcentaje de similitud mayor al 50 %, es decir, que estos



Handwritten notes and signatures on the left margin: a vertical line, 'α', 'H', 'P', 'A', 'T', 'LC'



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

puntos de muestreo están más relacionados en cuanto a las especies de microorganismos registradas.

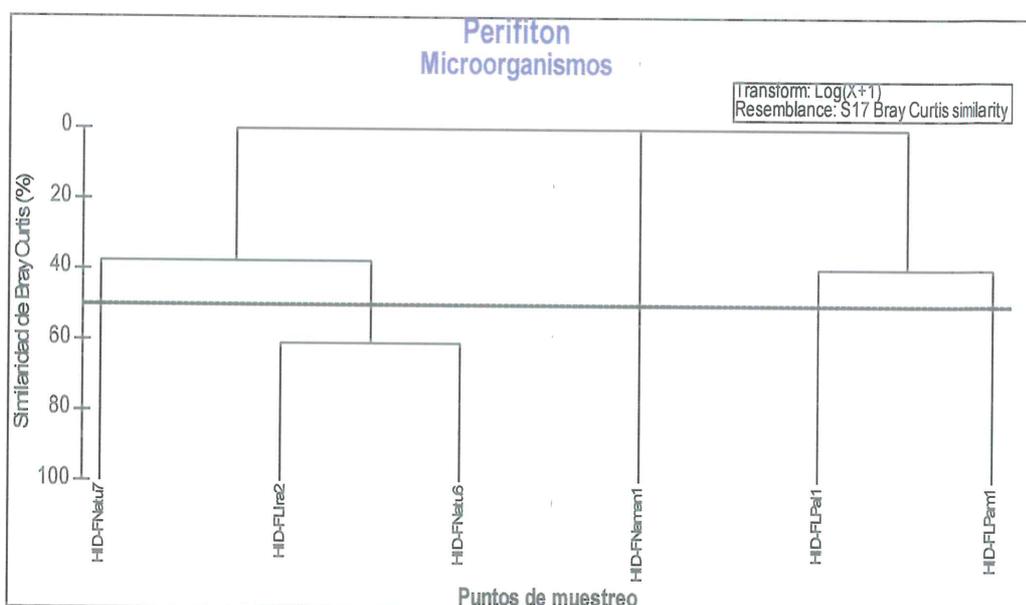


Figura 7-192. Dendrograma de similitud perifiton (microorganismos) en los manantiales

8. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad ambiental del área de influencia del proyecto minero La Granja, el cual se encuentra en etapa de exploración. Para un mejor análisis se dividió el estudio en 5 zonas, 4 corresponden a las microcuencas La Laja, La Ayraca, Checos y Honda, y 1 a la subcuenca Paltic, en las cuales se evaluaron las matrices agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo y aire.

Antes de iniciar el análisis fue necesario identificar las concentraciones de metales de interés económico en el área de influencia del proyecto, a partir de la información de línea base de suelo presentada en los IGA y de la obtenida por el OEFA, cuyo resultado se muestra en la Figura 8-1, donde las mayores concentraciones se asocian a metales de mena, que se encuentran en la zona mineralizada (en la franja «Metalogenética XX de pórfidos Cu-Mo del cretácico superior»), los cuales disminuyen sus concentraciones al alejarse de la zona mineralizada representada por los cerro Paja Blanca y El Mirador.

La concentración de metales en suelos puede ser generada por factores antropogénicos o naturales, estos últimos pueden generarse por procesos mecánicos, químicos o biológicos (Plumlee, 1990). Por lo tanto, la principal fuente son los que pasan de la roca madre a los suelos tras ser liberados por meteorización. Además, la principal concentración anómala de metales proviene fundamentalmente de las menas metálicas (sulfuros y óxidos).

En tal sentido, las concentraciones de metales de mena de cobre, plomo, zinc y molibdeno (Figura 8-1) en estos suelos se asociarían al acercamiento a las intrusiones diorítica a dacítica del complejo pórfido/ brecha «La Granja», con numerosas fases hidrotermales emplazados en dos zonas principales: cerro Paja Blanca y cerro El Mirador.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical line, a checkmark, and the initials 'HRG' at the bottom.



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

La mayor concentración de cobre se encuentra distribuida en la parte central de las microcuencas, cubriendo en su totalidad a las dos zonas mineralizadas, considerando que el cobre es el mineral adsorbido o retenido con mayor frecuencia por las superficies reactivas del suelo, debido a que tiende a formar enlaces covalentes de gran fuerza (Sierra, 2017). Otro metal de interés que se encuentra asociado proporcionalmente con este analito es el arsénico, siendo un problema para la metalurgia del yacimiento minero «La Granja» (Tumialán, 2003).

La mayor concentración de plomo y zinc forma parte del 20 % del área de cerro El Mirador, lo cual se debería a la ubicación de una secuencia de mantos con mineralizaciones de plomo, zinc y algunos niveles de oro (Bejarano, 2017). Para el caso del molibdeno este va de la mano con la mineralización inferida.

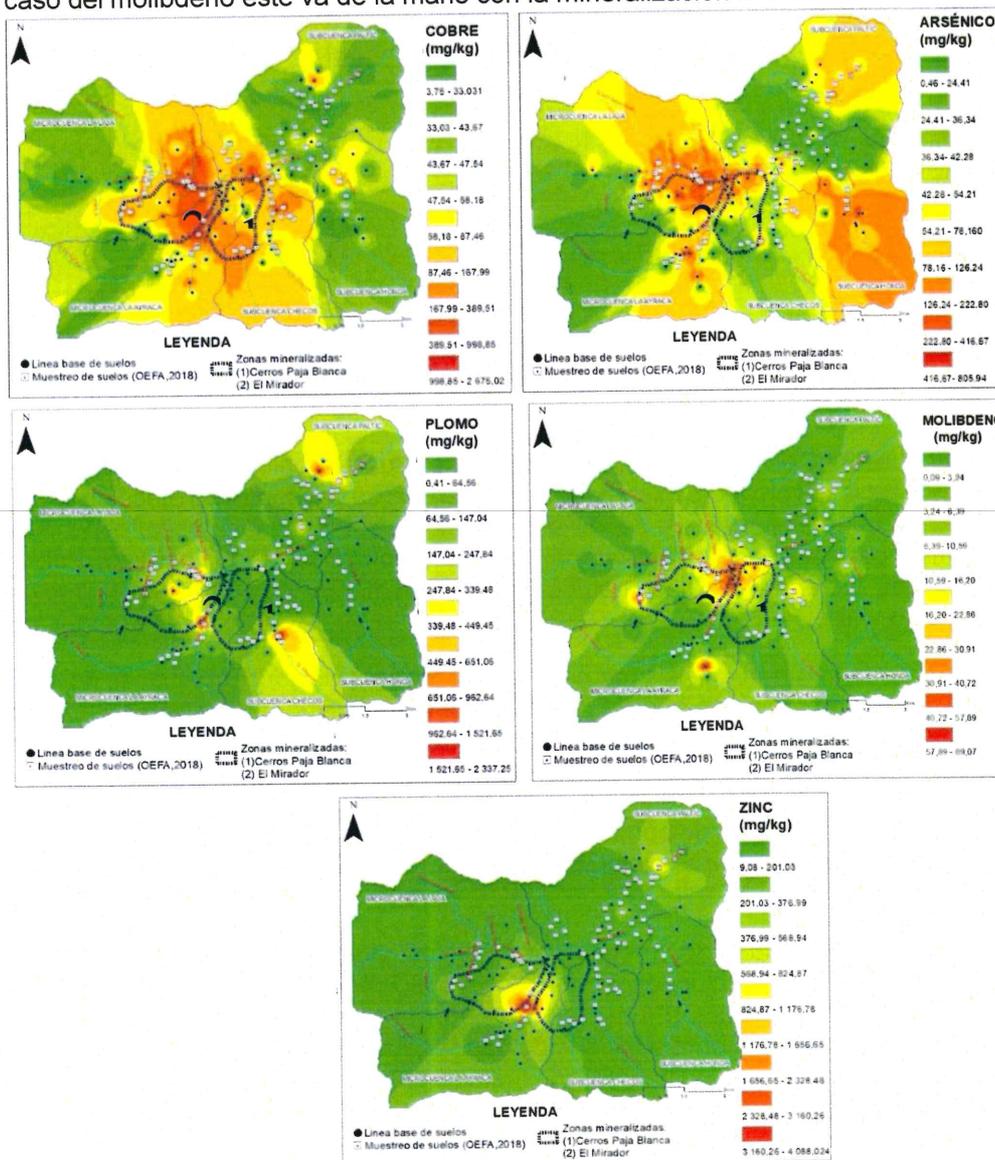


Figura 8-1. Concentración de metales mena en las microcuencas y subcuena a) cobre, b) arsénico, c) plomo, d) molibdeno y e) zinc



↑
K
H
P
A
T
LAC



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»

Adicionalmente, se procedió a comparar referencialmente los valores de los metales encontrados en sedimentos y suelo con los de la corteza terrestre (Wedepohl, 1984), y de esta manera determinar la distribución y abundancia de los mismos.

De la comparación de metales totales de la corteza terrestre con las concentraciones de sedimentos (ver Figura 8-2), resulta que los analitos Ba, Co, Cr, Ni, V, Zn, Al, Be, B, Ca, Sn, Sr, Fe, Li, Mg, Ag, K, Na, Tl y Ti mantienen la misma tendencia que en la corteza terrestre, lo que indicaría que son concentraciones propias de la naturaleza del área. Mientras que el As, Cd, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Bi, P, Mn, Se y U por sus concentraciones (mayores a la de la corteza terrestre) estarían relacionadas con la mineralización que presenta el yacimiento «La Granja» por encontrarse en la franja «Metalogenética XX de pórfidos Cu-Mo del cretácico superior» (Acosta *et al.*, 2009). Similar comportamiento se observó para suelos (Figura 8-3).



4

W

P

7

+

la



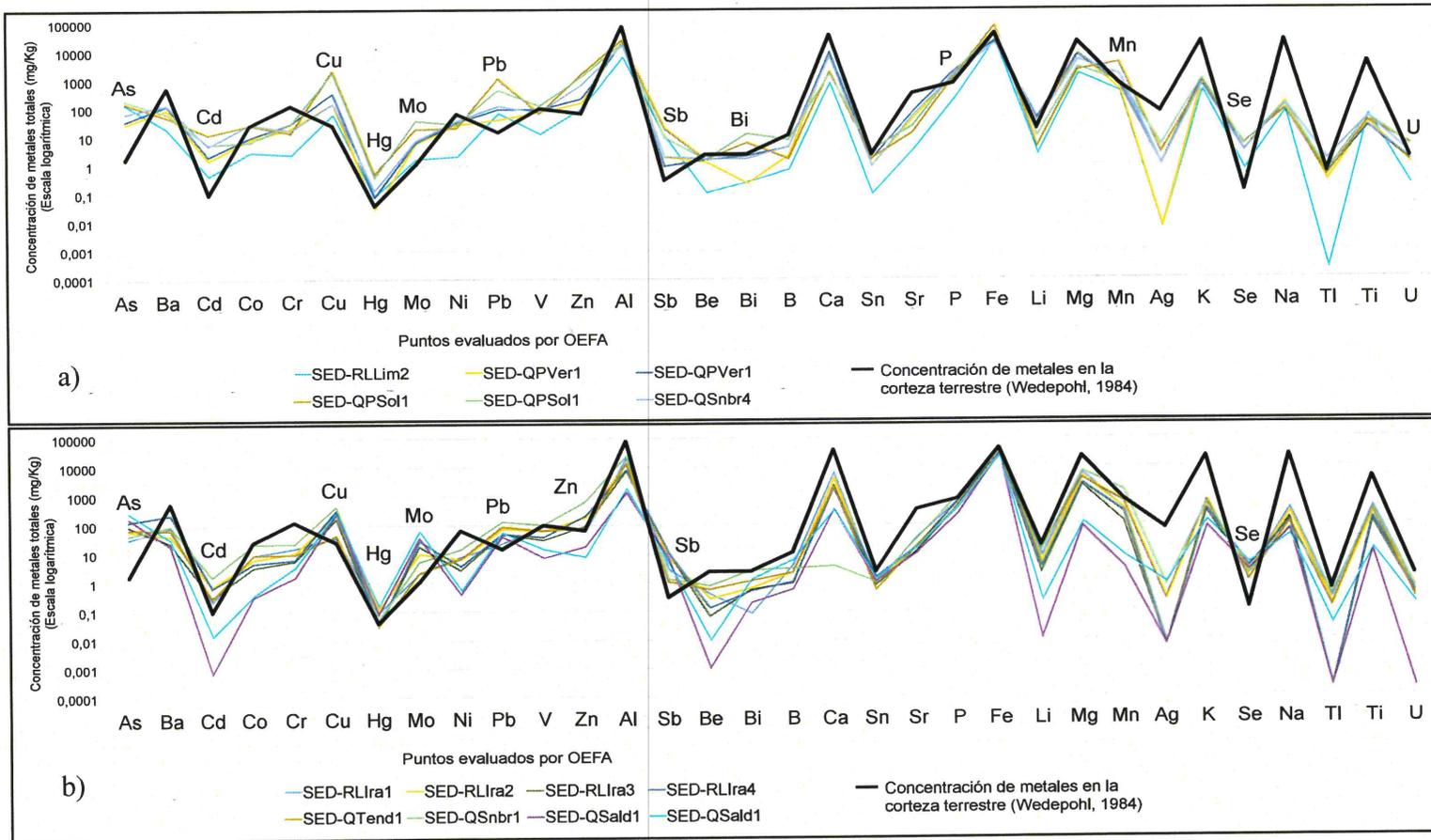
PERÚ

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 blue ink marks and signatures on the left margin, including a checkmark, a plus sign, and the initials 'LRC'.



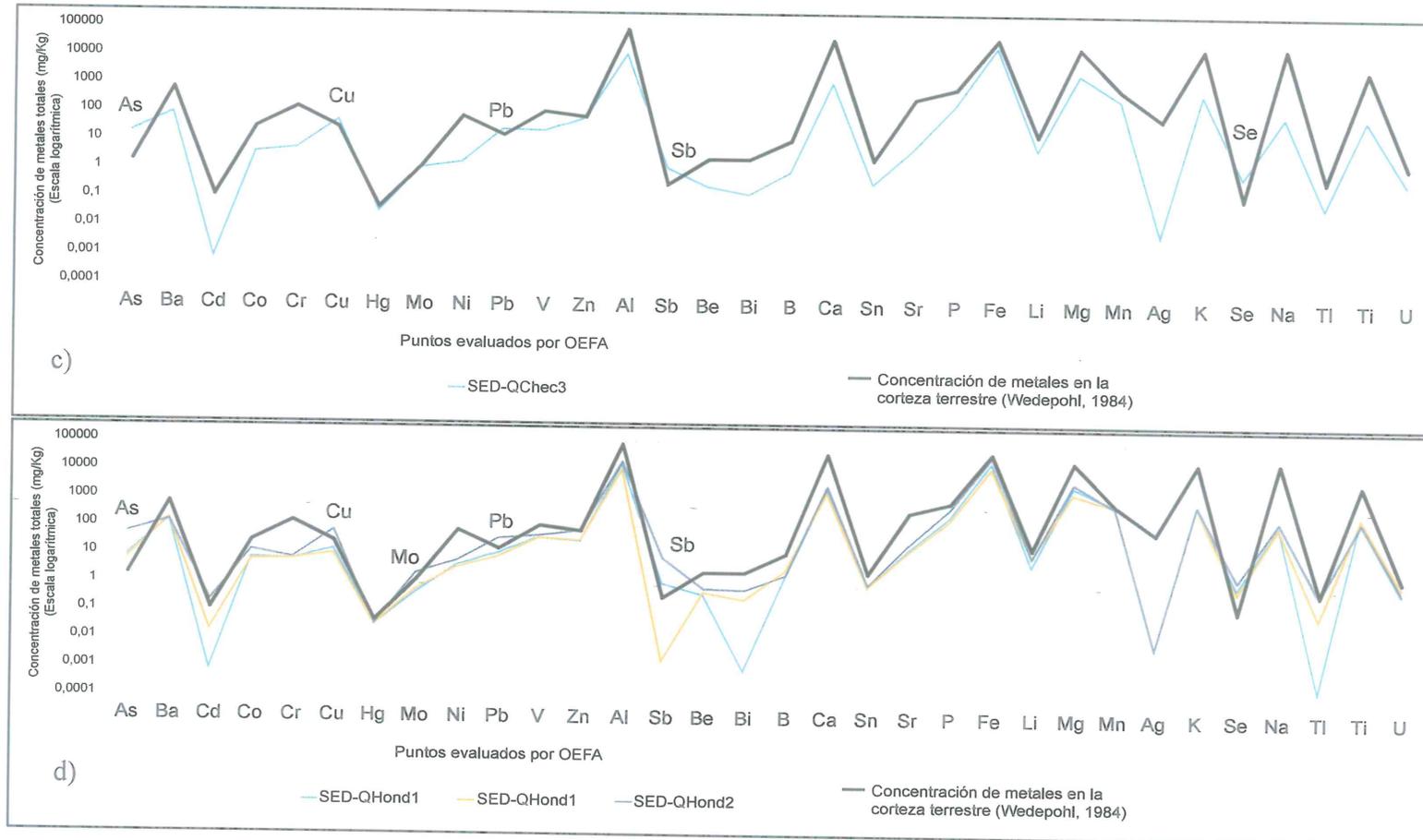
PERÚ

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»





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

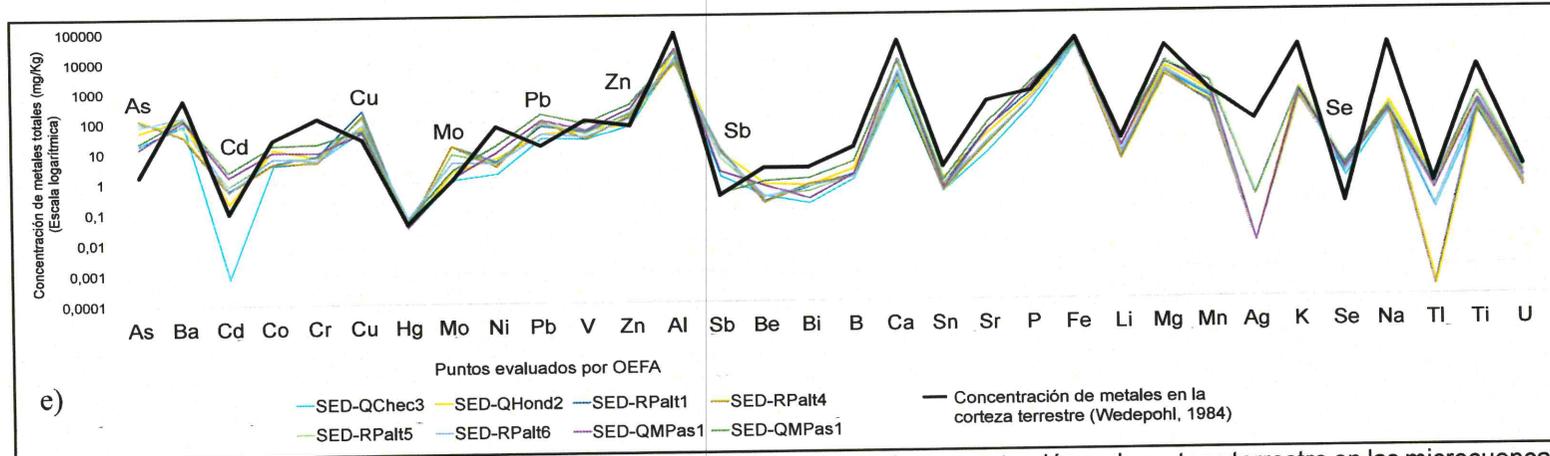
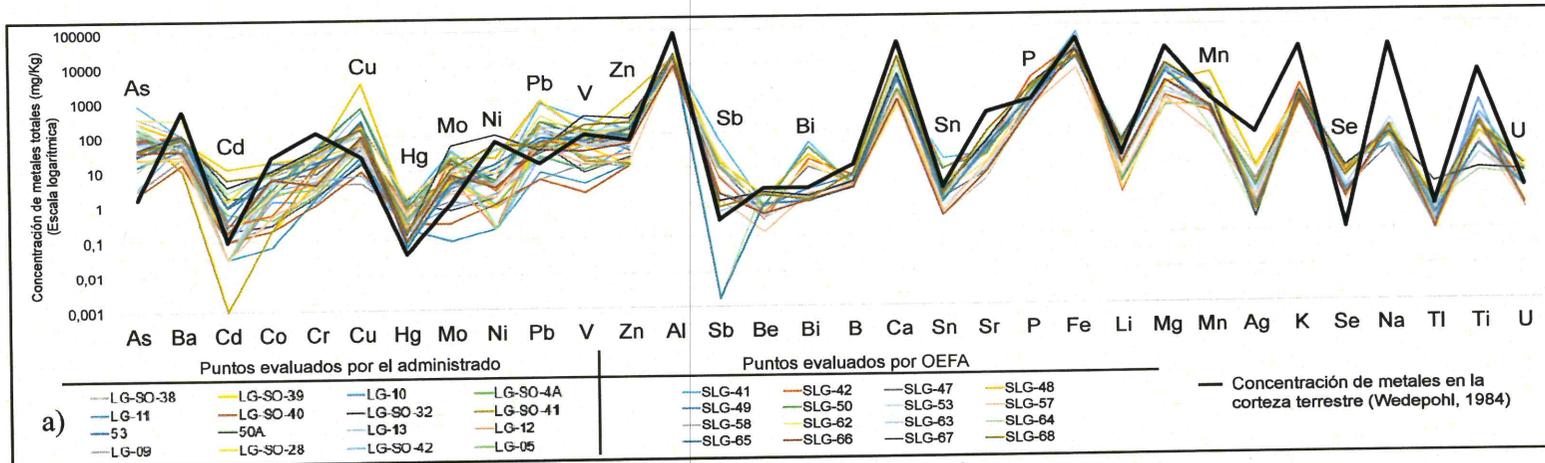


Figura 8-2. Evaluación de la concentración de los metales en sedimentos con la concentración en la corteza terrestre en las microcuencas a) La Laja, b) La Ayra, c) Checos, d) Honda y e) subcuenca Paltic



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.



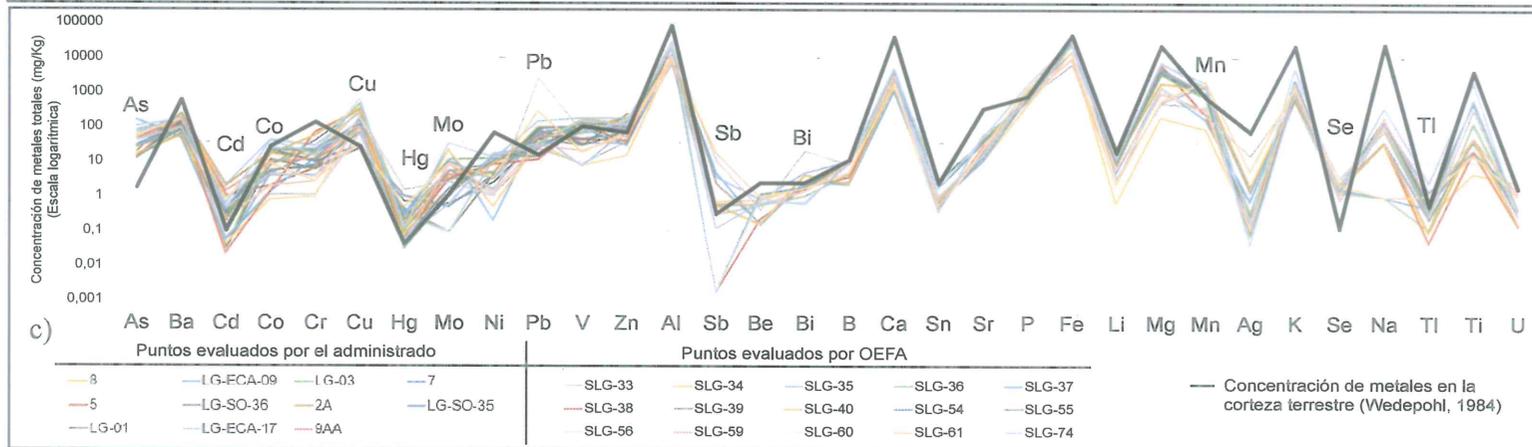
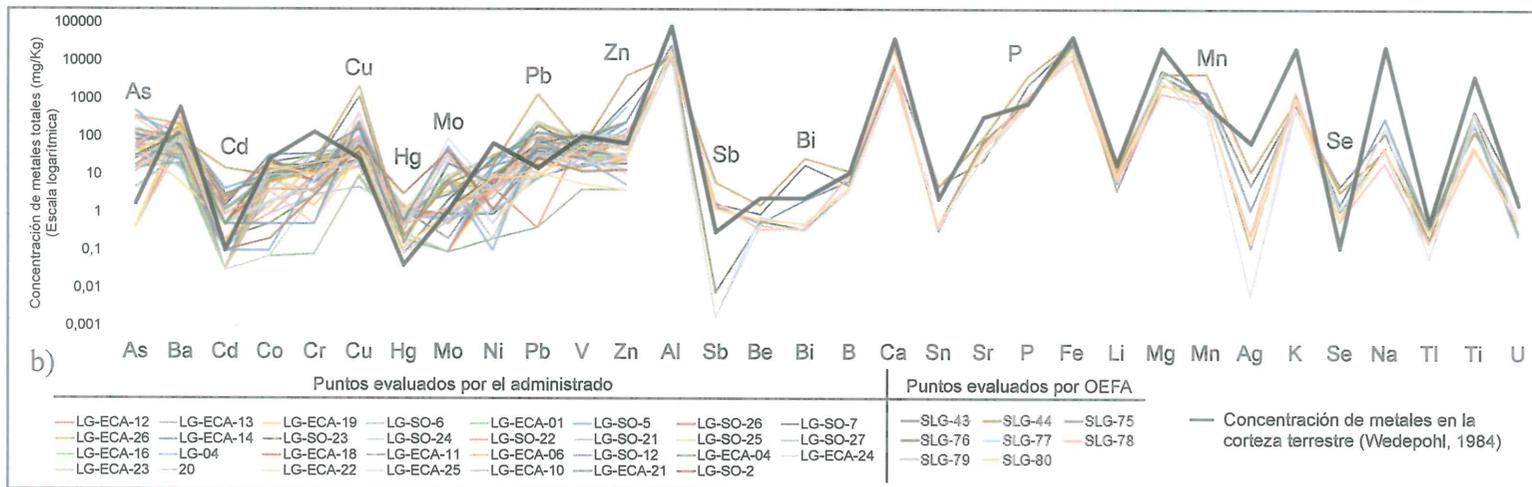
PERÚ

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»



Handwritten blue notes and arrows 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»

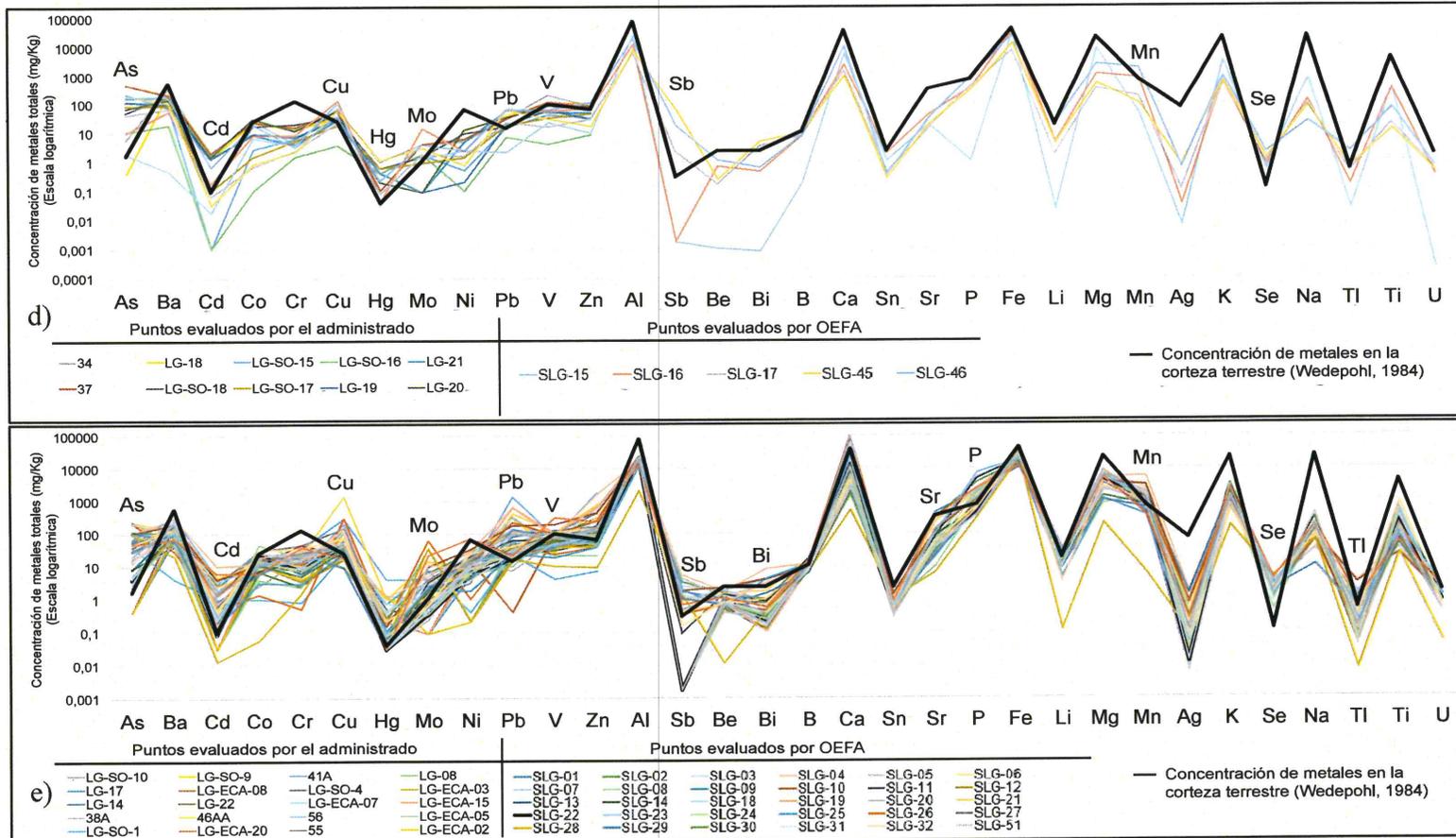


Figura 8-3. Evaluación de la concentración de los metales en suelo con la concentración en la corteza terrestre en las microcuencas a) La Laja, b) La Ayraça, c) Checos, d) Honda y e) subcuenca Paltic



Handwritten blue notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, a signature, the letter 'P', another signature, and the letters 'LPC'.



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

8.1 Zona I: Microcuenca La Laja

Para calidad de agua se consideraron 9 puntos de muestreo en ríos y quebradas, de los cuales los puntos QLLaj1, QPVer1, QSnbr2 y RLLim2 fueron evaluados en ambas épocas mientras que los 5 restantes solo en la época de lluvia; además, se evaluaron 3 puntos en manantiales (FLira1, FNatu1 y FNatu6) y 1 punto de afloramiento (PPerf2) en ambas épocas.

En la zona evaluada, el manantial del caserío La Lima (punto FNatu6) muestreado en época de lluvia presentó un comportamiento ligeramente ácido (pH = 5,81) con un valor de oxígeno disuelto por debajo del ECA (4,16 mg/L); el manantial ubicado en el caserío La Iraca (punto FNatu1) registró valores de aluminio y hierro que incumplen el ECA para agua, mientras que la quebrada Peña Brava (punto QPSol1) registró un valor de 6,31 de pH en época de lluvia, incumpliendo además el ECA para los metales manganeso, cobre, cadmio y zinc. Por último, el punto RLLim2 ubicado en el río La Lima, en época de seca, presentó un valor de 6,36 de pH (ver Figura 8-4).

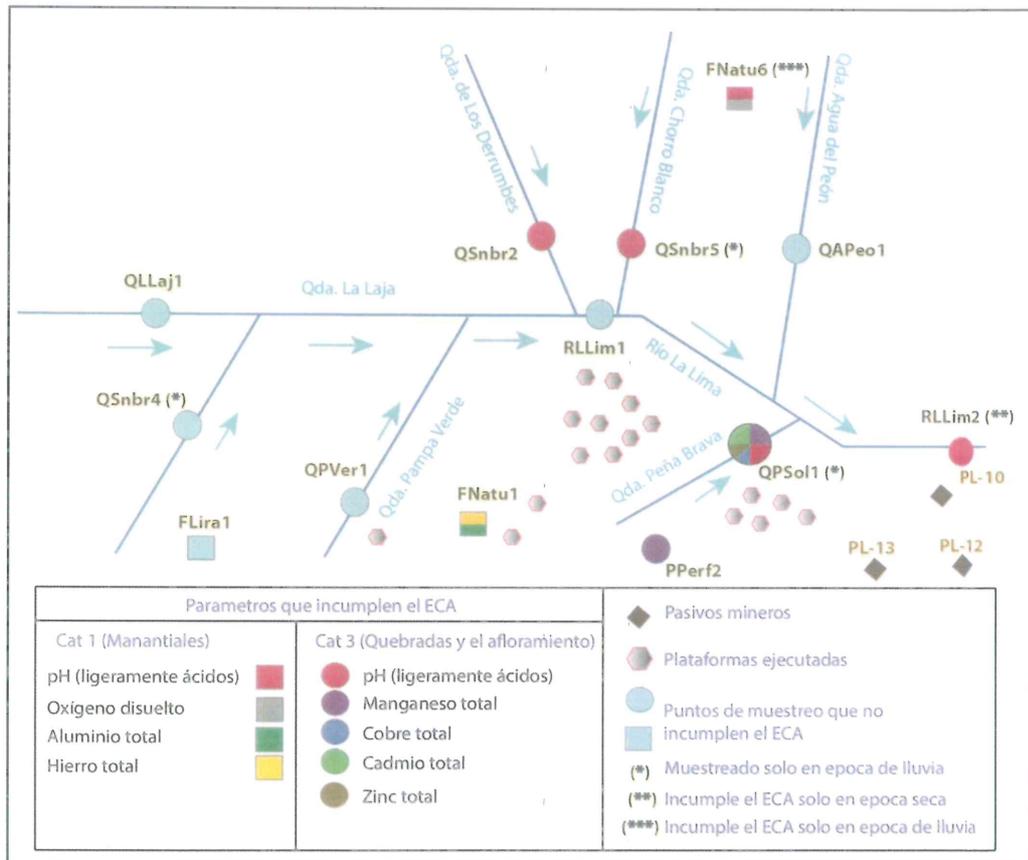


Figura 8-4. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca La Laja

Como se observa en la Figura 8-5, el afloramiento de agua subterránea FLira1, el punto de agua superficial QLLaj1 y sus aportantes (QSnBr4 y QPVer1), así como el río La Lima (RLLim1) y su aportante la quebrada Agua del Peón (QAPeo1) (puntos azules de la gráfica) presentaron valores de pH ligeramente básicos que cumplen con el ECA para agua, este comportamiento se debería por estar emplazados en secuencias sedimentarias calcáreas pertenecientes al grupo Goyllarisquizca e Inca



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a blue arrow pointing up, and initials 'LRC' at the bottom.



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

Chulec Pariatambo (rocas silicoclásticas) y que según el análisis hidroquímico, pertenecen a aguas de facies bicarbonatadas cálcicas. Estas quebradas presentaron condiciones adecuadas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas tanto del perifiton como de los macroinvertebrados bentónicos, lo que se evidencia en que la riqueza y abundancia registra una distribución homogénea en estas quebradas en las dos épocas evaluadas. Además, se debe considerar que en las áreas cercanas a los puntos de muestreo no se viene ejecutando ninguna actividad de exploración.

El pH ligeramente ácido de las quebradas de Los Derrumbes (QSnbr2), Chorro Blanco (QSnbr5) y Peña Brava (QPSol1) (punto rojos de la Figura 8-5) podría deberse al magma que originó las rocas del complejo pórfido/brecha Cu-Mo-Ag-Zn «La Granja», el cual se asocia a fluidos hidrotermales ácidos e intermedios (Acosta, 2009). En consecuencia, la interacción de agua con las rocas volcánicas (Volcánico Porculla y LLama) e intrusiones dacíticas, dioríticas y de brecha generan pH ligeramente ácido.

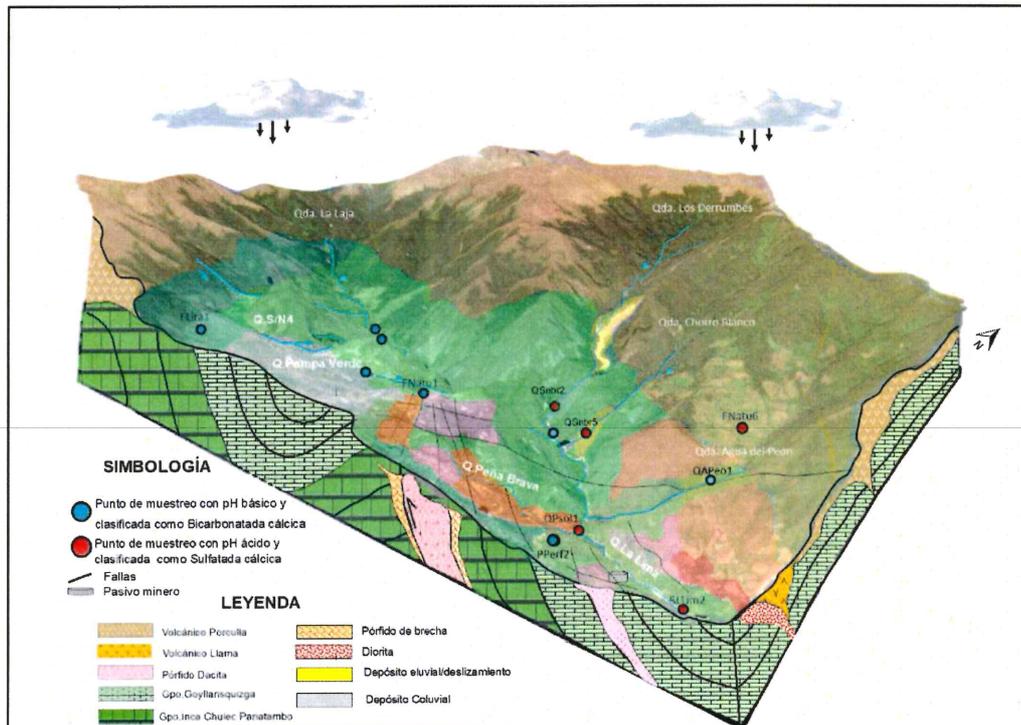


Figura 8-5. Esquema de interacción de agua y roca en la microcuenca La Laja

La reducción del pH en el río La Lima (RLLim2), ubicado en la parte baja de la microcuenca, estaría siendo influenciado por el aporte de las aguas ligeramente ácidas de las quebradas De los Derrumbes (QSnbr2), Chorro Blanco (QSnbr5) y Peña Brava (QPSol1).

Las quebradas De los derrumbes y Chorro Blanco sufren procesos de escorrentía y geodinámica externa como derrumbes y deslizamientos, tal como se puede observar en el análisis multitemporal de la zona (Figura 8-6), lo que juntamente con el pH ligeramente ácido estarían afectando el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas y por ende de la calidad del agua (el índice ABI indica calidad mala). En época seca, la quebrada de Los Derrumbes estuvo representada por la especie *Andesiops* sp. mientras que en la época de lluvia estuvo representada por las especies de la familia Chironomidae: *Cricotopus* sp. y *Larsia* sp. las cuales son especies tolerantes e



Handwritten blue annotations on the left margin: an arrow pointing up, followed by the letters 'K', 'W', 'P', 'd', 'f', and 'lrc'.



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»

indicadoras de agua de mala calidad en aguas corrientes (Pinilla et al., 1993), además de adaptarse a un amplio rango de variaciones (Fittkau, 1986).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, a checkmark, and the letters 'P', 'A', 'T', and 'HC'.

Figura 8-6. Análisis multitemporal de los fenómenos de geodinámica externa en la quebrada Los Derrumbes



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

La quebrada Peña Brava es la que más influye en la disminución del pH en el punto RLLim2, considerando que se encuentra ubicada en una zona con pendientes moderadas y cerca de plataformas de perforación ejecutadas. Este punto también registró concentraciones de cadmio, cobre, manganeso y zinc (época de lluvia), que incumplieron el ECA para agua en comparación al resto de puntos. La presencia de estos metales estaría relacionada con las características geológicas del entorno y zonas mineralizadas, con presencia de sulfuros como la pirita, calcopirita, molibdenita, esfalerita y galena⁵⁶; además por la presencia de plataformas de perforación ejecutadas entre los años 2010 y 2013 (ver Figura 8-7). Asimismo, de acuerdo al diagrama de Ficklin la quebrada se encuentra clasificada como cercana a la neutralidad con alta carga de metales y según el análisis hidroquímico pertenece a la facie sulfatada cálcica.



↑
4
W
P
A
+

⁵⁶ Página 67, de la décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de Exploración La Granja (2017).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

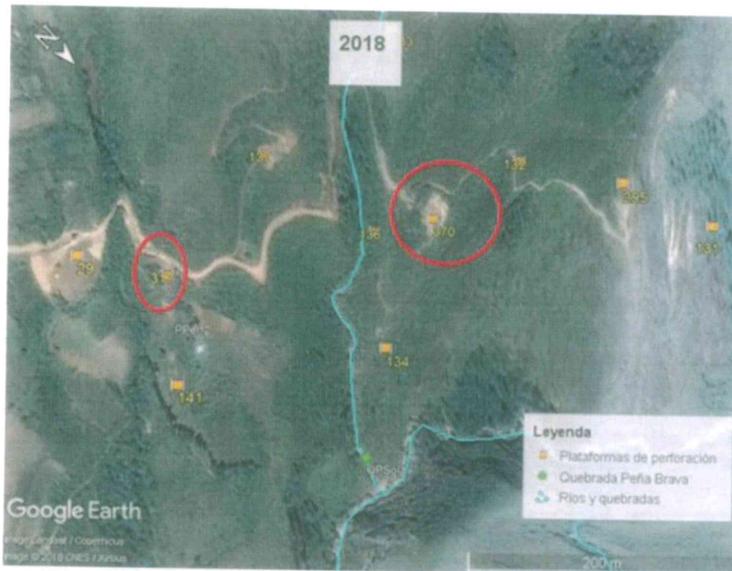


Figura 8-7. Análisis multitemporal de la instalación de las plataformas de perforación de los años 2010, 2013 y 2018 cercanas a la quebrada Peña Brava

A través de mecanismos de transporte desde la parte alta (donde se ubican accesos y plataformas con suelos sin cobertura vegetal) hacia la parte baja juntamente con la topografía (pendiente abrupta) generaron un incremento en las concentraciones de sólidos suspendidos totales en esta quebrada (ver Figura 8-8), donde se observó agua de característica turbia y vegetación ribereña con presencia de materia orgánica y tierra disturbada.



Figura 8-8. Quebrada Peña Brava (QPSol1)

Además del análisis de sólidos suspendidos totales en el agua, se determinó la biodisponibilidad de metales en sedimentos mediante el análisis de Tessier, cuyos resultados indican que el cadmio, cobre, plomo, manganeso y zinc son biodisponibles debido a que se encuentran en las extracciones 1 y 2. Es importante resaltar que estos mismos metales superaron el ECA para agua en esta quebrada.



Handwritten notes on the left margin: a vertical line, a checkmark, 'Ut', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'LRC'.



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

La presencia de metales y sólidos suspendidos totales, y pH ligeramente ácido habrían afectado la calidad del agua (según el índice ABI presenta calidad mala) y el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas presentando una disminución en su riqueza y abundancia, no encontrándose especies de macroinvertebrados calificadas como sensibles y siendo la especie más abundante *Metrichia sp.*, especie característica de ambientes sensibles a perturbaciones leves, tal como fue reportado por Roldán (2003). Este comportamiento es explicado Kinross et al. (1993) y Soldo y Behra (2000), los cuales sostienen que las comunidades de microalgas responden a factores ambientales como pH y contaminación por metales pesados, asimismo, estudios sobre la riqueza del perifiton en ríos con pH ácido (Bray et al., 2008) registraron que la riqueza de microalgas fue afectada por el parámetro en mención, en el caso de los macroinvertebrados se sabe que la acidificación generalmente induce un aumento de la bioacumulación de metales en larvas de insectos, con consecuencias para la cadena trófica (St. Louis, 1993).

La información presentada se complementa con los datos del administrado reportados entre los años 2015 al 2017 (Figura 8-9 y 8-10), donde el punto LG-W1-06 se encuentra a cuarenta metros aguas abajo de la confluencia de la quebrada Peña Brava con el río La Lima y es el más cercano al punto RLLim2, determinado por OEFA. Si bien los parámetros evaluados en este punto cumplen con los ECA, se muestra un incremento de las concentraciones de cadmio, cobre, manganeso y zinc en el río La Lima después de la confluencia con la quebrada Peña Brava. En relación a los valores de pH de línea base, mantienen resultados homogéneos y similares en relación a los puntos muestreados por OEFA para ambas épocas, a excepción del punto LG-W1-06 en época seca (setiembre 2016) y en lluvia (diciembre 2016) que presentaron valores pH ligeramente ácido de 5,4 y 6; respectivamente; los cuales están relacionados con el incremento de concentraciones de metales en el río La Lima.



↑
α
W
P
≠
+
HC



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»

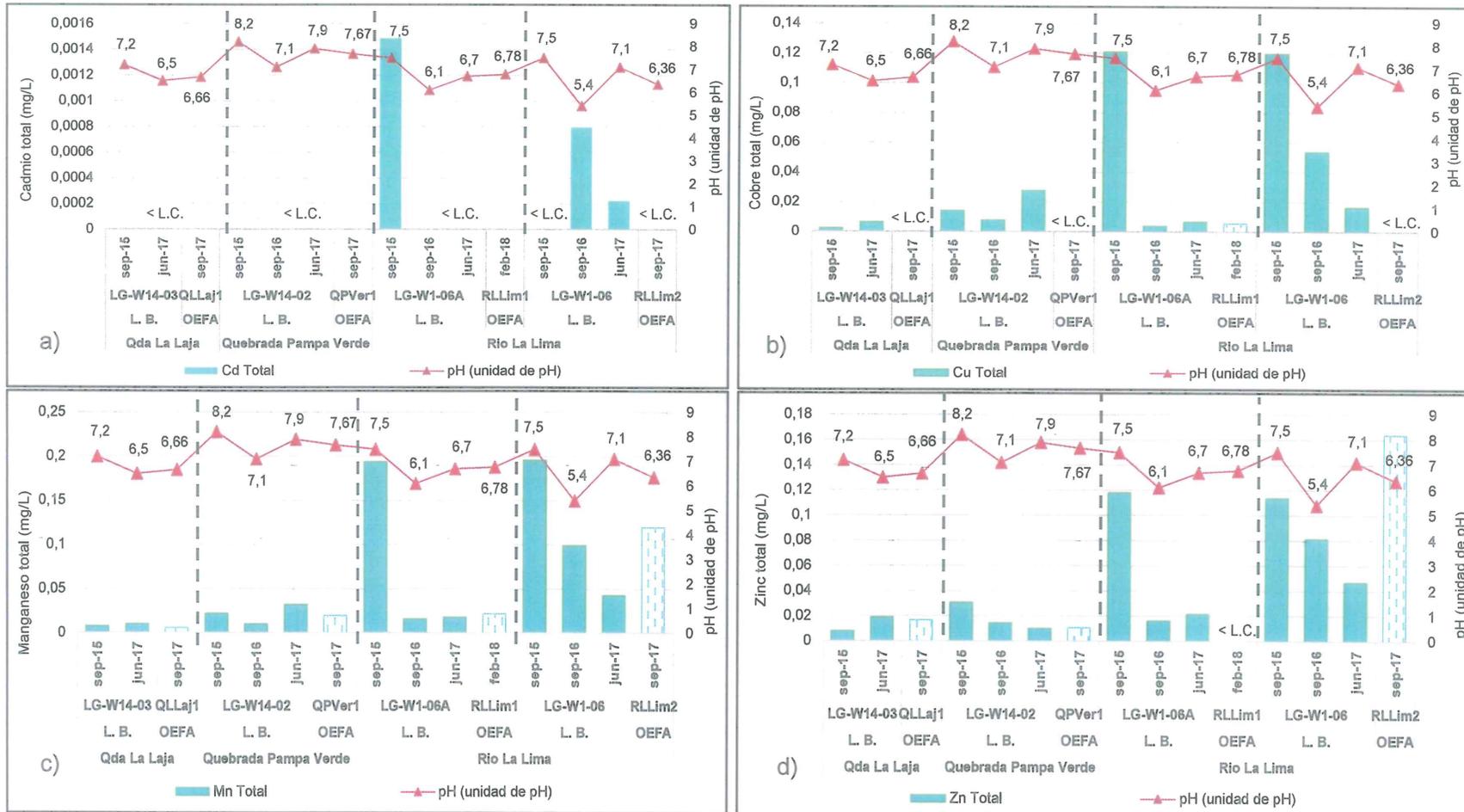


Figura 8-9. Comparación de los resultados de la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) manganeso, y d) zinc entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época seca



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»

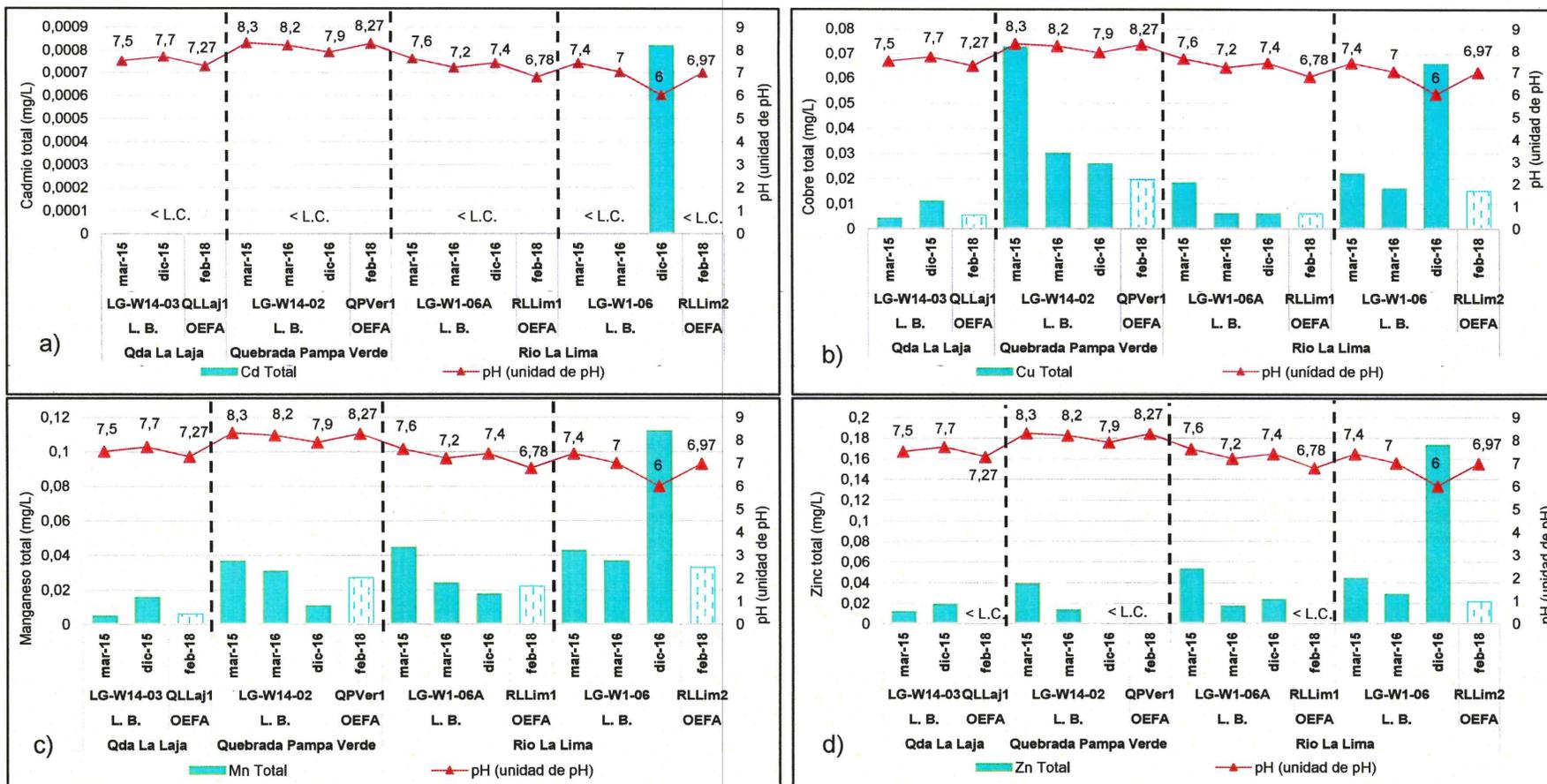


Figura 8-10. Comparación de los resultados de la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) manganeso, y d) zinc entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época de lluvia



PERÚ

Ministerio del Ambiente

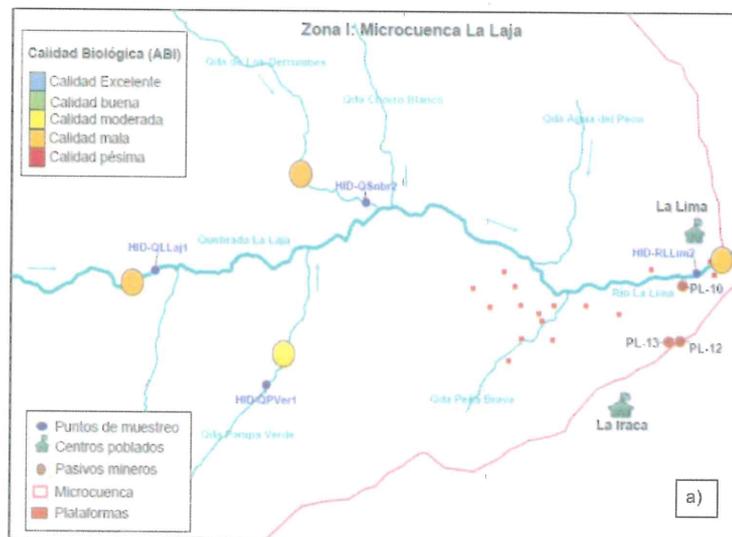
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos registraron mayor riqueza, abundancia y diversidad en las quebradas Pampa Verde (HID-QPVer1), agua del Peón (HID-QAPeo1), Chorro Blanco (HID-QSnbr5) y Sin nombre (HID-QSnbr4), ubicadas en la parte alta de la microcuenca, en comparación con el río La Lima (HID-RLLim2) que presentó los menores valores. Lo que evidencia una disminución de la riqueza, abundancia y diversidad desde la parte más alta hacia la parte más baja de la microcuenca, probablemente debido a las actividades antropogénicas relacionadas al crecimiento poblacional desarrolladas en la parte baja, a la presencia de las plataformas de perforación^{57,58} y a los pasivos mineros de códigos PL-10 y PL-13.

La calidad biológica de los cuerpos de agua fue estimada a través del índice ABI, la microcuenca La Laja presentó un rango de calidad de buena a mala en los cuerpos evaluados (ver Figura 8-11). La quebrada Agua del Peón evaluada en época de lluvia registró la mejor calidad en esta microcuenca, en la cual destaca la presencia de especies de los órdenes Plecoptera: *Anacroleuria* sp., y Tricotera: de la Familia: *Calamoceratidae* sp. y *Helicopsyche* sp., que son especies sensibles indicadoras de buena calidad de agua.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a vertical line, a checkmark, and several illegible signatures.

57
58

Cuarta MEIAsd del proyecto minero La Granja, aprobada mediante R.D. N.º 190-2008-MEM/DGAAM.
Sexta MEIAsd del proyecto minero La Granja, aprobada mediante R.D. N.º 267-2010-MEMN/DGAAM.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

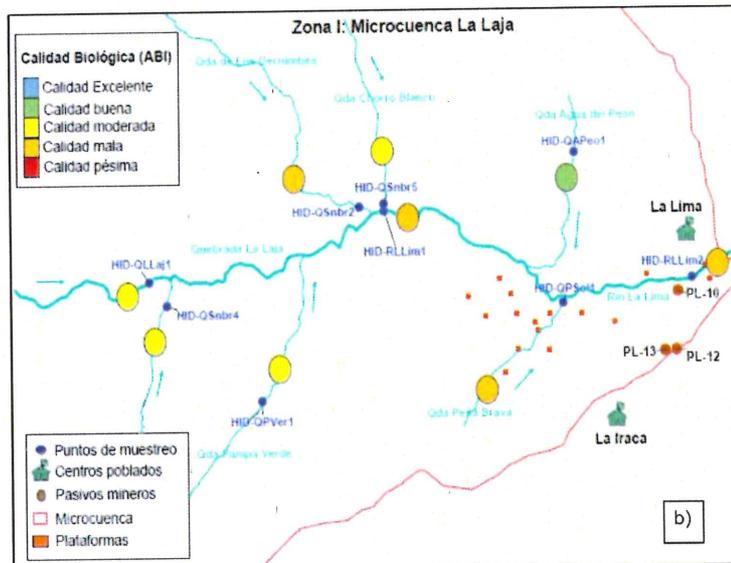


Figura 8-11. Calidad biológica en la microcuenca La Laja mediante el ABI a) época seca y b) época de lluvia

En la zona evaluada, en época seca la especie de microalga (perifiton) más representativa fue *Achnanthydium cf. exilis* perteneciente al Phylum Bacillariophyta, esta especie que se caracteriza por su tendencia a presentarse en ambientes de bajos nutrientes (Ponader y Potapova, 2007) según el análisis de correspondencia canónica se relaciona con bajas concentraciones de bicarbonatos, carbonatos, sólidos disueltos totales, estroncio, fósforo, pH y conductividad. Mientras que en la época de lluvia más representativa fue *Hannaea arcus*, que se caracteriza por encontrarse en ambientes ricos en nutrientes (Duque y Donato, 1992), además de establecerse en ambientes con aguas que van desde ácidas a ligeramente alcalinas (Bellinger y Sigee, 2010), según el análisis de correspondencia canónica se le asocia a concentraciones de manganeso y níquel.

En época de lluvia, la especie de macroinvertebrados más representativa fue *Andesiops sp.*, efemeróptero que sólo es encontrado en zonas de mucha corriente con sustrato pedregoso (Domínguez y Fernández, 2009), el cual según el análisis de correspondencia canónica se relaciona con baja conductividad y bajas concentraciones de bicarbonatos, carbonatos, sólidos disueltos totales, estroncio y fósforo. Mientras que en la época de lluvia las especies más representativas fueron *Austrelmis sp.*, *Simulium sp.* y *Baetodes sp.*, propios de ambientes lóticos y de aguas bien oxigenadas con flujo rápido y continuo (Domínguez y Fernández, 2009), según en ACC *Austrelmis sp.* se asocia a altas conductividades, mientras que entre *Simulium sp.* y *Baetodes sp.* existe una relación inversa de la abundancia.

En las Figura 8-9 y 8-10 se muestra la abundancia relativa de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos respectivamente, los colores sólidos representan los estudios de línea base y colores trama representan a los realizados por el OEFA, para realizar la comparación se han considerado los puntos del administrado cuyas coordenadas son más próximas a los puntos del OEFA.

De acuerdo a los resultados, el phylum Bacillariophyta (diatomeas) fue dominante en todos los puntos de muestreo en quebradas y ríos en ambas épocas, que se caracteriza por distribuirse bastante bien en diversos ecosistemas acuáticos (especies cosmopolitas), ya sea que estos presenten aguas de características ácidas o alcalinas



Handwritten blue notes and symbols: an arrow pointing up, a circled 'd', a circled 'H', a circled 'P', a circled 'f', a circled '+', and the initials 'HPC' at the bottom.



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

(Pinilla, 2000), siendo el segundo phylum dominante el de Cyanobacteria, esta condición es muy común en los ríos continentales tal como lo describe Jorgensen (2009).

Por otro lado, en los macroinvertebrados bentónicos en todos los puntos evaluados destacaron los órdenes de insectos acuáticos, los cuales son considerados los elementos más importantes en la dinámica ecológica de los ecosistemas lóticos (Maneechan y Prommi, 2015), representados por los órdenes Diptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, siendo estos 3 últimos considerados muy buenos indicadores de calidad de agua por ser muy sensibles a cambios que alteran su calidad (Carrera y Fierro, 2001). Con respecto a la abundancia y riqueza de macroinvertebrados se observa grandes variaciones entre los puntos de muestreo, destacándose la gran dominancia del orden Díptera.

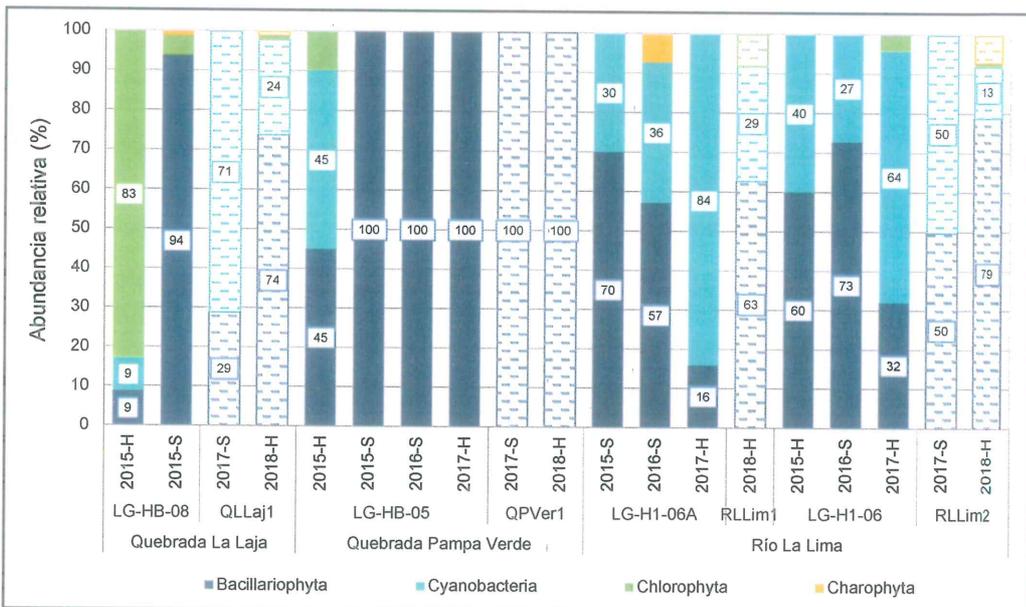


Figura 8-12. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Laja



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, a checkmark, the letters 'to', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and the letters 'HC'.



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

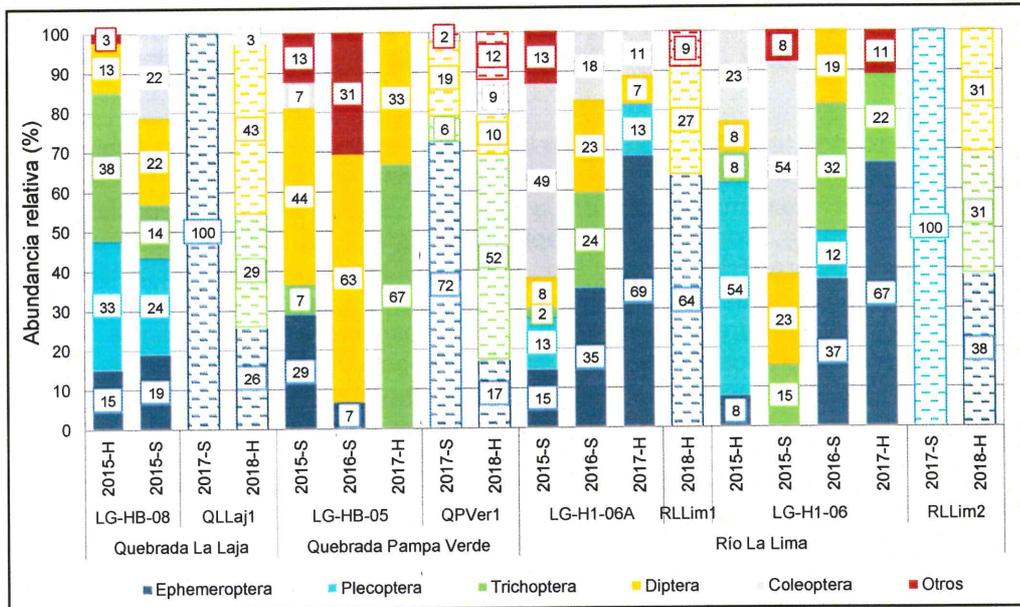


Figura 8-13. Comparación de resultados de la abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Laja

En relación a la baja concentración de oxígeno disuelto en el punto FNatu6, se debería a su origen subterráneo (manantial) y que a su vez se encuentra en una caja de captación, tal como se observa en la Figura 8-14.



Handwritten blue notes: a vertical line, a checkmark, a plus sign, a 'P', a star, a plus sign, and the letters 'IRC'.



Figura 8-14. Manantial natural (FNatu6)

La presencia de aluminio en el manantial FNatu1 se debería a la alteración argílica intermedia de la megabrecha, generada por procesos magmáticos - hidrotermales (Sillitoe, 1985)⁵⁹, siendo la arcilla el principal mineral de alteración. Mientras que la concentración de hierro se relacionaría a las zonas mineralizadas de oxidación,

59 Página 31, de la Tesis Procesos de perforación diamantina y logeo geológico en el proyecto Minero La Granja Río Tinto en Querocoto-Chota-Cajamarca (2017)



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

enriquecimiento y sulfuros; siendo esta última zona donde predominan los sulfuros primarios como, piritita, calcopirita, molibdenita, esfalerita y galena⁶⁰.

Este punto presenta la mayor concentración de aluminio y hierro en su forma disuelta (época seca) en comparación al resto de manantiales; sin embargo, esta concentración disminuye en época de lluvia (ver Figura 8-15). Esta variación estaría relacionada con el aumento del pH, debido a que muchos metales se disuelven como iones a valores de pH bajos (Weiner, 2007).

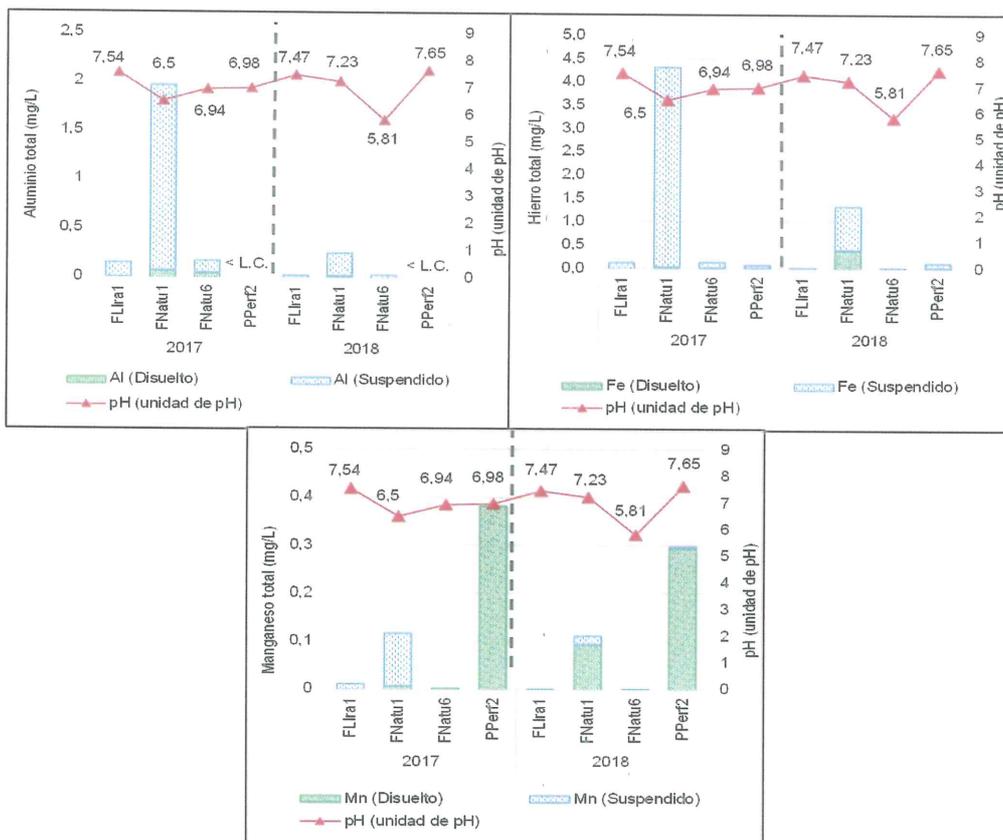


Figura 8-15. Relación de concentraciones de a) aluminio, b) hierro y c) manganeso con el pH en los manantiales de la microcuenca La Laja

En relación al punto de muestreo PPerf2 (Figura 8-17) tomado cercano a una plataforma ejecutada con código 317⁶¹, además de superar el ECA para agua en manganeso, registró las mayores concentraciones del catión calcio y el anión sulfato (facies sulfatadas cálcicas), en comparación con los demás manantiales evaluados en ambas épocas tal como se observa en la Figura 8-16, a pesar de estar emplazado sobre rocas carbonatadas aledañas a intrusiones dioríticas y dacíticas.

60

Página 67, de la décimo segunda modificación del EIA del proyecto de Exploración La Granja (2017)

61

Novena modificación del estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración La Granja, aprobado el 03 de diciembre de 2012.



↑

k

lt

P

*

A

LRC



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»

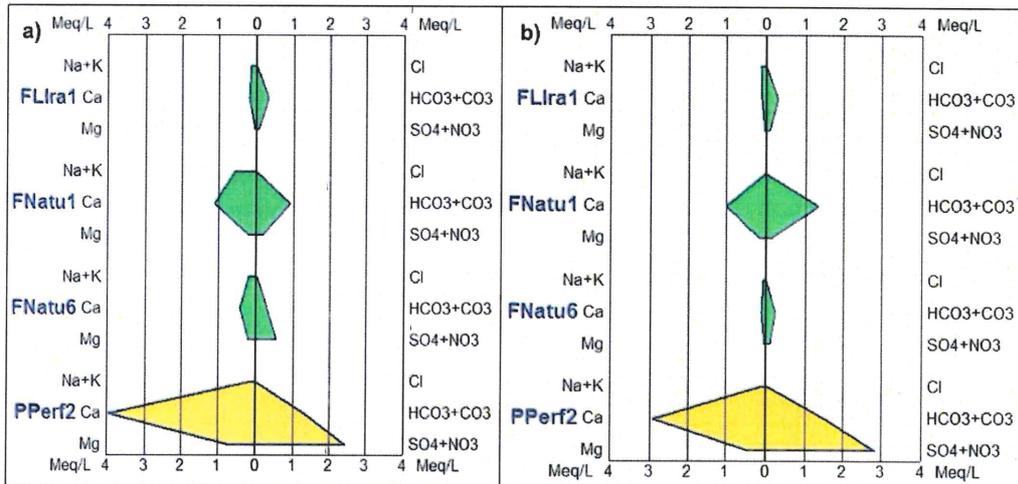


Figura 8-16. Variación de las concentraciones de iones en base al diagrama de Stiff a) época seca y b) época de lluvia



Figura 8-17. Agua captada de un afloramiento (PPerf2) cercano a la plataforma ejecutada con código 317

Para sedimentos se consideraron 4 puntos de los cuales dos puntos (SED-QPVer1 y SED-QPSol1) fueron evaluados en ambas épocas, mientras que los demás puntos solo fueron evaluados en una época (SED-QSnr4 y SED-RLLim2), cuyos resultados fueron comparados referencialmente con la Guía de Calidad Ambiental para Sedimentos en Cuerpos de Agua Dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality*



Handwritten blue notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, a plus sign, and the letters 'lc'.



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»

Guidelines (CEQG) – Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water)⁶².

En relación a la evaluación de sedimentos (SED-QSnr4, SED-QPVer1 y SED-QPSol1), estos presentaron valores de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc, que incumplieron en al menos un valor (ISQG y PEL) de la CEQG; asimismo el punto en el río La Lima (SED-RLLim2) solo incumplió en arsénico, cobre y plomo en al menos un valor. Cabe señalar que la concentración de mercurio solo incumplió el valor ISQG (0,17 mg/Kg) en la quebrada Peña Brava (SED-QPSol1) (ver Figura 8-18).

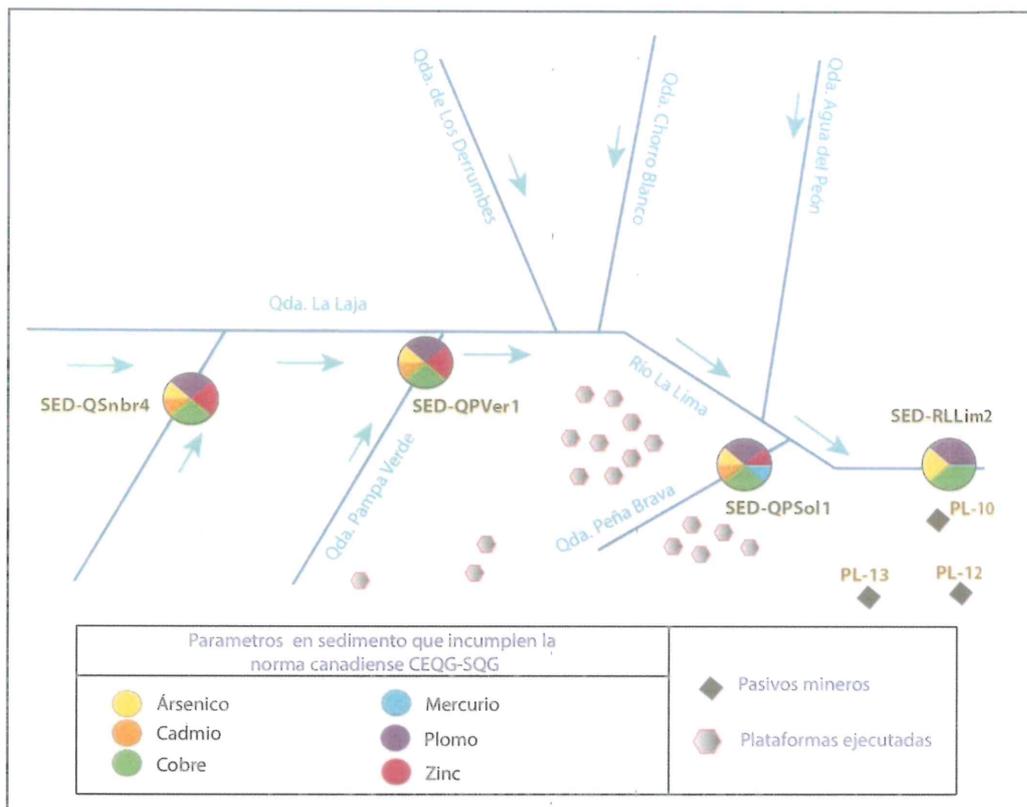


Figura 8-18. Diagrama de puntos de sedimentos que incumplen los estándares en la microcuenca La Laja

La microcuenca La Laja, geomorfológicamente forma parte de montañas con pendientes bajas a altas que forman laderas escarpadas (10 % a 45 %). Constituidas por secuencias de horizontes de suelo D, E, F y G, pertenecientes a los órdenes Entisols e Inceptisols, donde más del 50 % pertenece a suelos de protección (Xs) y según su uso actual forman parte de praderas Naturales (Pj) y Terrenos con bosques (Bq) principalmente⁶³.

De acuerdo a la caracterización edafológica de los suelos evaluados (SUE-IRA2, SUE-LLI1 y SUE-LLI2), destaca la presencia de textura franco arcilloso para 3 puntos estos suelos al tener valores de porcentaje de arena, limo y arcilla permiten la retención del agua e intercambio de nutrientes eficientemente (UNALM, 2007); en

62 Disponible en: http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/. Consultado el 19 de enero de 2017.

63 Décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de Exploración La Granja (2017).



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

tanto que el punto SUE-IRA2 presentó una clase textural franca. Además, poseen pH ácidos (5,2 a 5,6), buena capacidad de intercambio catiónico y un nivel medio a alto de materia orgánica lo que implicaría una buena aptitud para los cultivos.

En la evaluación de suelo realizada en febrero de 2018 se muestrearon 16 puntos para metales totales, cuyos resultados presentan concentraciones de arsénico (11 puntos), cadmio (5 puntos), plomo (9 puntos) que incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que para arsénico (6 puntos) y plomo (2 puntos) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Es importante mencionar que el bario y mercurio no superaron los estándares mencionados (ver Figura 8-19),



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, 'd', 'H', 'P', 'A', 'f', and 'irc'.

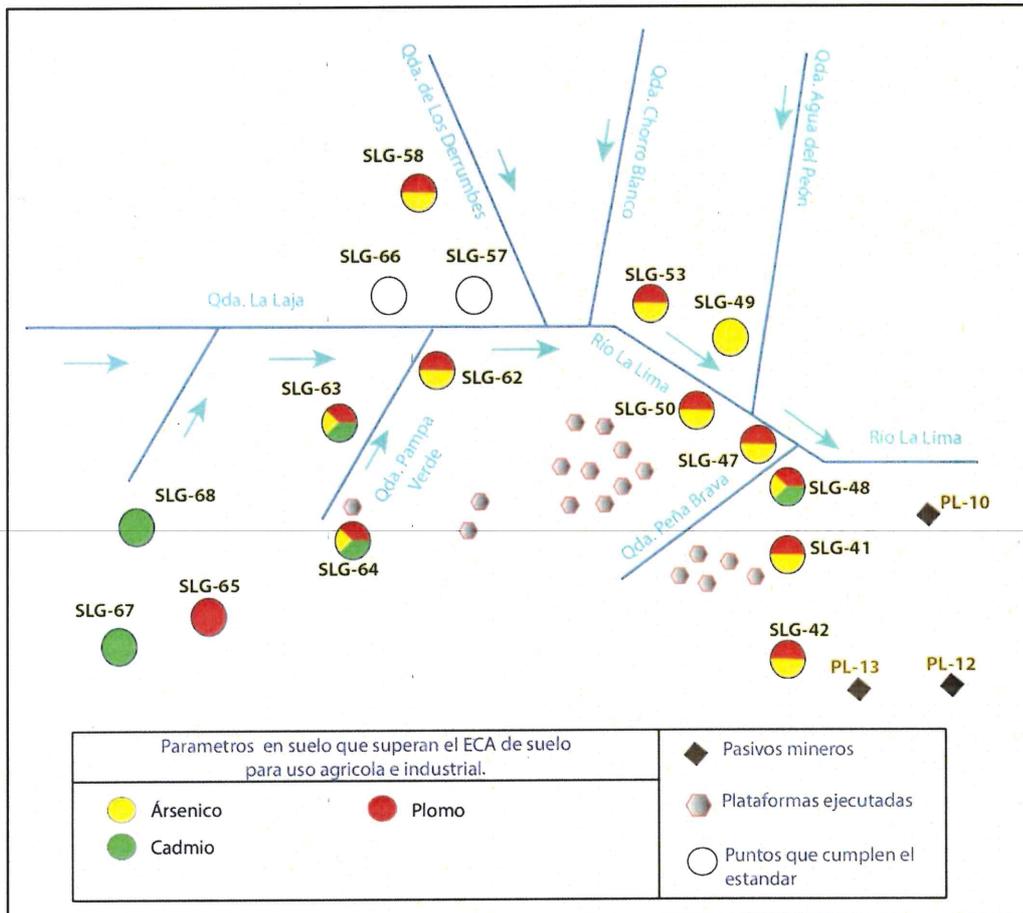


Figura 8-19. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca La Laja

8.2 Zona II: Microcuenca La Ayraza

Para calidad de agua se consideraron 8 puntos de muestreo en ríos y quebradas, que fueron evaluados en ambas épocas; además se evaluó 1 punto en manantial (FLIra2) y 1 punto de afloramiento (PPerf1) también en ambas épocas.

En la zona evaluada, las quebradas Tendal (QTend1), Sin nombre (QSnbr1) y el río La Ayraza (RLIra2) presentaron un pH ligeramente ácido en época seca incumpliendo el ECA para agua vigente. En la quebrada Salada (QSald1) se registraron valores ácidos de pH (3,23 y 3,36 en época seca y de lluvia respectivamente) y valores para



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

los metales aluminio, cadmio, cobre y manganeso que también incumplieron el estándar (ver Figura 8-20).

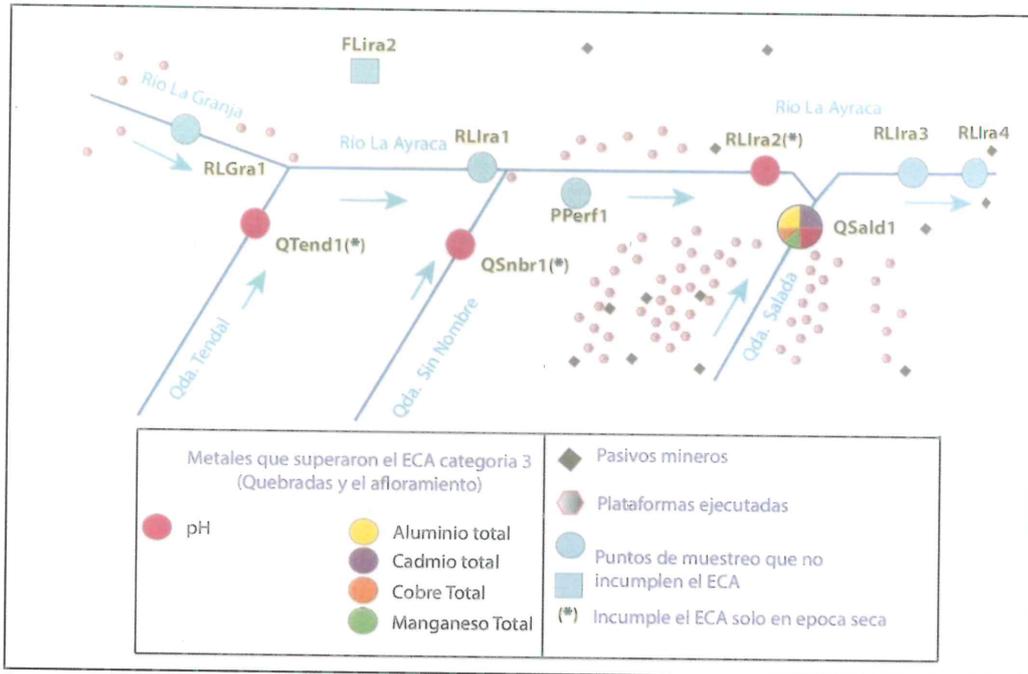


Figura 8-20. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca La Ayraza

Como se observa en la Figura 8-21, las quebradas Tendal (QTend1) y Sin nombre (QSnbr1) y el río La Ayraza (RLIra2) (puntos rojos en la figura) presentan valores de pH ligeramente ácidos (rango de 6,24 a 6,47) que incumplen con el ECA para agua en época seca, este comportamiento se relacionaría con la cercanía a intrusiones dioríticas y su acercamiento a los pórfidos dacíticos y cuarcíferos que forman parte de la zona mineralizada (cerro Paja Blanca), por otro lado en época de lluvia estas quebradas presentan pH neutro debido al incremento de caudales propio de la época. Asimismo, según la caracterización hidroquímica estas aguas se clasifican como sulfatadas cálcicas.

Los ríos La Granja (RLGra1) y el manantial del caserío La Iraca (FLIra2) presentan pH cercano a la neutralidad debido a que se encuentran emplazados en material superficial cuaternario cuyas características geoquímicas corresponden a material no PAG (no generador de acidez)⁶⁴ (ver Figura 8-21). Además, de acuerdo a su análisis hidroquímico presenta aguas de facies bicarbonatadas cálcicas.



Handwritten notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, 'ut', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'xc'.

64 Página 67 de la Décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de Exploración La Granja (2017).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

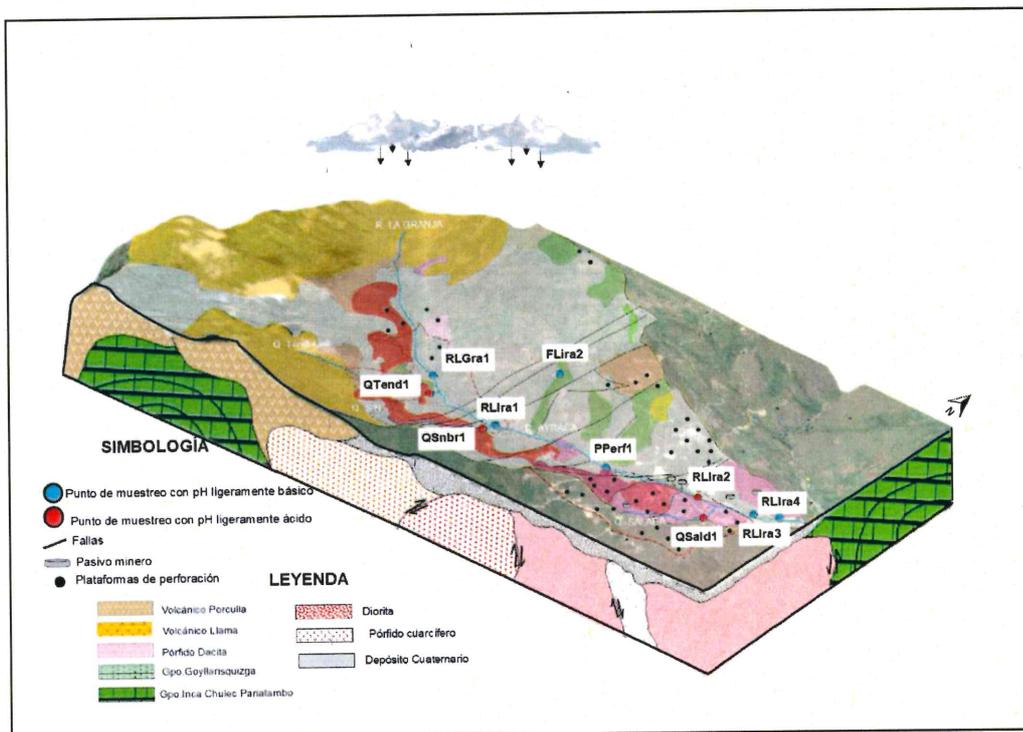


Figura 8-21. Esquema de interacción de agua y roca en la microcuenca La Ayraca en la época seca.

Se debe resaltar que para el punto RLira2 (en el río La Ayraca, antes de la confluencia con la quebrada Salada) se observó un cambio en las facies hidroquímicas en las épocas evaluadas (Figura 8-22). Para la época seca presentó una facie bicarbonatada cálcica; mientras que, para la época de lluvia fue sulfatada cálcica. Este cambio de catión posiblemente se deba al aumento del caudal por la temporada de lluvia.

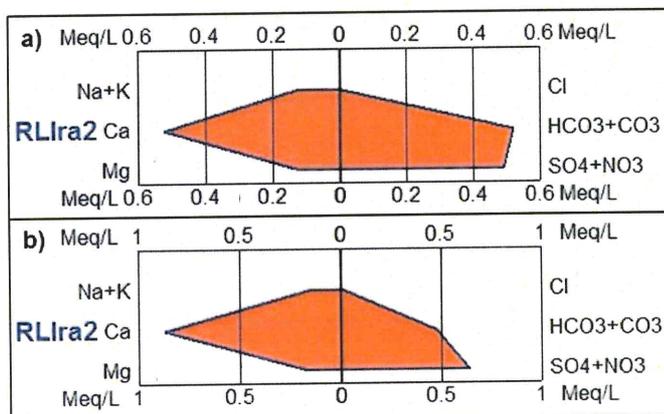


Figura 8-22. Facie hidroquímica en el punto RLira2 en a) época seca y b) época de lluvia

La quebrada Salada aportante por la margen derecha del río La Ayraca (entre los puntos RLira2, aguas arriba, y RLira3, aguas abajo) se encuentra dentro de la zona mineralizada (cerro Paja Blanca) y ubicada cerca de plataformas de perforación ejecutadas, pasivos mineros y componentes construidos del administrado. El principal



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

pasivo minero corresponde a la bocamina identificada con código BC-01⁶⁵, la que genera drenaje ácido, lo que explicaría la presencia de metales como aluminio, cadmio, cobre y manganeso y pH ácido en esta quebrada en ambas épocas, lo que guarda relación con los resultados obtenidos en el diagrama Ficklin que la clasifica como ácida con alta carga de metales y que según el análisis hidroquímico pertenece a la facie sulfatada cálcica. Además, se observa que el punto LG-W2-12, punto de muestreo de la línea base en la quebrada Salada, en los monitoreos ejecutados entre los años 2015 y 2017 se obtuvieron pH ácidos y concentraciones de los metales aluminio, cadmio, cobre y manganeso que fueron similares a los obtenidos por el OEFA y que también incumplieron los ECA para agua en ambas épocas de muestreo, tal como se observa en las Figuras 8-23 y 8-24.

Estas características estarían afectando la calidad biológica del agua (según el índice ABI presenta calidad mala) y el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, presentando una disminución en su riqueza, abundancia y diversidad; siendo la especie más abundante *Lopescladius* sp., cuya presencia indica considerable contaminación hídrica (Vásquez y Medina, 2014) y que es miembro de la familia Chironomidae, las que pueden mantener su abundancia a pesar de tener una gran reducción en su diversidad (Winner et al., 1980).

Se determinó además la biodisponibilidad de metales en sedimentos mediante el análisis de Tessier en el punto QSald1, cuyos resultados indican que el cobre y plomo son biodisponibles debido a que se encuentran en las extracciones 1 y 2, y el manganeso que se encuentra en la extracción 2. Es importante resaltar que tanto el cobre como el manganeso superaron el ECA para agua en esta quebrada.

La información presentada de la microcuenca La Ayraca se complementa con los datos de línea base reportados entre los años 2015 al 2017 (Figura 8-23 y 8-24), donde se registraron cinco puntos de muestreo cercanos a los muestreados por el OEFA. En relación a los valores de pH, mantienen resultados similares en relación a los puntos muestreados por OEFA para ambas épocas.



↑
*
lt
P
+
+
LPC

65 Décimo primera modificación del EIASD del Proyecto de Exploración La Granja, ítem 2.2 Pasivos ambientales



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»

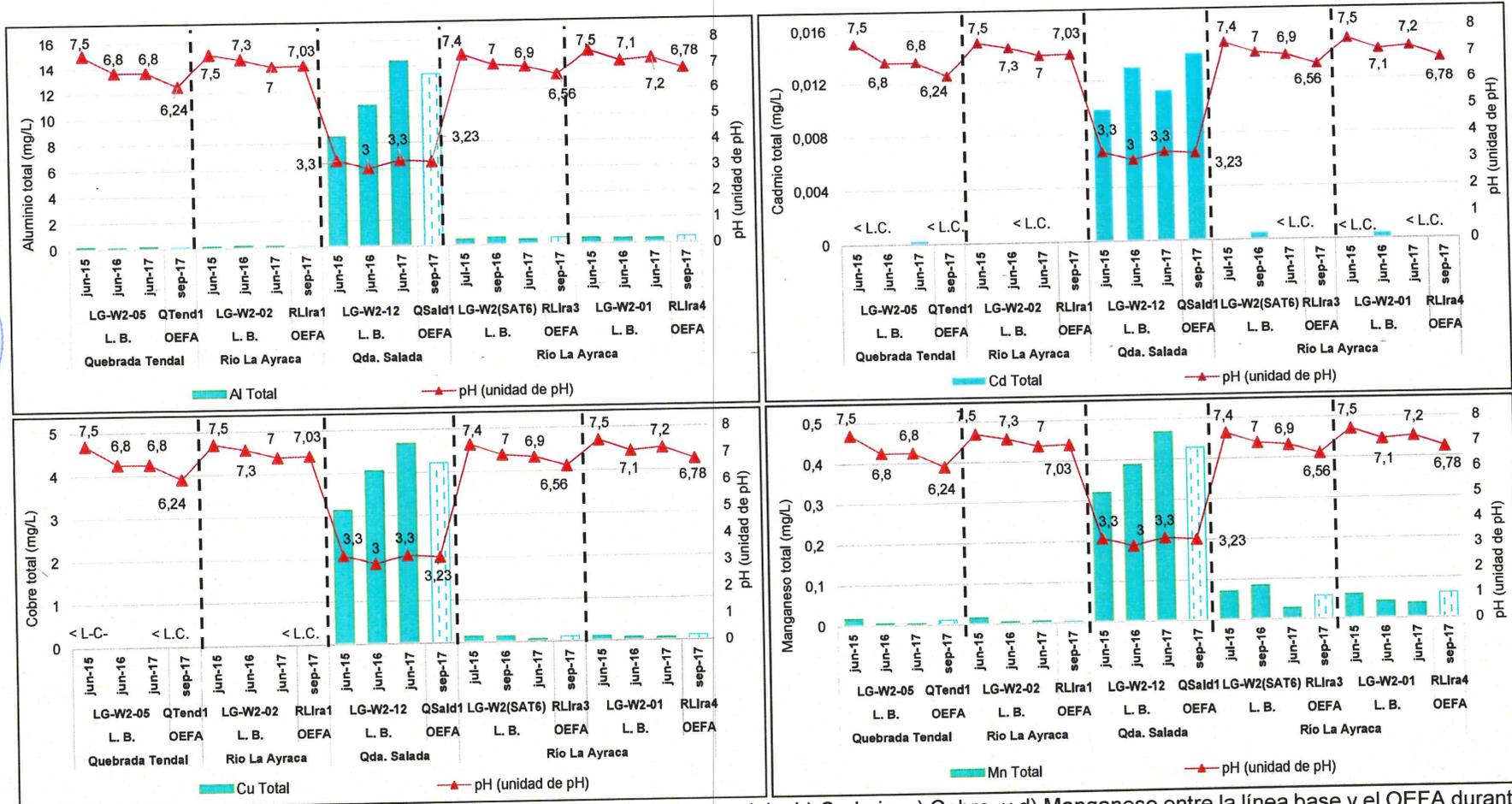


Figura 8-23. Comparación de los resultados de la concentración de a) Aluminio, b) Cadmio, c) Cobre, y d) Manganeso entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época seca



Handwritten blue marks and initials: a checkmark, 'P', and 'RC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

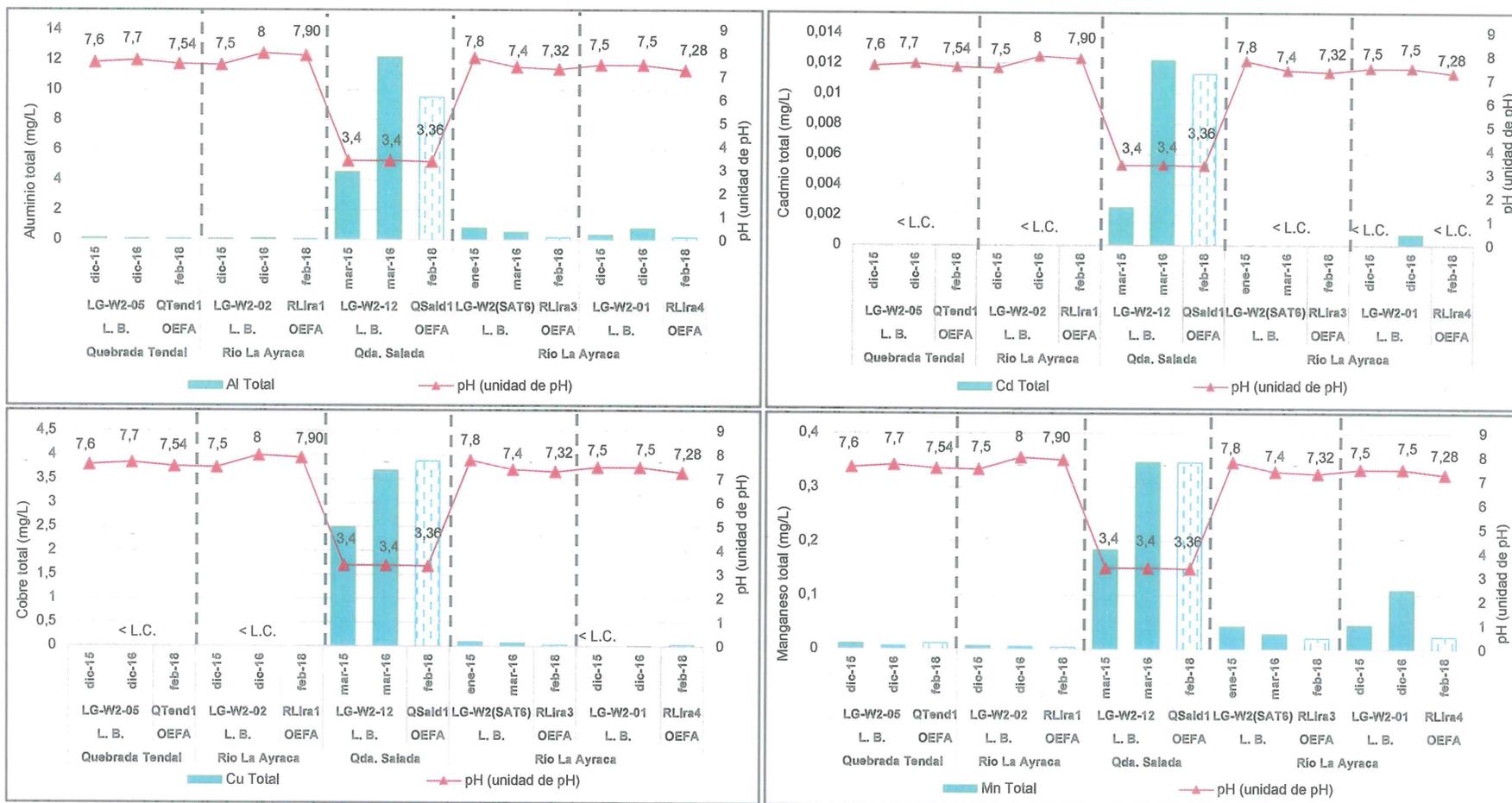


Figura 8-24. Comparación de los resultados de la concentración de a) aluminio, b) cadmio, c) cobre, y d) manganeso entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época de lluvia



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

En esta microcuenca las comunidades hidrobiológicas presentan mayor riqueza, abundancia y diversidad en la quebrada Tendal (HID-QTend1), río La Granja (HID-RGra1) y en el río La Ayraca (HID-RLIra1), el cual está formado por la confluencia de las dos primeros cuerpos de agua antes mencionados, las mismas que disminuyen sus valores hacia el río La Ayraca (HID-RLIra4), en la parte baja de la microcuenca, antes de su confluencia con el río La Lima para formar el río Paltic.

La calidad biológica de los cuerpos de agua fue estimada a través del índice ABI, la microcuenca La Ayraca presentó un rango de calidad de buena a moderada en los cuerpos evaluados (ver Figura 8-25), excepto la quebrada Salada (HID-QSald1) que presentó calidad mala. Siendo buena en la parte alta y moderada en la parte baja, provocada por actividades propias de la exploración desarrolladas en esta zona y la presencia del pasivo minero (bocamina BC-01). La quebrada Tendal y el río La Granja presentan calidad buena, en donde destacan la especie *Thraulodes* sp., efemeróptero calificado como indicador de aguas limpias.



Handwritten notes: an arrow pointing up, followed by 'K', 'W', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'LRC'.

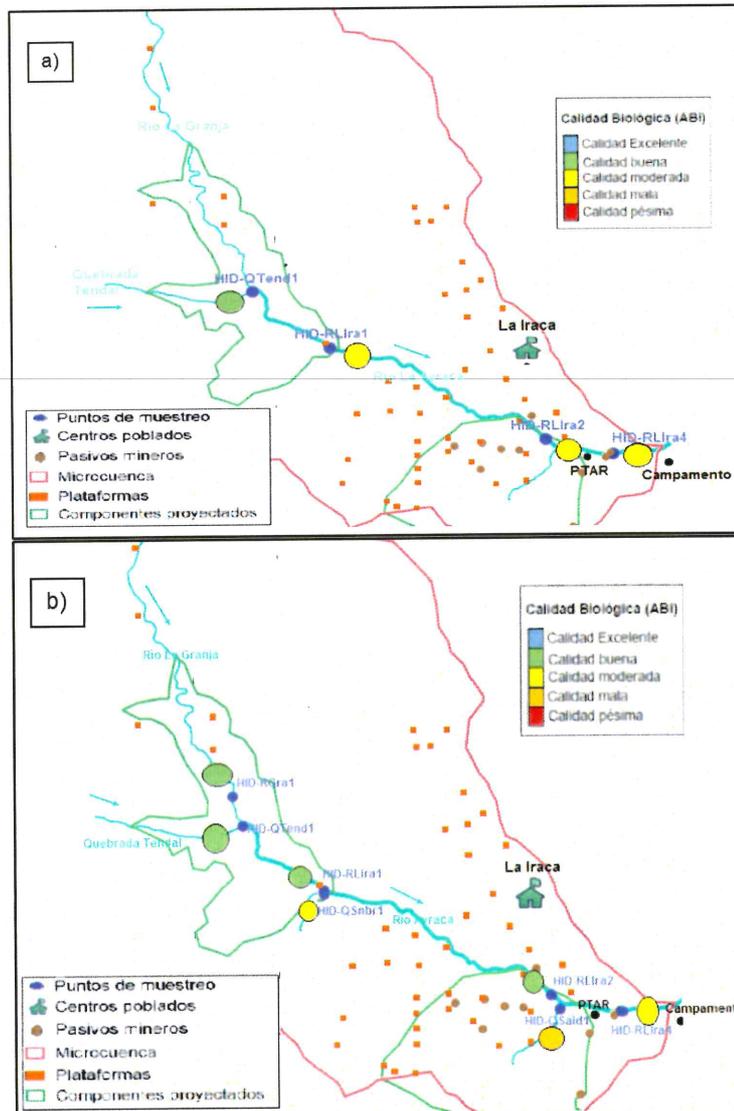


Figura 8-25. Calidad biológica en la microcuenca La Ayraca mediante el ABI a) época seca y b) época de lluvia



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

En la zona evaluada, en época seca la especie de microalga (perifiton) más representativa fue *Hannaea arcus* perteneciente al Phylum Bacilariophyta, indicadora de agua de calidad buena (Penalta y López, 2007), la cual según el análisis de correspondencia canónica se relaciona con concentraciones de sulfatos y sólidos disueltos totales. Mientras que en la época de lluvia las especies más representativas fueron *Hannaea arcus* y *Rhoicosphenia* sp., pertenecientes al phylum Bacilariophyta, las cuales según el análisis de correspondencia canónica se les asocia a concentraciones bajas de sulfatos, sólidos disueltos totales, aluminio, bario, hierro, magnesio y manganeso.

En época de seca, la especie de macroinvertebrados más representativa fue *Cricotopus* sp., caracterizada por adaptarse a un amplio rango de variables (Fittkau, 1986). La cual según el análisis de correspondencia canónica se relaciona con bajas concentraciones de sólidos disueltos totales, sulfatos, aluminio, bario, hierro, manganeso y zinc. Mientras que en época de lluvia la especie más representativa fue *Smicridea*, sp. la cual es abundante en aguas corrientes (Domínguez y Fernández, 2009) y según el análisis de correspondencia canónica disminuye su abundancia con el incremento de las concentraciones de sólidos disueltos totales, aluminio, bario, hierro, manganeso, potasio y zinc.

En las Figura 8-26 y 8-27 se muestra la abundancia relativa de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos respectivamente, los colores sólidos representan los estudios de línea base del administrado y colores trama representan a los realizados por el OEFA, para realizar la comparación se han considerado los puntos del administrado cuyas coordenadas son más próximas a los puntos del OEFA.

De acuerdo a los resultados, en el caso de perifiton el phylum Bacillariophyta (diatomeas) fue dominante en todos los puntos de muestreo en quebradas y ríos en ambas épocas, siendo el segundo phylum dominante el de Cyanobacteria, esta condición es muy común en los ríos continentales tal como lo describe Jorgensen (2009). En el caso de los macroinvertebrados bentónicos en todos los puntos evaluados destacaron los órdenes de insectos acuáticos, destacando la orden díptera.



Handwritten notes and arrows on the left margin: an upward arrow, 'OK', 'W', 'P', a star-like symbol, a plus sign, and 'LRC'.

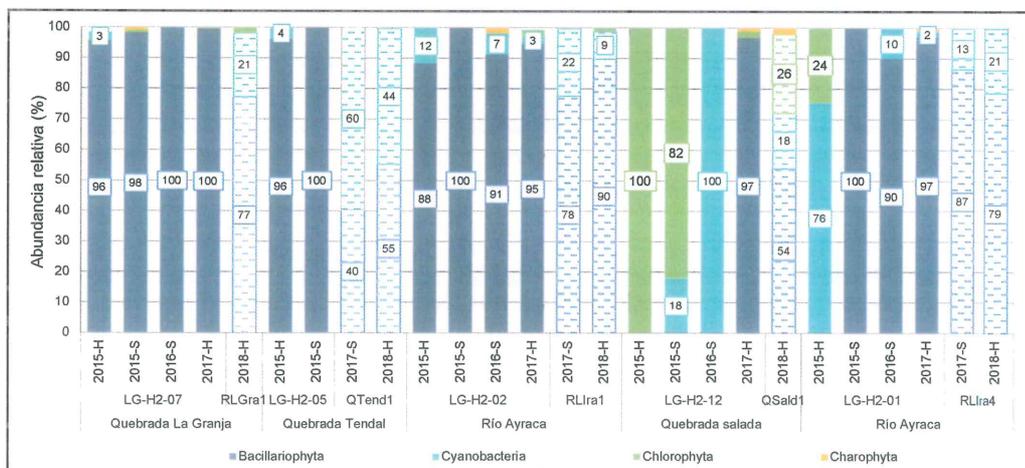


Figura 8-26. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Ayra



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

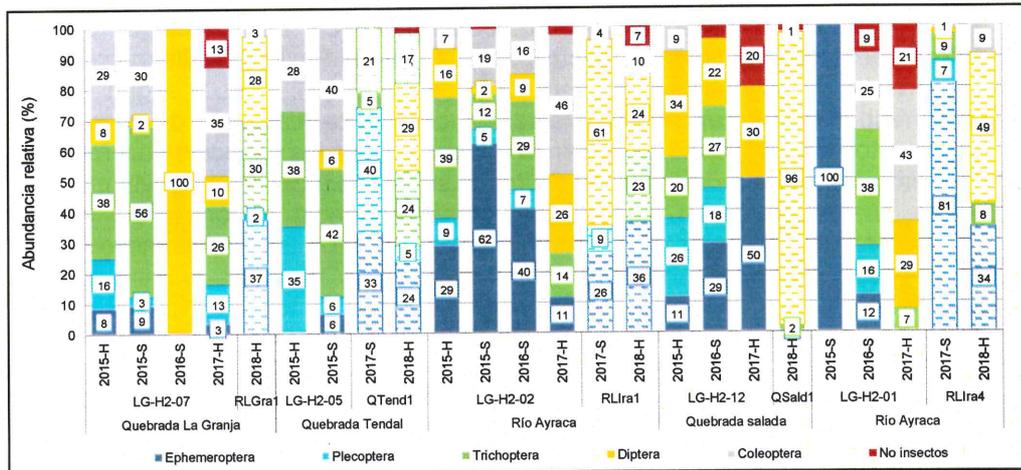


Figura 8-27. Comparación de resultados de la abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Ayraça

En la parte alta de la microcuenca (río La Granja, quebrada Tendal y el río La Ayraça) se evidenció la presencia del género *Astroblepus* (tanto para los puntos de OEFA como los de la línea base), los que corresponden a bagres nativos o endémicos de las zonas altoandinas, propios de ambientes limpios y oxigenados que se alimentan básicamente de insectos acuáticos.

El punto PPerf1 corresponde a un afloramiento cercano a una plataforma ejecutada con fines hidrogeológicos⁶⁶ y es aportante al río La Ayraça (ver Figura 8-28), está emplazada en rocas intrusivas, dacíticas, dioríticas y cuarcíferas, cercana a la zona mineralizada la que presenta características sulfatadas cálcicas, lo que se corrobora con el análisis hidroquímico realizado (Figura 8-29). Así mismo, según el diagrama de Ficklin presenta baja carga de metales y es cercano a la neutralidad.



Handwritten notes on the left margin: a blue arrow pointing up, followed by 'K', 'H', 'P', 'F', 'T', 'LPC'.



Figura 8-28. Afloramiento (PPerf1) cercano a una plataforma ejecutada, aportante al río La Ayraça

⁶⁶ Estudio hidrogeológico de la 2da modificatoria de EIA La Granja



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

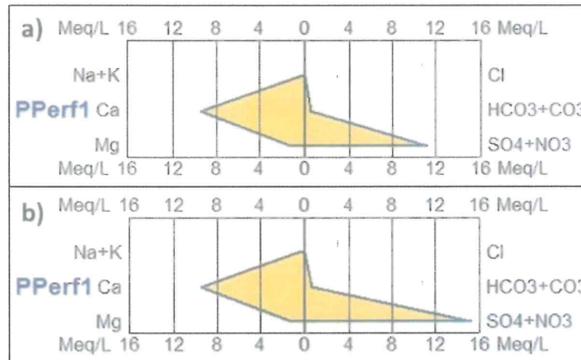


Figura 8-29. Variación de las concentraciones de iones en base al diagrama de Stiff a) época seca y b) época de lluvia

Para sedimentos se consideraron 7 puntos, de los cuales 1 punto fue evaluado en ambas épocas, mientras que los demás puntos solo fueron evaluados en una época, cuyos resultados fueron comparados referencialmente con la Guía de Calidad Ambiental para Sedimentos en Cuerpos de Agua Dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG) – Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water*)⁶⁷.

En relación a la evaluación de sedimentos, en todos los puntos evaluados se incumplieron los valores ISGQ o PEL en al menos un parámetro (arsénico, cadmio, cobre y zinc), tal como se muestra en la Figura 8-30. Se debe destacar que el arsénico incumplió el valor PEL en todos los puntos evaluados, y para la quebrada Salada (SED-QSald1) se observó que los metales: arsénico, cobre y plomo incumplieron el estándar referido en ambas épocas evaluadas.

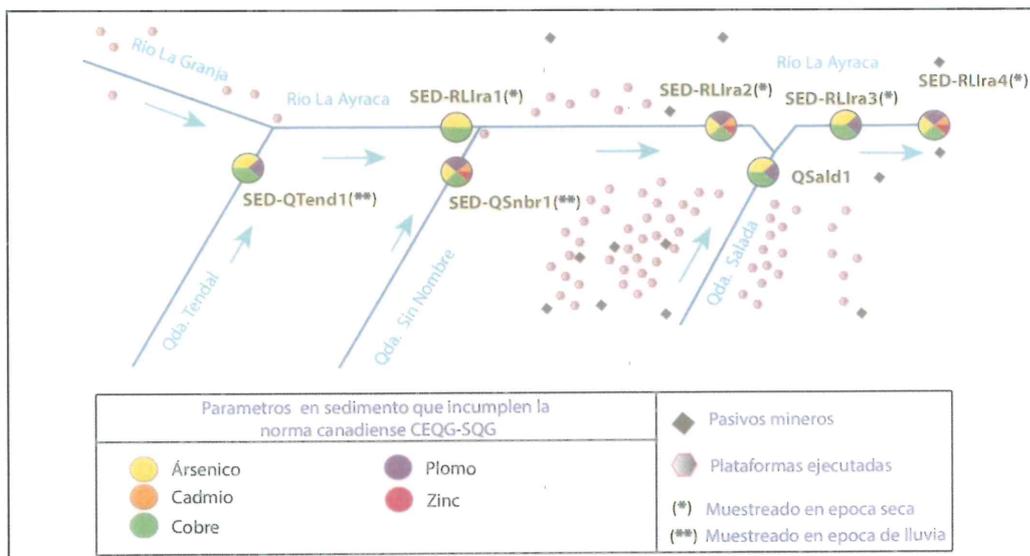


Figura 8-30. Diagrama de puntos de sedimentos que incumplen los estándares en la microcuenca La Ayraza



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

⁶⁷ Disponible en: http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/. Consultado el 19 de enero de 2017.



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

Esta microcuenca geomorfológicamente en la parte alta, está representada por altiplanicies y línea de cumbres redondeadas, mientras que en la parte baja forma parte de montañas con pendientes moderadas a altas que forman laderas escarpadas (10 % a 45 %) siendo el más representativo el cerro Paja Blanca. Posee secuencias de horizontes de suelo E, F y G, pertenecientes a los órdenes Entisols y Mollisols, donde más del 50 % pertenece a suelos de protección (Xs) y según su uso actual en la parte baja forman parte de matorrales (Ma) y Terrenos de cultivo (Bq), y en la parte alta forman parte de Bosques (Bo) y praderas naturales (Pj)⁶⁸.

En la evaluación de suelo realizada en febrero de 2018 se muestrearon 8 puntos para metales totales, cuyos resultados presentan concentraciones de arsénico (3 puntos), cadmio (3 puntos), plomo (2 puntos) que incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que para arsénico (1 punto) y plomo (1 punto) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Es importante mencionar que el bario y mercurio no superaron los estándares mencionados (ver Figura 8-31).

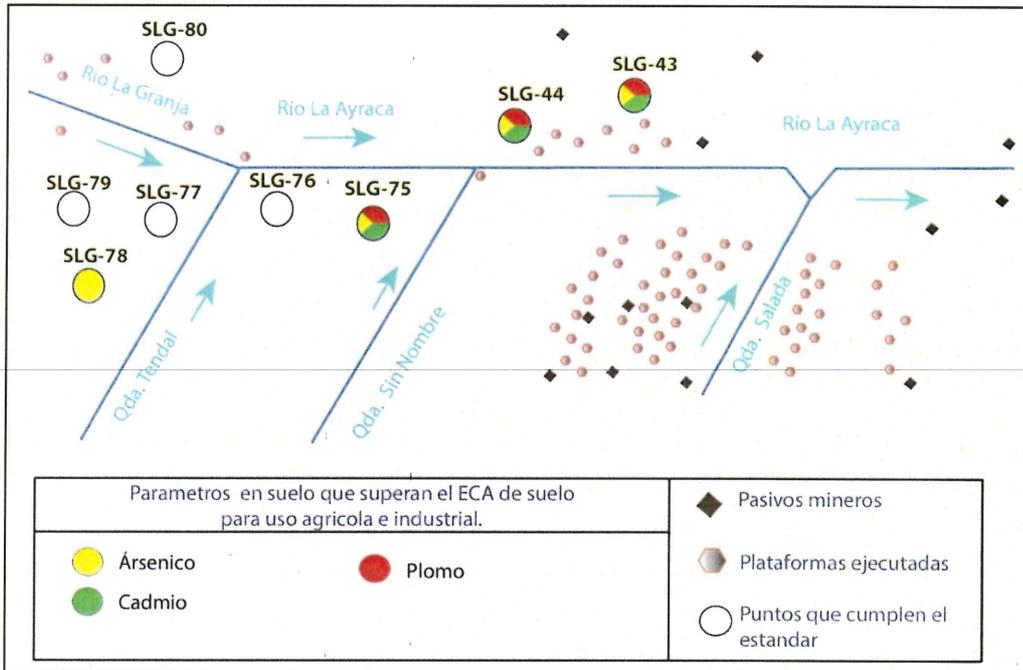


Figura 8-31. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca La Ayraca

8.3 Zona III: Microcuenca Checos

Para calidad de agua se evaluaron 4 puntos en las quebradas Checos y Sin Nombre en ambas épocas cuyos parámetros evaluados cumplieron con el ECA agua categoría 3; asimismo, se evaluó 1 punto de muestreo en manantial (FNatu5) en ambas épocas. En la zona evaluada, el manantial del caserío Checos (punto FNatu5), muestreado en época seca y de lluvia, presentó un comportamiento ligeramente ácido (pH = 6,26 y 6,22 respectivamente) y un valor de oxígeno disuelto por debajo del ECA (5,44 y 5,26 mg/L respectivamente); asimismo, registró valores de hierro que incumplen el ECA para agua en época de lluvia (ver Figura 8-32).

⁶⁸ Décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de Exploración La Granja (2017).



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

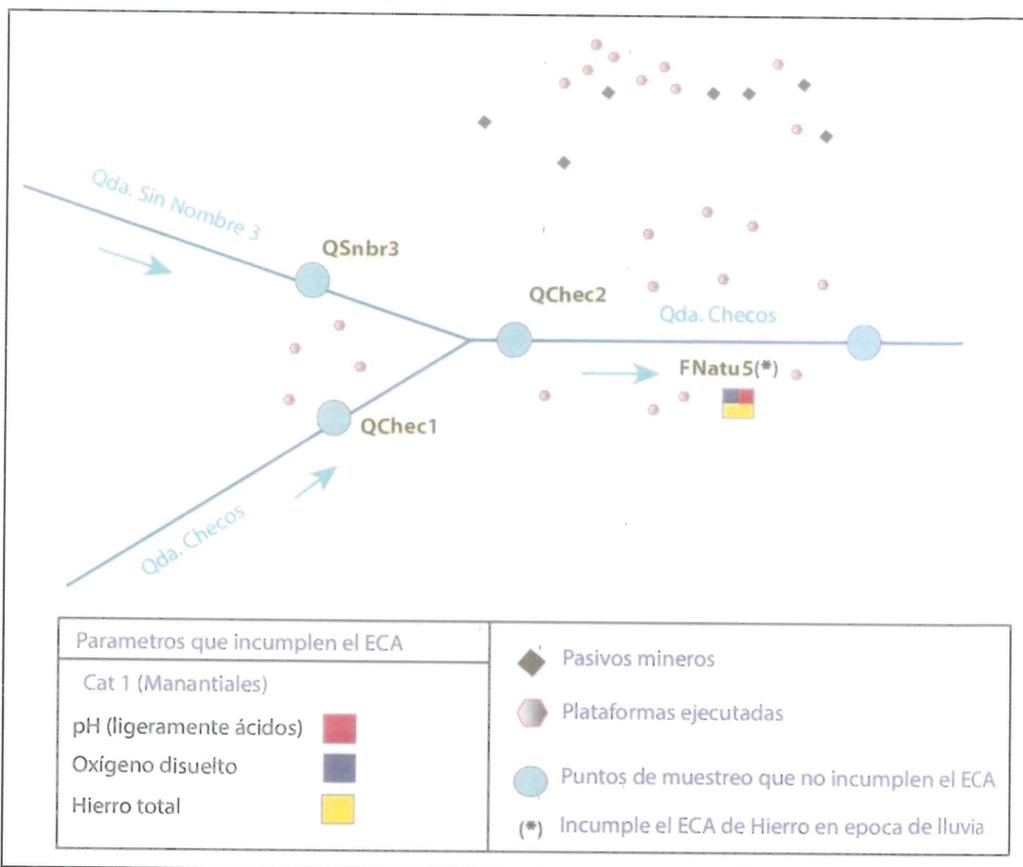


Figura 8-32. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca Checos

El manantial del caserío Checos (FNatu5) presentó valores de pH ligeramente ácidos que incumplen con el ECA para agua (con el que fue comparado referencialmente) en ambas épocas, lo que está relacionado con su cercanía a los cuerpos intrusivos ígneos (pórfido «La Granja») corroborado con el análisis hidroquímico, que clasificó las aguas como sulfatadas cálcicas en ambas épocas. Además, podría estar influenciado por la acidez (pH de 5,76 y 5,7) que presentan los suelos en la zona (SUE-CHE1 y SUE-CHE2). Por otro lado, la baja concentración de oxígeno disuelto se debería a la lenta circulación del mismo y a su origen subterráneo.

El manantial presentó un incremento de hierro en época de lluvia con respecto a la época seca (Figura 8-33), debido a que en esta zona se ubican depósitos fluviales con concentraciones altas de hierro (31815 mg/kg) formados por transporte de partículas, de materiales finos y gruesos, desde las partes altas de los cerro Chucate y Paja Blanca (Figura 8-34). Los que a través de diferentes mecanismos de transporte como la escorrentía, que sigue el flujo de la pendiente, y la infiltración, a través de la interacción agua-roca, aportarían hierro al manantial, siendo el cerro Paja Blanca la mayor fuente de aporte, al ser parte de la zona mineralizada (zona oxidada).



↑
*
H
P
f
+
LPC



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

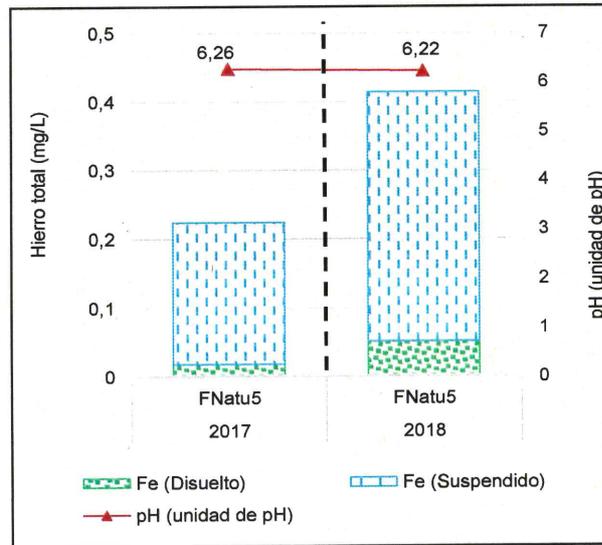


Figura 8-33. Relación de concentración de con el pH en el manantial FNat5 de microcuenca La Laja

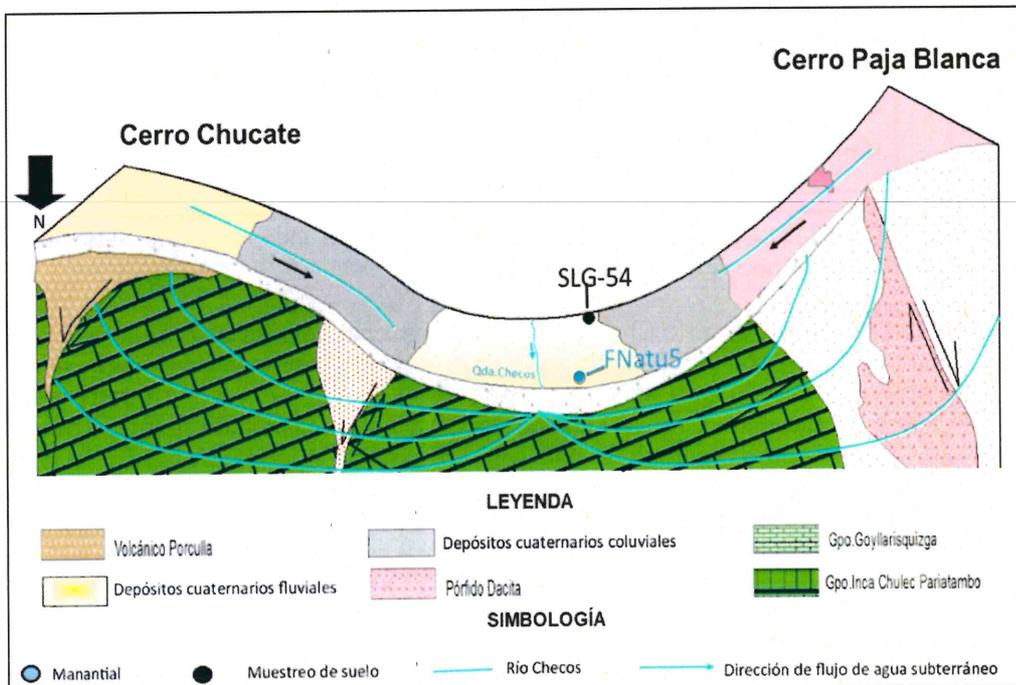


Figura 8-34. Transporte de partículas, de materiales finos y gruesos, desde los cerros Chucate y Paja Blanca

Las quebradas Sin nombre 3 (HID-QSnr3) y Checos (HID-QChec3) registraron menores valores de riqueza, abundancia y diversidad hidrobiológica en comparación con los puntos Checos 1(HID-QChec1) y Checos2 (HID-QChec2) y de acuerdo a la estimación de calidad biológica a través del índice ABI (Figura 8-35) presentó una calidad moderada en ambas épocas a excepción del punto (HID-QChec3), luego del aporte de la quebrada Sin Nombre que presentó una calidad buena en época de lluvia. Además, en todos los puntos destaca la especie de macroinvertebrado *Thraulodes* sp.



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»

Pertenece al orden Ephemeroptera, calificado como indicador de aguas limpias. Es importante mencionar que entre los puntos Checos 2 (HID-QChec2) y Checos3 (HID-QChec3) de la quebrada Checos, se ubica el caserío del mismo nombre.

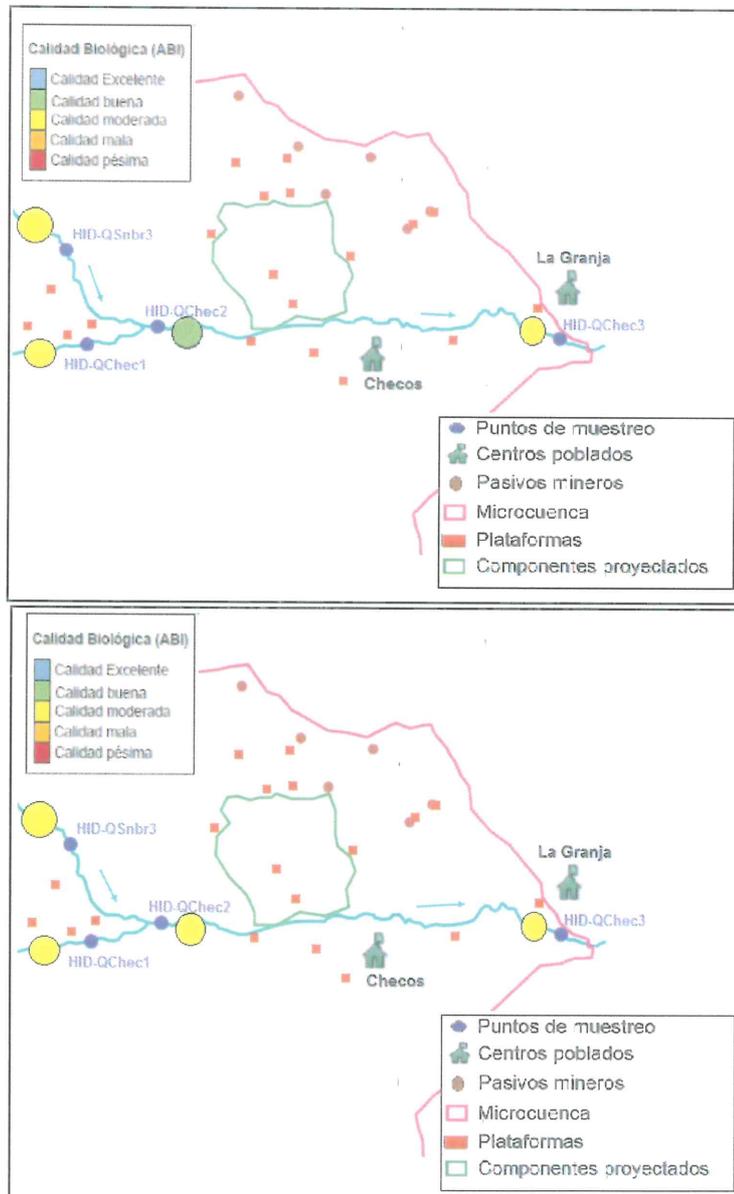


Figura 8-35. Calidad biológica en la microcuena Checos mediante el ABI a) época seca y b) época de lluvia

En la zona evaluada, en época seca la especie de microalga (perifiton) más representativa fue *Fragilaria capuccina* var. *gracilis*, perteneciente al Phylum Bacillariophyta, característicos de ambientes no perturbados (Rakowska, 2001), la cual según el análisis de correspondencia canónica se relaciona con concentraciones de cloruro, aluminio, hierro y manganeso. Mientras que en la época de lluvia la especie más representativa fue *Hannaea arcus* indicadora de agua de calidad buena (Penalta y López, 2007), pertenecientes al phylum Bacillariophyta, la cual según el análisis de correspondencia canónica se asocia al oxígeno disuelto.



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



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

La especie de macroinvertebrado bentónico más representativa en ambas épocas fue *Baetodes* sp., efemeróptero caracterizado por estar en zonas de mucha corriente con sustrato pedregoso (Domínguez y Fernández, 2009), el cual según el análisis de correspondencia canónica en época seca estaría asociado a concentraciones de cloruros, aluminio, hierro y manganeso, mientras que en época de lluvia se asociaría con la conductividad.

En las Figura 8-36 y 8-37 se muestra la abundancia relativa de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos respectivamente, los colores sólidos representan los estudios de línea base y colores trama representan a los realizados por el OEFA, para realizar la comparación se han considerado los puntos del administrado cuyas coordenadas se acercan a los puntos del OEFA.

De acuerdo a los resultados, en el caso de perifiton el phylum Bacillariophyta (diatomeas) fue dominante en todos los puntos de muestreo en quebradas y ríos en ambas épocas, siendo el segundo phylum dominante el de Cyanobacteria, esta condición es muy común en los ríos continentales tal como lo describe Jorgensen (2009). En el caso de los macroinvertebrados bentónicos en todos los puntos evaluados destacaron los órdenes de insectos acuáticos tales como, Díptera, Trichoptera y Ephemeroptera (ver Figura 8-36 y 8-37).



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

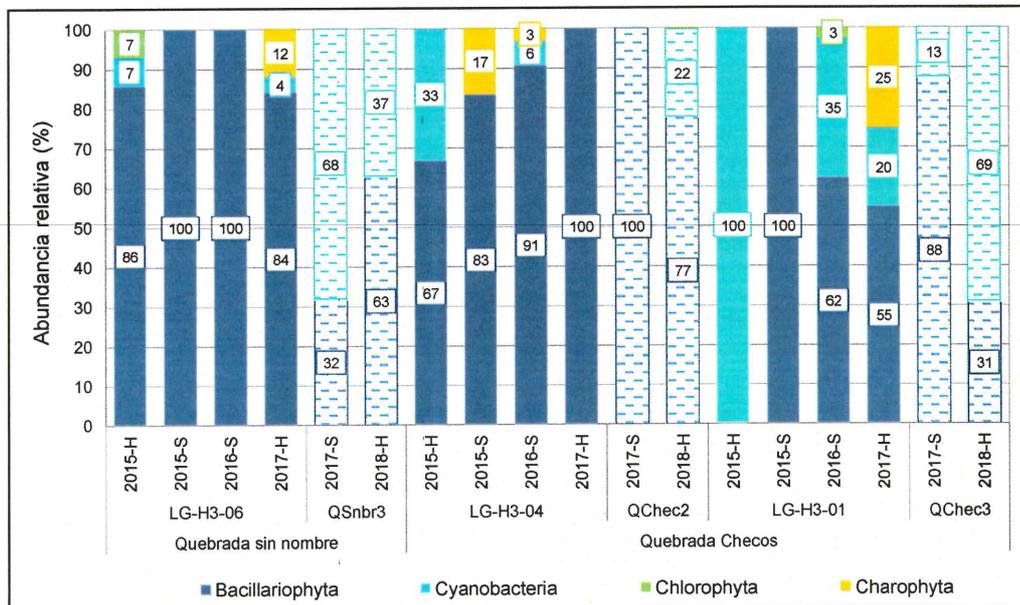


Figura 8-36. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea base y el OEFA en la microcuenca Checos



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

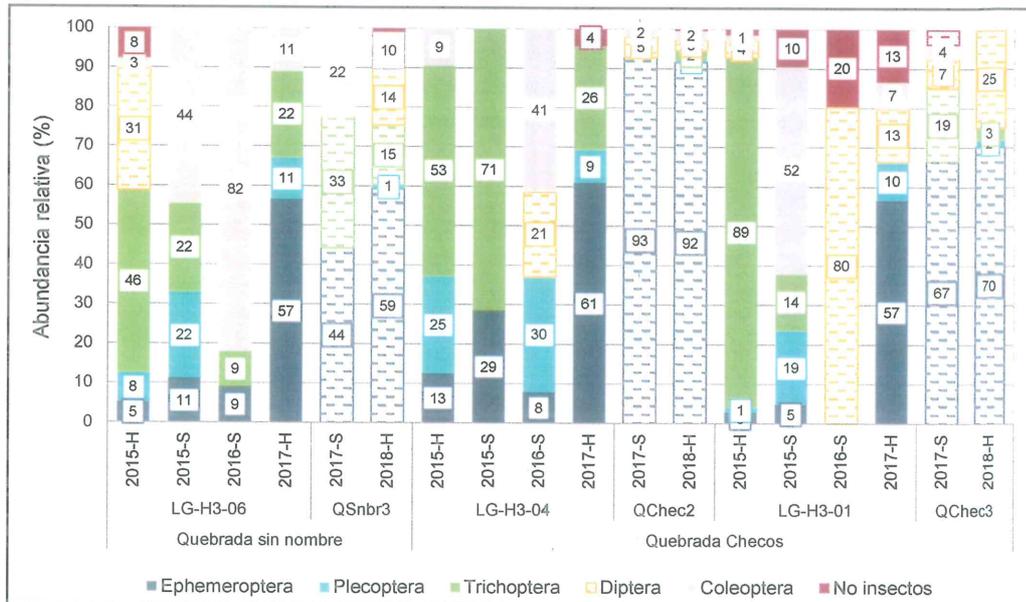


Figura 8-37. Comparación de resultados de la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca La Ayraca

Esta microcuenca geomorfológicamente en la parte alta, está representada por montañas con pendientes alta a escarpadas (10 % a 45 %); mientras que, en la parte baja por montañas de pendiente baja y depósitos de pie de monte. Posee secuencias de horizontes de suelo E, F y G, pertenecientes a los órdenes Entisols, Inceptisols y Mollisols, donde más del 50% pertenece a suelos de protección (Xs) y según su uso actual de suelos, en la parte baja forman parte de Terrenos de cultivo (Bq) y en la parte alta de Bosques (Bo) y Praderas naturales (Pj)⁶⁹.

Para la evaluación de suelos se muestrearon 15 puntos, que presentaron concentraciones de arsénico (5 puntos) y plomo (2 puntos) que incumplieron los ECA para suelo de uso agrícola; en tanto que el arsénico (2 puntos) y plomo (1 punto) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Es importante mencionar que el bario, cromo, cadmio y mercurio no superaron los estándares mencionados (ver Figura 8-38). Por otro lado, los suelos (SUE-CHE1 y SUE-CHE2) presentaron una textura franca, conductividad eléctrica que se encuentran en el rango de suelos no salinos⁷⁰, materia orgánica en un nivel medio a alto⁷¹ que implica buena aptitud para los cultivos a pesar de poseer una acidez moderada.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a vertical line, a star-like symbol, a signature, and the letters 'LPC' at the bottom.

⁶⁹ Décimo segunda modificación del EIASd del proyecto de Exploración La Granja (2017).
⁷⁰ Rango de conductividad eléctrica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 0 – 0,98 (No salino, efectos casi despreciables y pocos organismos afectados).
⁷¹ Rangos de la materia orgánica en base al sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA): 2% a 4% (Medio contenido de materia orgánica), > 4% (Alto contenido de materia orgánica).



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

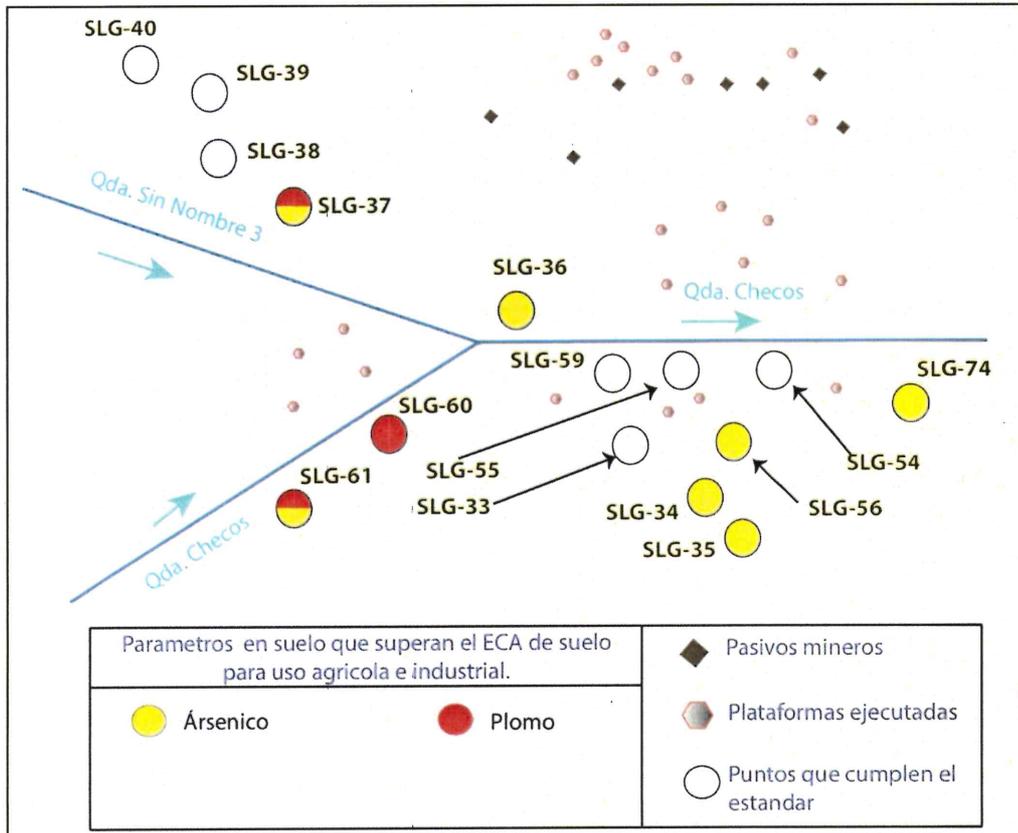


Figura 8-38. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca Checos

8.4 Zona IV: Microcuenca Honda

Para calidad de agua se consideraron 2 puntos en la quebrada Honda (QHond1 y QHond2) evaluados en ambas épocas y 6 puntos en manantiales, 5 evaluados en ambas épocas (FLPal1, FPara1, FSIsa1, FNaman1y FEver1) y 1 en época de lluvia (FNatu7).

La quebrada Honda (QHond2) registró valores de aluminio, hierro y manganeso que incumplen el ECA para agua (categoría 3) en época de lluvia (ver Figura 8-39), mientras que en época de seca todos los parámetros evaluados cumplen con el estándar mencionado. Por otro lado, los manantiales FLPal1 (caserío La Palma), FSIsa1 (caserío Santa Isabel) y el FNatu7 (comparados referencialmente con el ECA para agua, categoría 1) presentaron un comportamiento ligeramente ácido con valores de pH que incumplen el estándar en al menos una época; mientras que el manantial FPara1 (centro poblado Paraguay) incumplió en ambas épocas.



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, and the letters 'q', 'H', 'P', 'f', 'LPC' arranged vertically.



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

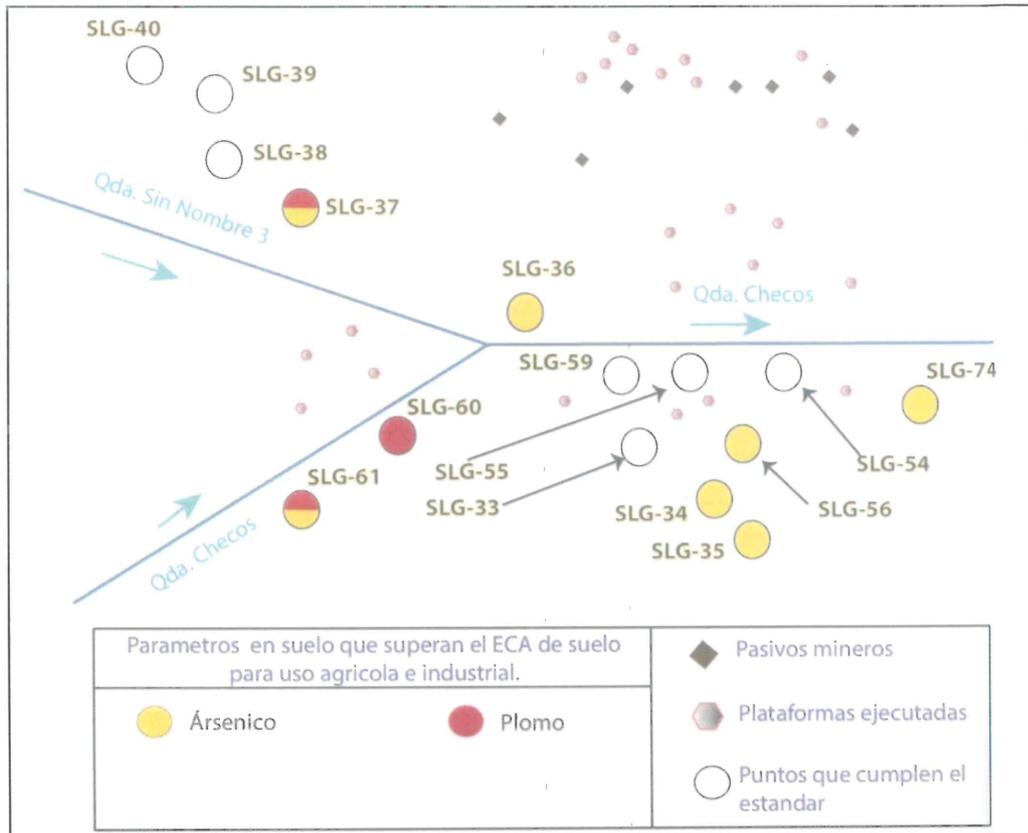


Figura 8-38. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca Checos

8.4 Zona IV: Microcuenca Honda

Para calidad de agua se consideraron 2 puntos en la quebrada Honda (QHond1 y QHond2) evaluados en ambas épocas y 6 puntos en manantiales, 5 evaluados en ambas épocas (FLPal1, FPara1, FSIsa1, FNaman1 y FEver1) y 1 en época de lluvia (FNatu7).

La quebrada Honda (QHond2) registró valores de aluminio, hierro y manganeso que incumplen el ECA para agua (categoría 3) en época de lluvia (ver Figura 8-39), mientras que en época de seca todos los parámetros evaluados cumplen con el estándar mencionado. Por otro lado, los manantiales FLPal1 (caserío La Palma), FSIsa1 (caserío Santa Isabel) y el FNatu7 (comparados referencialmente con el ECA para agua, categoría 1) presentaron un comportamiento ligeramente ácido con valores de pH que incumplen el estándar en al menos una época; mientras que el manantial FPara1 (centro poblado Paraguay) incumplió en ambas épocas.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large arrow pointing up, several initials, and a signature.



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

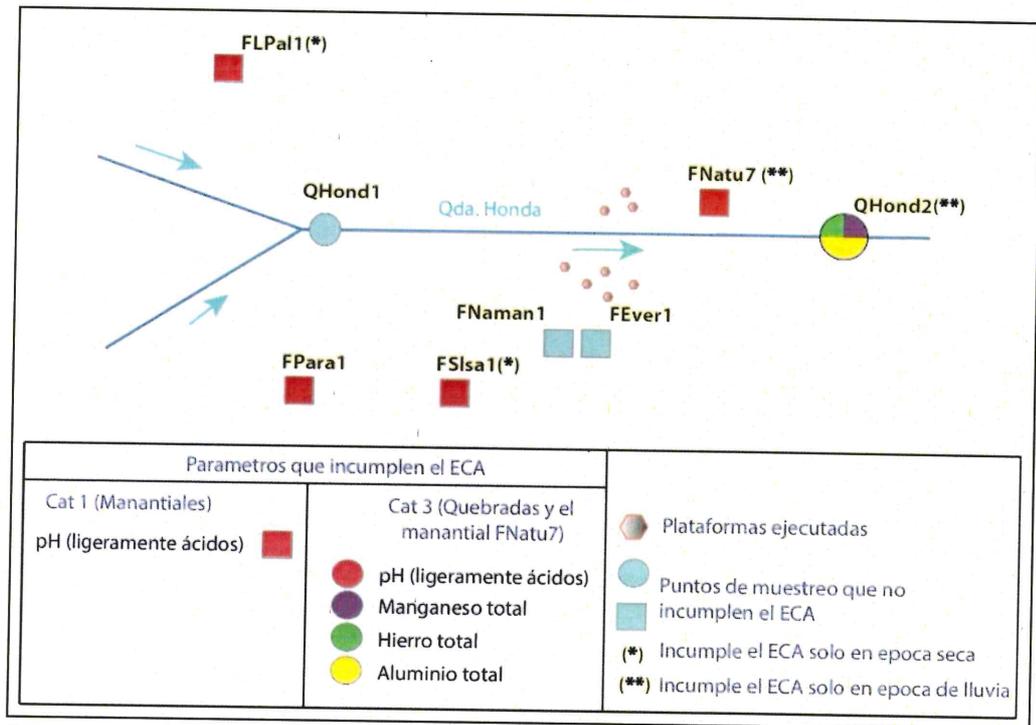


Figura 8-39. Diagrama de puntos de muestreo que incumplen los estándares en la microcuenca Honda

Los manantiales evaluados según el diagrama de Ficklin presentaron bajas concentraciones de metales y pH cercano a la neutralidad. Asimismo, de acuerdo al análisis hidroquímico presentan facies bicarbonatadas cálcicas, a excepción del punto FNatu7 (evaluado en la época de lluvia) que está cercano a la intrusión de roca diorítica (asociada a fluidos hidrotermales ácidos e intermedios según Acosta [2009]) y que presentó una facie sulfatada cálcica.

La quebrada Honda en el punto QHond2 registró concentraciones de aluminio, hierro y manganeso (época de lluvia) que incumplieron el ECA para agua (categoría 3), mientras que, los parámetros evaluados en el punto QHond1 (ubicado aguas arriba) cumplieron con el estándar de comparación. Los mismos metales se encontraron en suelo, tal como se observa en la Figura 8-40.

De la comparación de los resultados de la línea base (reportados entre los años 2015 al 2017) con los resultados obtenidos por OEFA (Figura 8-41 y 8-42), se observa que en época seca los resultados de los parámetros evaluados fueron similares, mientras, que en época de lluvia se observa un incremento de la concentración de aluminio, hierro y manganeso, asociados a los sólidos suspendidos totales. Según el análisis del comportamiento de metales disueltos y suspendidos, los metales que superaron el ECA presentaron porcentajes predominantes (> 90 %) en su forma suspendida, que se relaciona con las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales (523 mg/L).



↑
d
W
P
f
+



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

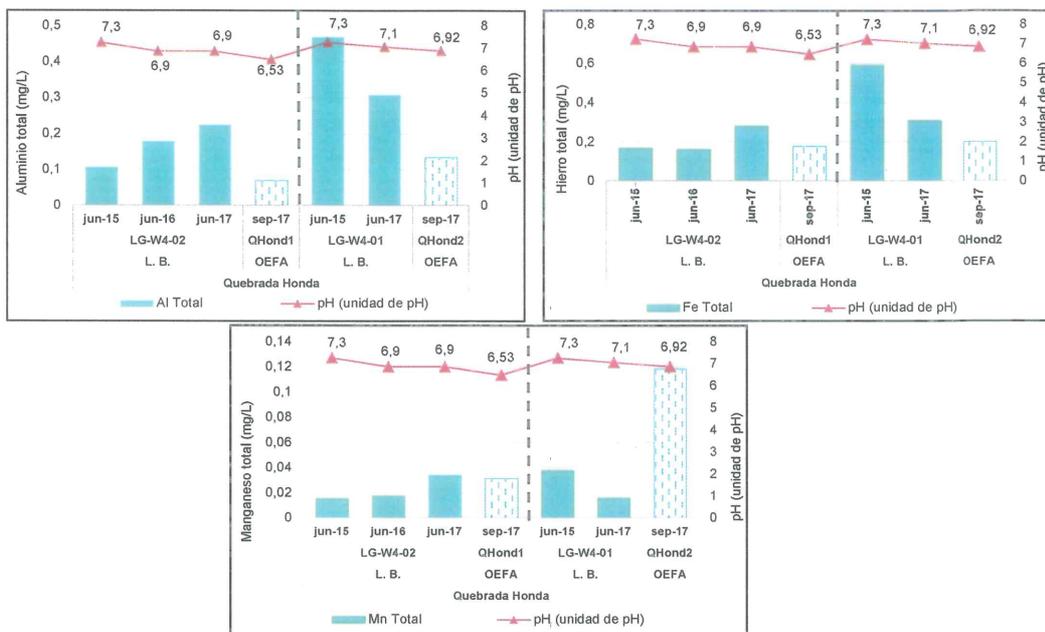


Figura 8-41. Comparación de los resultados de la concentración de a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganese entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época seca.

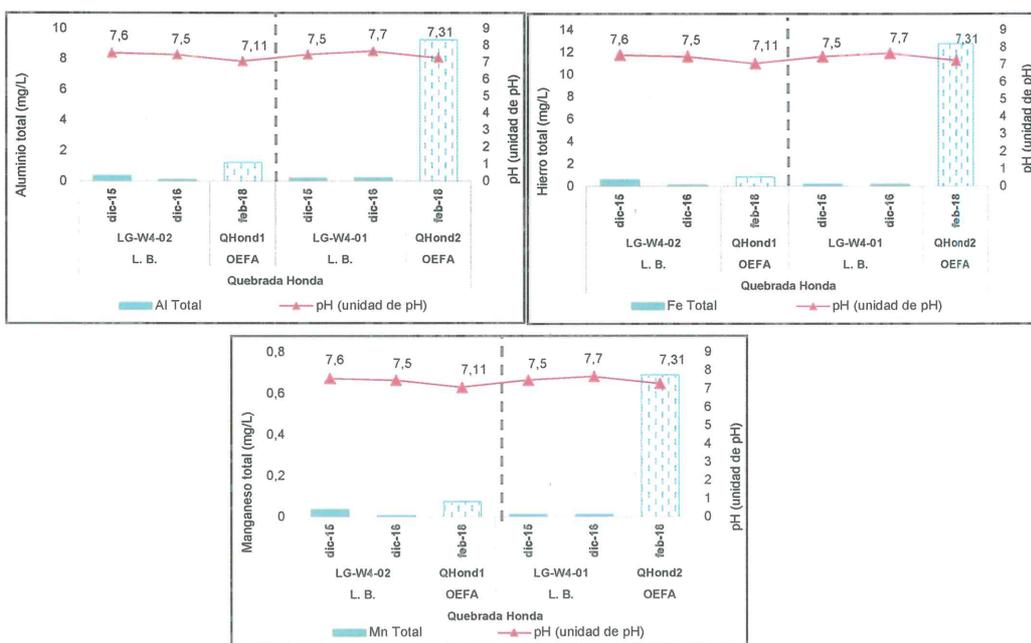


Figura 8-42. Comparación de los resultados de la concentración de a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganese entre la línea base y el OEFA durante los años 2015-2017 en época de lluvia.

En esta microcuenca, la especie de macroinvertebrado más representativa fue *Baetodes* sp., presente en mayor riqueza y abundancia en ambas épocas evaluadas, perteneciente al orden Ephemeroptera, colectado en hábitats con caudales de moderados a rápidos (Baptista et al., 2006; Domínguez et al., 2009) y con altas concentraciones de oxígeno disuelto (Baptista et al., 2000).



Handwritten notes and signature: P, A, T, LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Además la calidad biológica de la quebrada Honda, estimada a través del índice ABI, fue mala en ambas épocas (ver Figura 8-43) con baja riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas; provocada por las características geomorfológicas (ladera de montañas con pendientes de moderada a alta [30 – 45 %]) y por el tipo de sustrato del cauce (grava y arena), ver Figura 8-44.

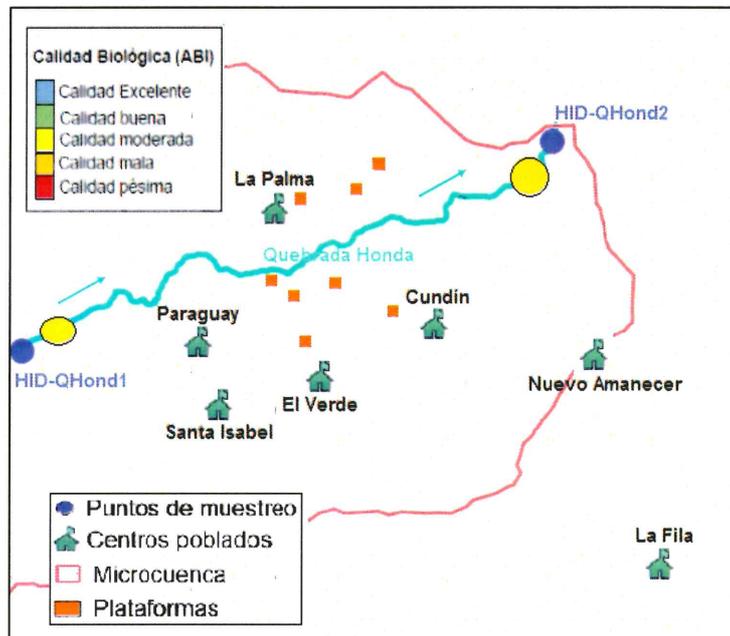


Figura 8-43. Calidad biológica en la microcuenca Honda mediante el ABI en ambas épocas

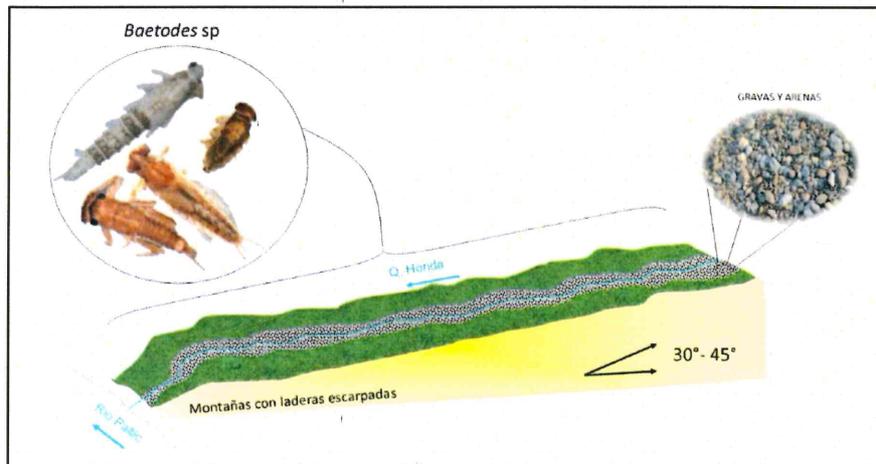


Figura 8-44. Representación gráfica de la calidad de agua en la quebrada Honda

En la Figura 8-45 se muestra la abundancia relativa de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos respectivamente, los colores sólidos representan los estudios de línea base y colores trama representan a los realizados por el OEFA, para realizar la comparación se han considerado los puntos del administrado cuyas coordenadas se ubican próximas a los puntos del OEFA.



Handwritten notes in blue ink: a vertical arrow pointing up, followed by the letters 'P', 'P', and 'LPC'.



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

De acuerdo a los resultados, en el caso de perifiton, el phylum Bacillariophyta (diatomeas) fue dominante en todos los puntos en la quebrada Honda, mientras que en el caso de los macroinvertebrados bentónicos el orden Ephemeroptera fue el más representativo.

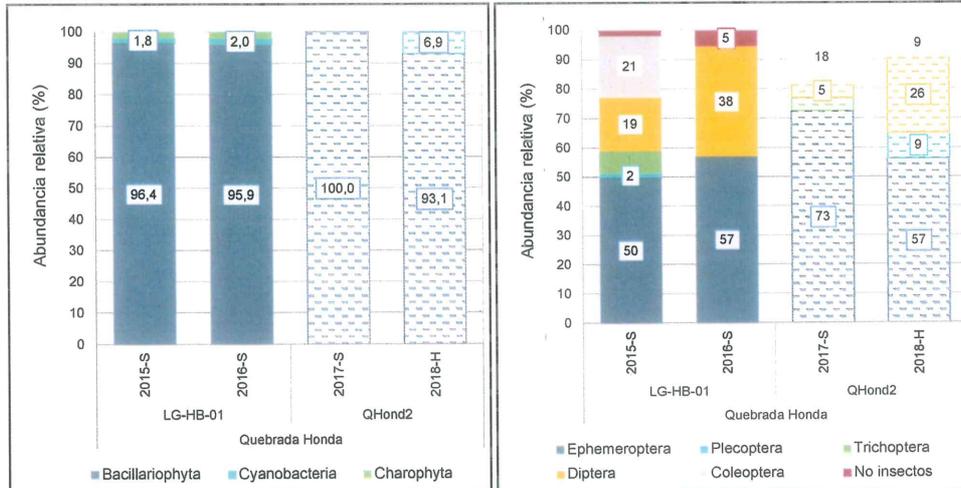


Figura 8-45. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) y macroinvertebrados bentónicos entre la línea base y el OEFA en la microcuenca Honda

Las características de los suelos en la microcuenca Honda en la parte alta, está formada por montañas con pendientes escarpadas (>45 %), mientras que en la parte baja por montañas de pendiente moderada a baja, así como depósitos de pie de monte. Dichos suelos presentan horizontes E, F y G pertenecientes a los órdenes Entisols, Inceptisols y Mollisols. Según su capacidad de uso mayor más del 50 % pertenece a Suelos de protección (Xs) y según su uso actual la parte baja está representada por Terrenos de cultivo (Cp-Ce) y la parte alta por Bosques (Bo) y Praderas naturales (Pj)⁷².

La concentración de arsénico en 2 de 5 puntos evaluados superó el ECA para suelo de uso agrícola e industrial; mientras que el bario, cromo, cadmio, mercurio y plomo cumplieron con el estándar mencionado (Figura 8-45). Por otro lado, los puntos SUE-PAR1, SUE-VER1, SUE-CUN1, SUE-VER2, SUE-SIS1 y SUE-LPAL1 presentaron una textura franco arcilloso, en tanto que el punto SUE-PAR2 y SUE-NAM1 presentó una clase textural franca. Estos suelos poseen pH con carácter ligeramente ácidos (5,2 a 5,8), buena capacidad de intercambio catiónico y un nivel medio a alto de materia orgánica lo que implicaría una buena aptitud para los cultivos.



Handwritten blue ink marks and symbols, including an arrow pointing up, a cross, a plus sign, and the letters 'LR'.

72 Décimo segunda modificación del EIAsd del proyecto de Exploración La Granja (2017).



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

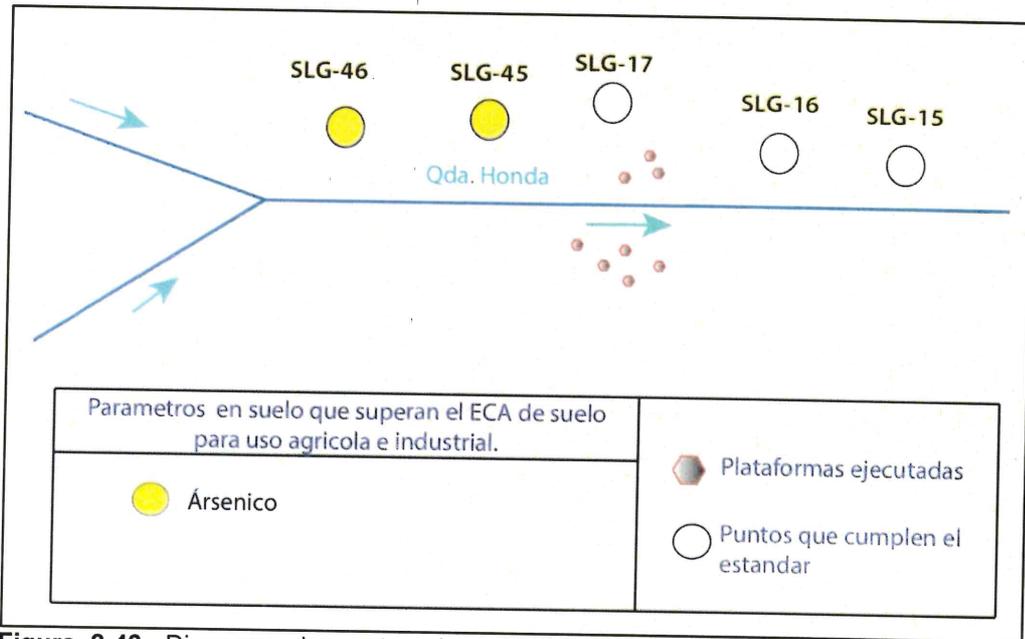


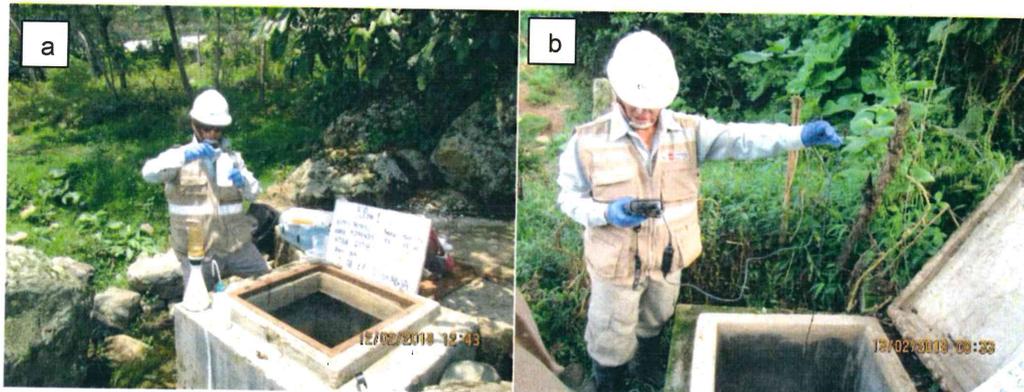
Figura 8-46. Diagrama de puntos de suelos que incumplen los estándares en la microcuenca Honda

8.5 Zona V: Subcuenca Paltic

Para calidad de agua se consideraron 11 puntos de muestreo en ríos y quebradas, que fueron evaluados en ambas épocas. En cuanto a manantiales se evaluaron 4 puntos en ambas épocas (FLUñi1, FLPam1, FNatu4 y FLFi1) y 1 (FNatu8) solo en época de lluvia. Además, para el análisis de esta subcuenca se consideró a los aportantes tales como la quebrada Honda (QHond2), río La Lima (RLLim2), quebrada Checos (QChec3) y río La Ayraca (RLIra4).

Los manantiales evaluados en los puntos FLPam1 (caserío La Pampa), FLFi1 (caserío La Fila) en ambas épocas y FNatu4 (caserío El Sauce) en época de lluvia, presentaron un valor de oxígeno disuelto por debajo del ECA Cat1A1; mientras que los demás parámetros evaluados cumplieron con el estándar mencionado.

En relación a la baja concentración de oxígeno disuelto en los puntos FLPam1 y FLFi1 en ambas épocas, y en FNatu4 en época de lluvia, esta se debería a su origen subterráneo (manantial). Tal como se observa en la Figura 8-47, los manantiales son captados para consumo humano.



↑
x
ht
P
A
+
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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



Figura 8-47. a) Manantial del caserío La Pampa (FLPam1), b) Manantial del caserío La Fila (FLFil1) y c) Manantial del caserío El Sauce (FNatu4).

Los parámetros evaluados en el río Paltic (RPalt1, RPalt2, RPalt3, RPalt4, RPalt5 y RPalt6) que se forma de la unión del río La Lima (RLLim2) con el río La Ayraca (RLira4) cumplieron con los valores establecidos en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2; a excepción de los puntos RPalt2 y RPalt3 que presentaron pH ligeramente ácido en época seca y el punto RPalt6 registraron concentraciones de aluminio, hierro y manganeso en época seca que incumplieron con dicho estándar.

La quebrada Honda (QHond2) presentó valores de pH ligeramente ácido y el río La Ayraca (RLira4) presentaron concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que incumplieron el referido estándar en época de lluvia, ambos son aportantes al río Paltic (Figura 8-48).

El punto ubicado en el río Paltic (RPalt1) recibe el aporte de los ríos La Ayraca (RLira4) y La Lima (RLLim2), este último presentó un valor pH con carácter ligeramente ácido en época seca (ver Figura 8-48) y una calidad biológica mala en ambas épocas (según el índice ABI); sin embargo, no se observó una alteración sobre la calidad del agua en el punto RPalt1, ya que cumplió con los ECA para agua vigentes en ambas épocas y permitió el buen desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, a pesar de presentar concentraciones de arsénico, cobre, plomo y zinc en sedimentos que superaron la norma de referencia CEQG (Figura 8-49). Esto se debería al aporte del río La Ayraca, que presentó una calidad biológica buena para ambas épocas así como una alta abundancia y diversidad de especies, lo que favoreció a que el río Paltic presente condiciones adecuadas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, presentando alta diversidad y abundancia.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a vertical line, a checkmark, and the letters 'LPC' at the bottom.



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

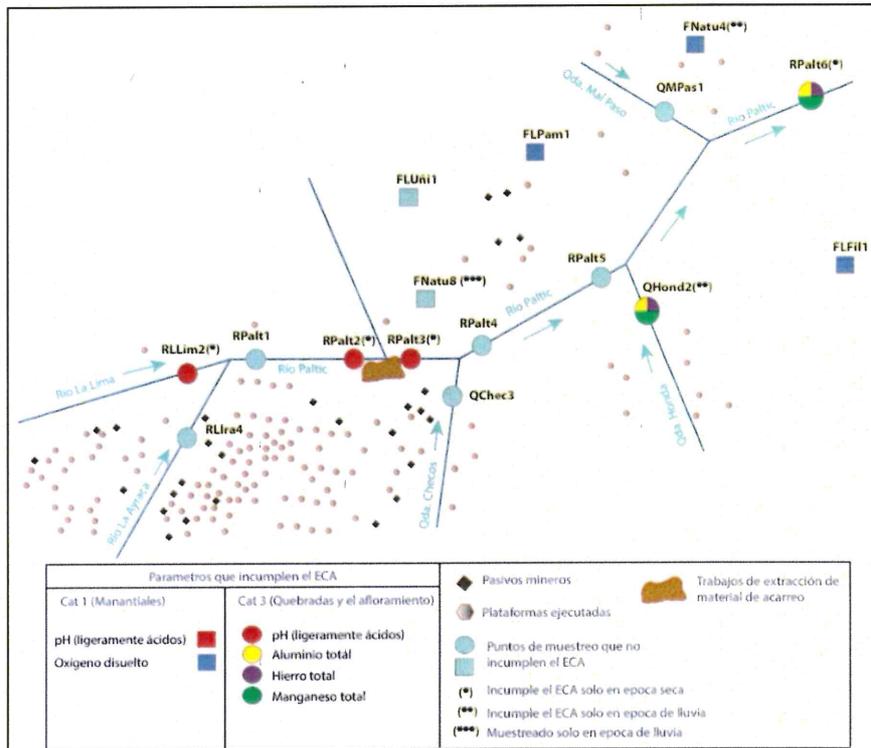


Figura 8-48. Diagrama de puntos de muestreo para agua que incumplen los estándares en la subcuenca Paltic

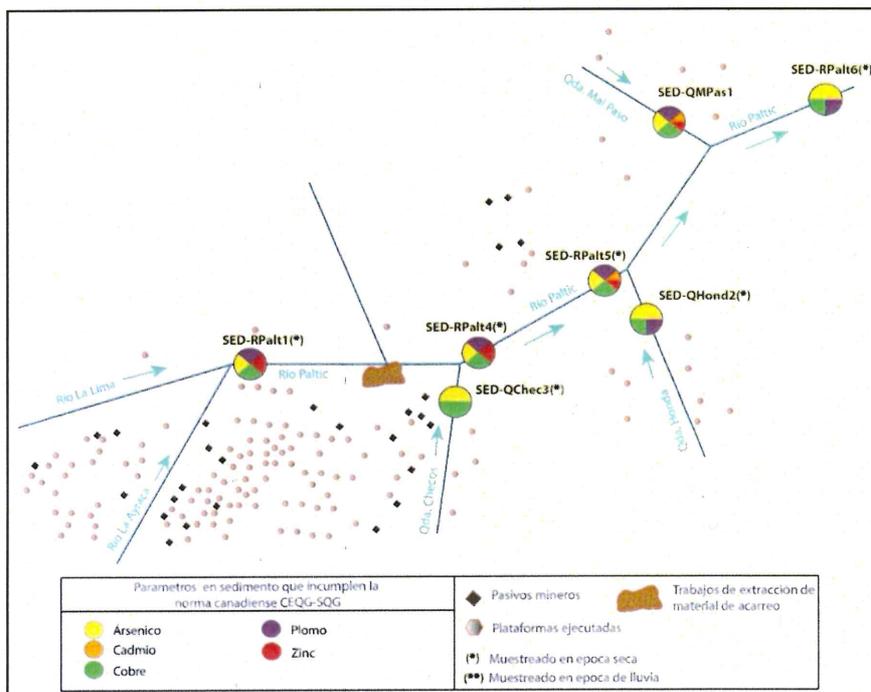


Figura 8-49. Diagrama de puntos de muestreo para sedimentos que incumplen los estándares en la subcuenca Paltic



↑
4
H
P
+
IPC



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

El pH ligeramente ácido en los puntos RPalt2 y RPalt3 del río Paltic incumplió el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 solo en época seca, lo que se debería a los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce, que según el análisis temporal viene ocurriendo en los últimos años (Figura 8-50), y de acuerdo al análisis hidroquímico estas aguas se clasifican como sulfatadas cálcicas. Además, se observó un incremento de sólidos suspendidos totales en época de lluvia en comparación con época seca, lo que se vio reflejado en la calidad biológica del agua (según el índice ABI), la que varió de moderada (época seca) a mala (época de lluvia). Según Auquilla *et al.* (2006) el exceso de sólidos degrada el ecosistema acuático y disminuye la población de insectos, lo que se evidenció en la reducción de la riqueza, diversidad y abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en el río Paltic (RPalt3).



Figura 8-50. Análisis multitemporal de la presencia de trabajos de extracción de acarreo de material

Otro aportante del río Paltic es la quebrada Checos (QChec3), que cumple con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, y presenta una calidad biológica moderada en ambas épocas, la que tendría influencia en el río Paltic (RPalt4 y RPalt5), haciendo que la concentración de sólidos suspendidos totales se reduzcan, recuperándose la calidad biológica del agua del río, cambiando de mala (en el punto RPalt3) a buena (en el punto RPalt4), y a pesar de la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superan la norma de referencia (CEQG), posee las condiciones adecuadas para el desarrollo de la comunidades hidrobiológicas.

La parte baja del río Paltic (RPalt6), según el análisis hidroquímico fue clasificada como sulfatada cálcica, presentó concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que incumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 solo en época seca; además, en comparación con la temporada de lluvia presentó mayor concentración de sólidos suspendidos totales, que posiblemente provienen de actividades de remoción de cauce (ver Figura 8-51). Según el análisis del comportamiento de metales disueltos y suspendidos, los metales que superaron el ECA presentaron porcentajes



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line, a checkmark, a star, and the letters 'LPC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

predominantes (> 90 %) en su forma suspendida, que se relaciona con las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales (242 mg/L). Cabe señalar, que las quebradas Honda y Mal Paso no influyen en la calidad del río Paltic (RPalt6).

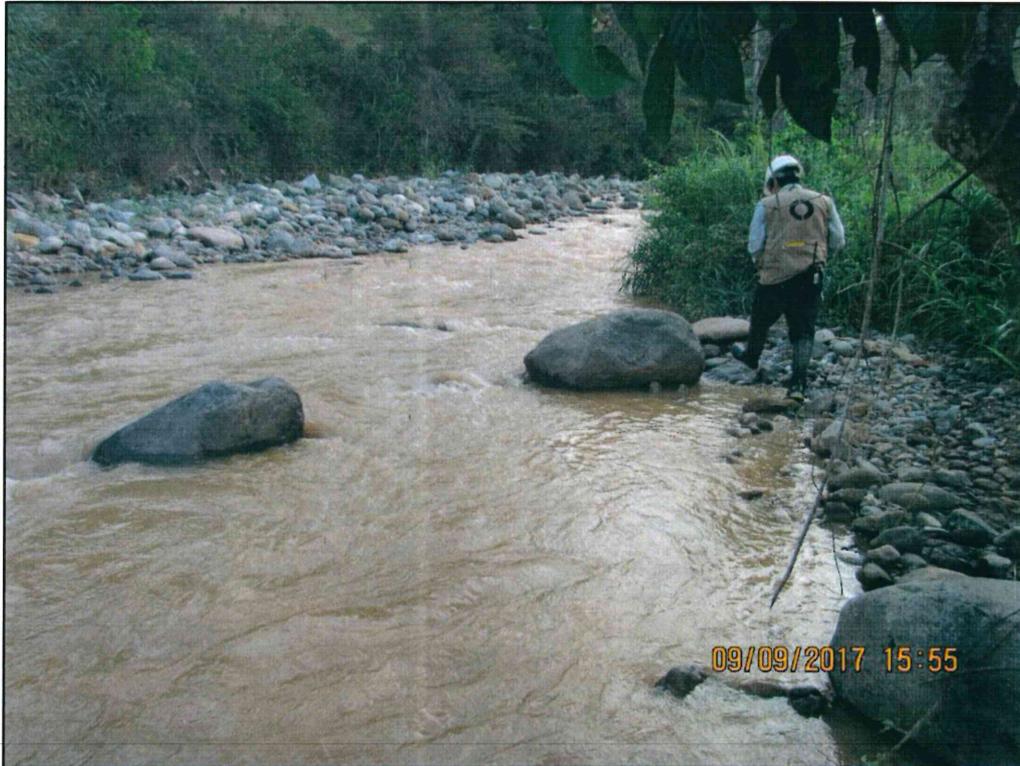


Figura 8-51. Río Paltic (RPalt6) en época seca

El análisis de calidad de agua a través del índice ABI demostró que el del río Paltic del punto RPalt5 al RPalt6, cambio su calidad biológica de moderada a buena; así como el incremento de su riqueza, diversidad y abundancia, debido principalmente al aporte de la quebrada Mal Paso (QMPas1) que presentó una buena calidad contribuyendo a su recuperación del río (Figuras 8-52 y 8-53).

↑
✕

P
✕
†
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

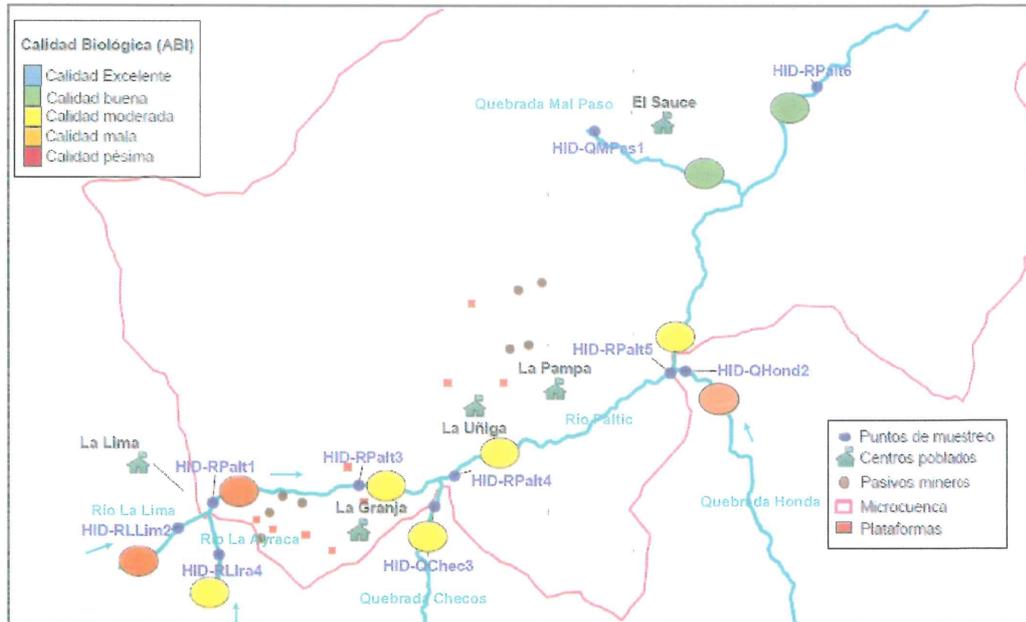


Figura 8-52. Calidad biológica en la subcuenca Paltic mediante el ABI en época seca

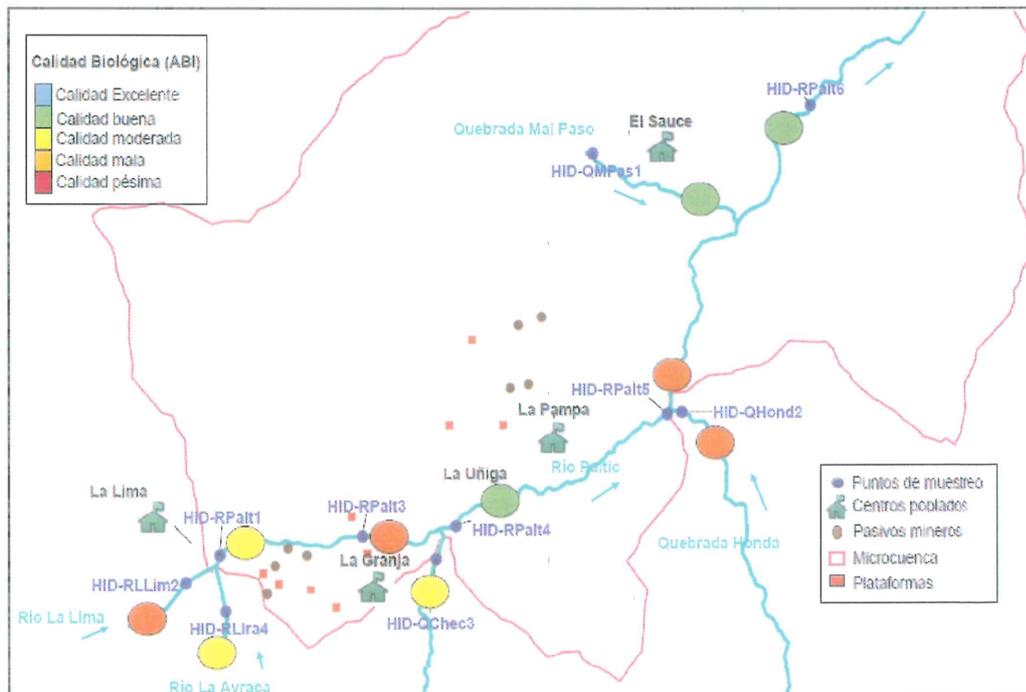


Figura 8-53. Calidad biológica en la subcuenca Paltic mediante el ABI en época de lluvia

La información presentada se complementa con los datos de línea base reportados entre los años 2015 al 2017 donde se registraron 8 puntos cercanos a los puntos evaluados por el OEFA. En las Figuras 8-54 y 8-55 se observan que los valores de pH y las concentraciones de aluminio, hierro y manganeso de la línea base son similares a los resultados registrados por el OEFA, a excepción de los puntos LG-W1-15 (época seca) y LG-W4-01 (época de lluvia).



Handwritten blue annotations on the left margin, including a vertical arrow pointing up, a checkmark, a signature-like mark, the letter 'P', a star-like mark, a cross-like mark, and the letters 'HC'.



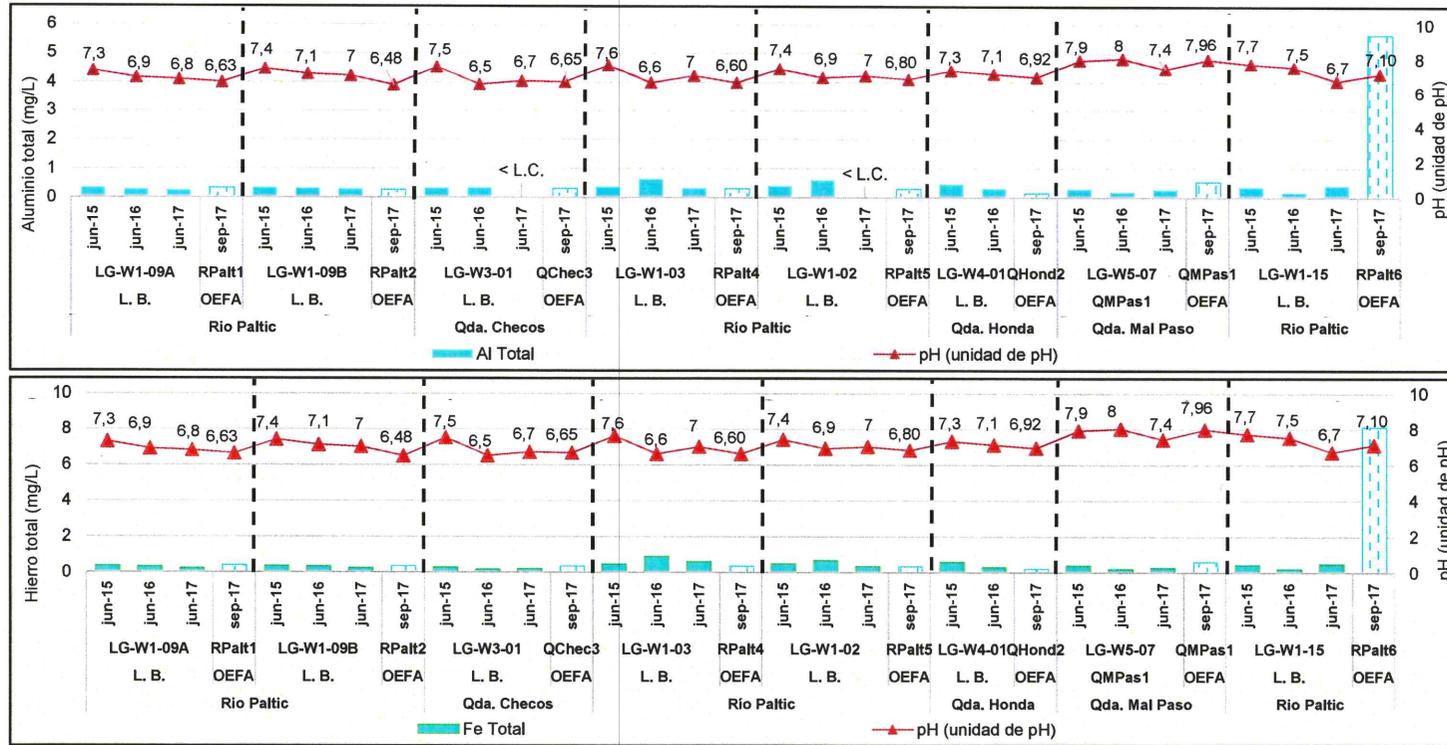
PERÚ

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 blue notes and signatures on the left margin, including a checkmark and the letters 'L.P.' and 'L.R.'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

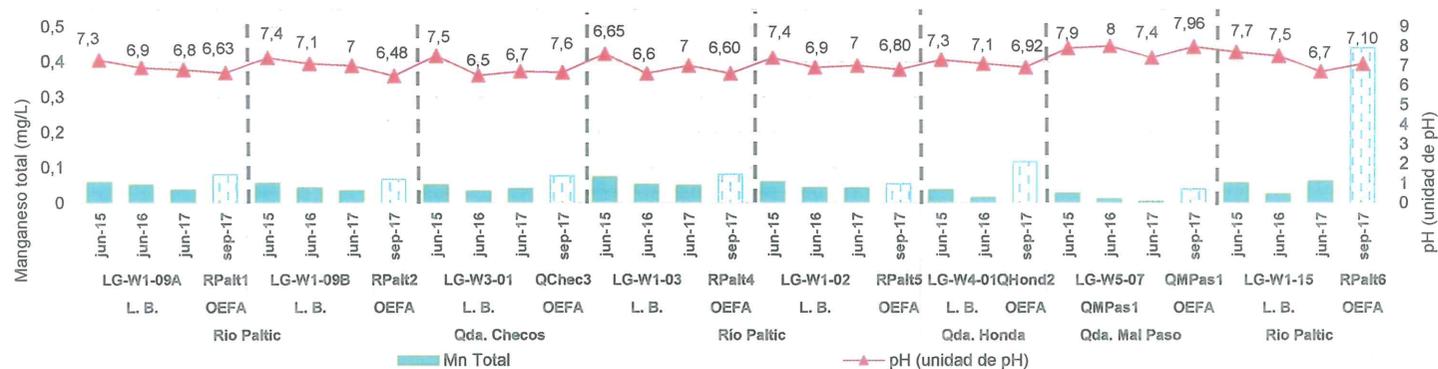
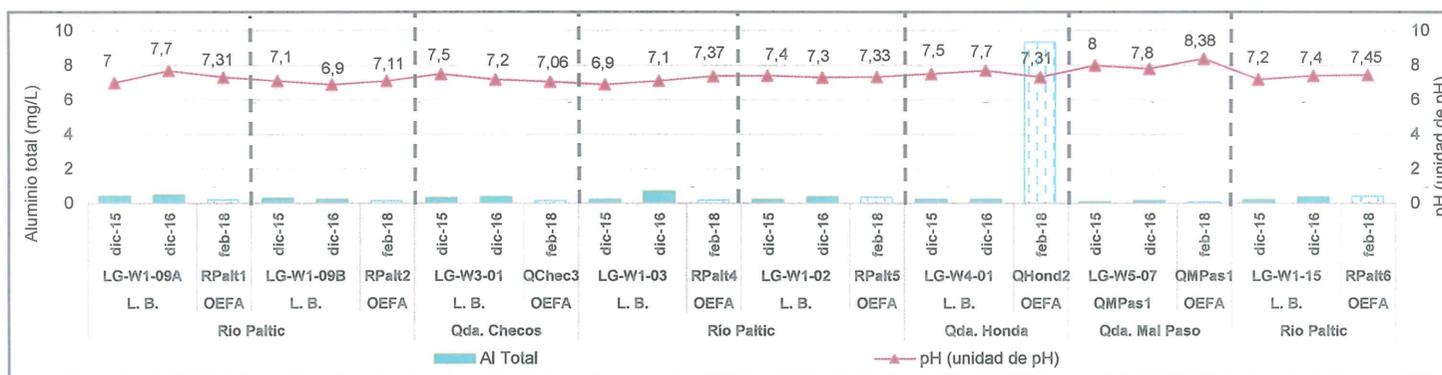


Figura 8-54. Comparación de los resultados entre la línea base y el OEFA en época seca a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganese.



Handwritten blue marks and signatures on the left margin.

LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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



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

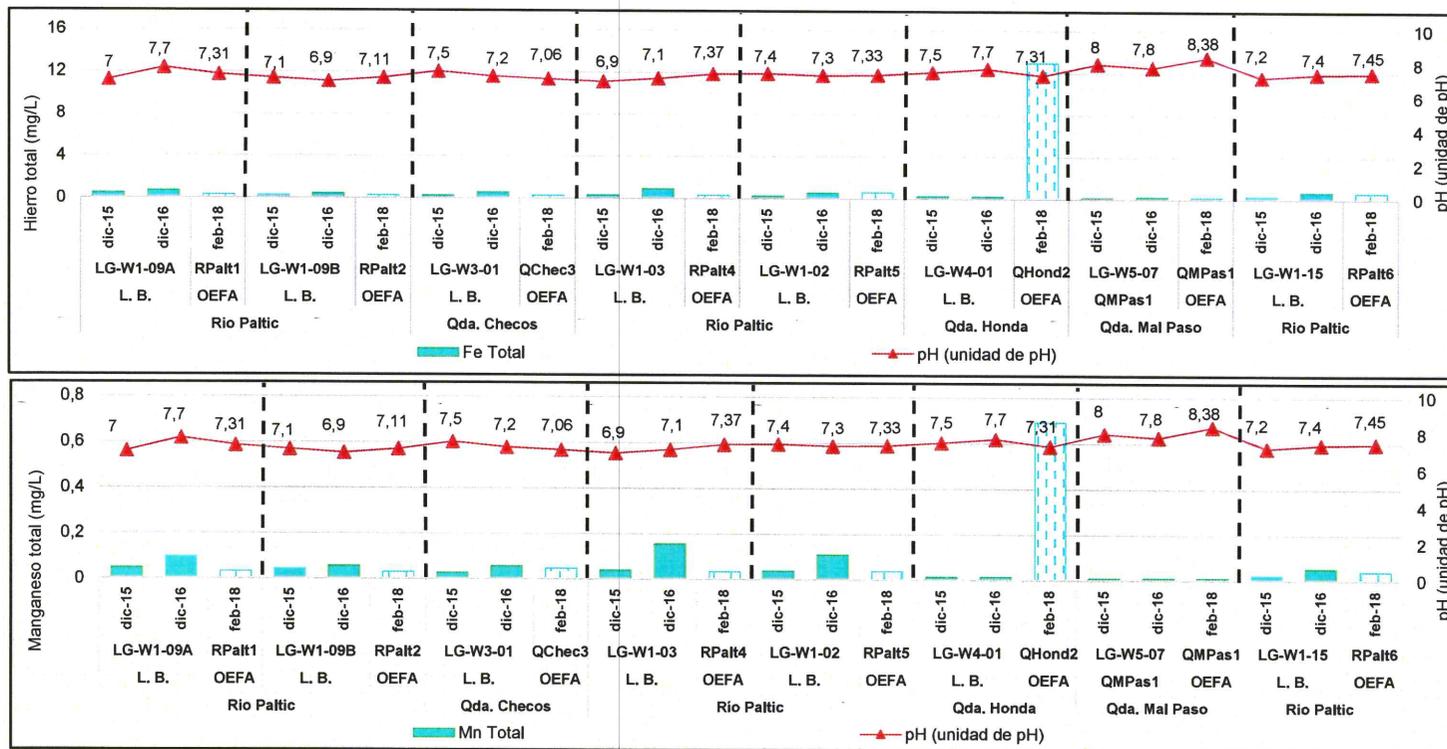


Figura 8-55. Comparación de los resultados entre la línea base y el OEFA en época de lluvia, a) Aluminio, b) Hierro, y c) Manganeseo.



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

La especie de microalga (perifiton) más representativa en la subcuenca Paltic (época de seca) fue *Achnanthydium* cf. *exilis* perteneciente al phylum Bacilariophyta, esta especie se caracteriza por su tendencia a presentarse en ambientes de bajos nutrientes (Ponader & Potapova, 2007) según el análisis de correspondencia canónica se relaciona con bajas concentraciones de magnesio total. Por otro lado, en la época de lluvia la especie más representativa fue *Fragilaria capuccina*, especie que se relaciona con agua bien oxigenada y flujo de corriente considerable (Carmona et al, 2015), la que según el análisis de correspondencia canónica se le asocia a concentraciones de oxígeno.

La especie de macroinvertebrados más representativa en la mencionada subcuenca para ambas épocas fue *Baetodes* sp., propio de ambientes lóuticos y de aguas bien oxigenadas con flujo rápido y continuo (Dominguez & Fernández, 2009), según el análisis de correspondencia canónica se le asocia a concentraciones de potasio.

En las Figuras 8-56 y 8-57 se muestra el análisis de los datos del OEFA y la línea base, en los que se presenta la abundancia relativa del perifiton, donde se observa la predominancia del phylum Bacillariophyta, patrón presentado en otras investigaciones realizadas en ambientes lóuticos (Franco et al., 2003 en Perú; Martínez et al., 2007 en Argentina; Silva et al., 2008 en Costa Rica; Ribeiro et al., 2009 en Brasil; y Moreno et al., 2008 en México). Con respecto a los macroinvertebrados se observa grandes variaciones entre los puntos de muestreo, destacándose la gran dominancia del orden Díptera.



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, and the letters 'd', 'th', 'P', 'A', 't', and 'LPC'.

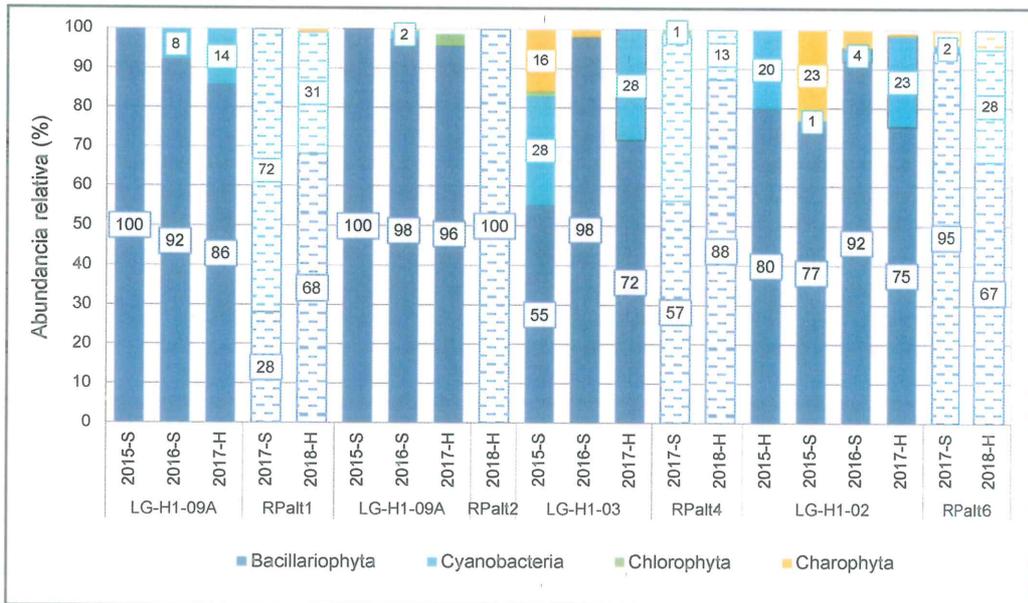


Figura 8-56. Comparación de resultados de la abundancia relativa de las microalgas (perifiton) entre la línea de base y el OEFA en la subcuenca Paltic



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»

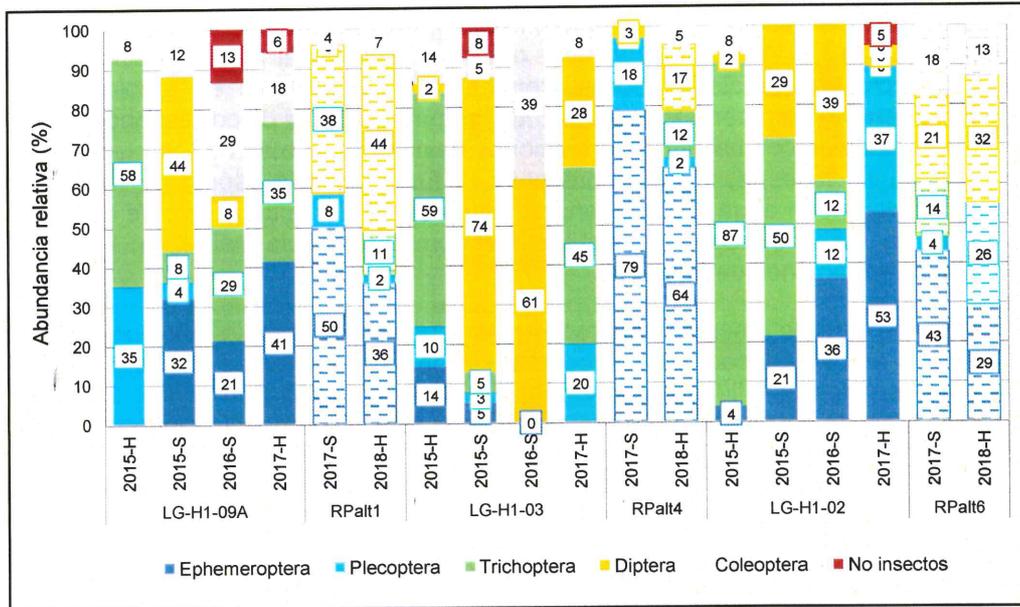


Figura 8-57. Comparación de resultados de la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos entre la línea de base y el OEFA en la subcuenca Paltic

En cuanto a la ictiofauna en la subcuenca Paltic en todos los puntos de muestreo estuvo representada por especies del género *Astroblepus* «bagres» (ver Figura 8-58), esta especie es muy abundante en aguas frías; se encuentra por lo general en las partes altas y medias antes de llegar a la zona plana, en ríos que presentan buenas condiciones en la calidad del agua y sustrato; es una especie bentónica que prefiere los ríos y quebradas con alta pendiente, en donde hay turbulencia y corrientes fuertes; es capaz de remontar el cauce y migrar río arriba sin importar la topografía y la velocidad de la corriente gracias a la adaptación de sus labios en forma de ventosa que le sirve para aferrarse a las rocas y evitar ser arrastrado; sus hábitos reproductivos se desconocen hasta el momento; se alimenta de insectos acuáticos bentónicos y material vegetal; es sensible a los cambios bruscos de temperatura, requiriendo aguas frías de 15 a 21 °C, con alta concentración de oxígeno disuelto y buena calidad físico química (Ortega-Lara *et al.* 1999, 2000, 2002).



Handwritten notes and symbols: an arrow pointing up, a checkmark, a hash symbol, the letter 'P', a star-like symbol, another star-like symbol, and the initials 'LPC'.



Figura 8-58. Especies del género *Astroblepus* «bagres» en la subcuenca Paltic



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Las concentraciones de arsénico (11 de 36 puntos), cadmio (7 de 36 puntos) y plomo (12 de 36 puntos) superaron el ECA para suelo de uso agrícola, en tanto que solo el arsénico (1 de 36 puntos) superó el ECA para suelo de uso industrial. Es importante mencionar que el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares en mención (Figura 8-59). De acuerdo a la caracterización edafológica, los suelos evaluados (SUE-LGR1, SUE-ESA1, SUE-ESA2, SUE-LPAM1, SUE-LPAM2, SUE-UÑI1 y SUE-UÑI2) poseen una clase textural franco arcilloso con secuencia de horizontes D, E, F y G, y de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcillas, estos suelos son de textura moderadamente fina (textura franco arcillosa); además de poseer acidez, presentan buena cantidad de materia orgánica, son no salinos y presentan de moderada a buena capacidad de intercambio catiónico.

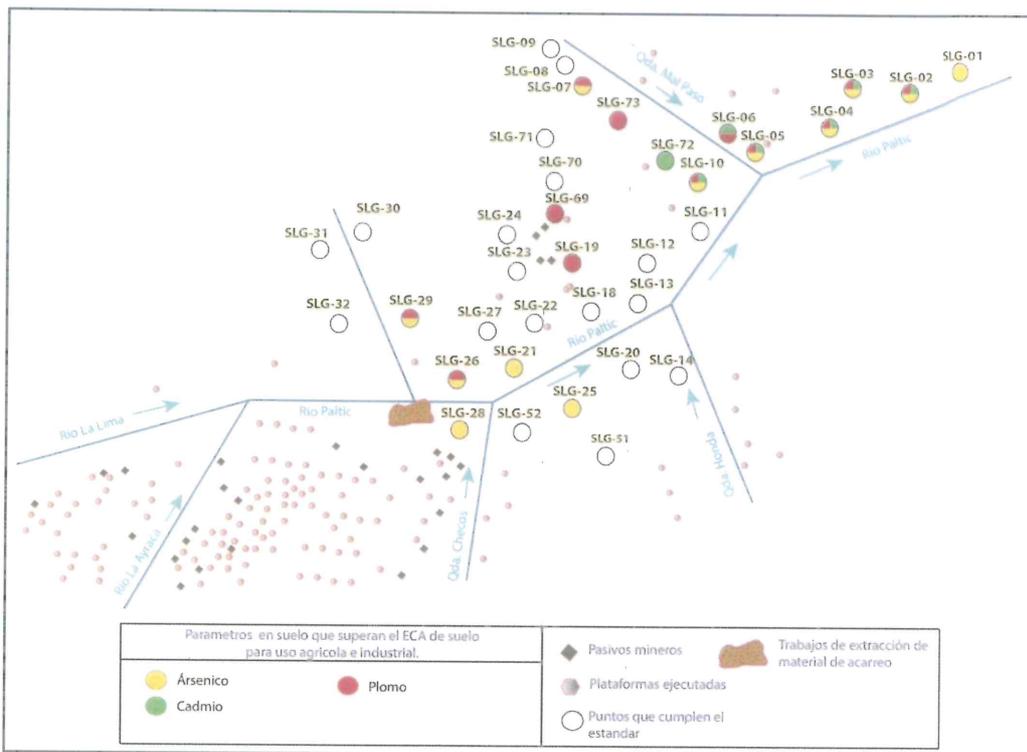


Figura 8-59. Diagrama de resultados de calidad de suelos en la subcuenca Paltic.

El análisis de calidad de aire se realizó en el área de influencia del proyecto minero La Granja abarcando a los centros poblados La Granja y Paraguay, donde se establecieron los puntos de monitoreo CA-LGran1 y CA-Parag1, respectivamente; los que fueron evaluados en setiembre de 2017 por un periodo de 4 días.

Los principales resultados indican que no se excedió el ECA para aire en el parámetro PM₁₀, ni las concentraciones de metales totales en PM₁₀ para la normativa canadiense utilizada de referencia (AAQC, 2012). Sin embargo, se observaron mayores concentraciones de PM₁₀ y metales totales en el punto CA-LGran1 (ubicado a 1,25 km del proyecto) en comparación con el punto CA-Parag1 (ubicado a 4,29 km del proyecto).

De la recopilación de la data histórica (promedios mensuales de velocidad y dirección) de la línea base de los años 2007 al 2016, de las estaciones meteorológicas La Pampa y La Granja. Se tiene que la predominancia en la



Handwritten notes and signatures on the left margin: a blue arrow pointing up, followed by 'G', 'P', a signature, and 'RC'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

estación La Pampa es SE, mientras que en la estación La Granja es SSE (Figura 8-60), en esta última zona se tiene como barrera natural al cerro Paja Blanca, lo que permite que el aire circule en las zonas circundantes, tales como el centro poblado La Granja y La Iraca.



Figura 8-60. Rosa de vientos con los promedios mensuales de velocidad y dirección de las estaciones meteorológicas, ubicados en el proyecto minero La Granja y en el poblado La Pampa entre el 2007-2016

La Figura 8-60, muestra la ubicación de los centros poblados El sauce (4,5 km), La Pampa (2,4 km), Paraguay (4,29 km), La Granja (1,25 km) y La Iraca (1,20 km) en relación a los cerros Paja Blanca y El Mirador (zona mineralizada), siendo los 3 últimos los que presentaron las mayores concentraciones por su ubicación (sotavento), cercanía a la zona mineralizada y a las vías de acceso al proyecto minero (trochas carrozables y plataformas de perforación) según lo que indica Amato et al., (2011) . Esta influencia se evidencia en el diagrama de cajas para material particulado (PM₁₀) y metales, el que fue elaborado en base a la información obtenida por el OEFA y los reportados en los IGA⁷³ para las 5 estaciones de monitoreo.

Del diagrama de cajas para PM₁₀ (ver Figura 8-61) se observa que las mayores concentraciones (mediana) de material particulado se presentan en la zona de La Granja, La Iraca y Paraguay; si bien este último se encuentra alejado de la zona mineralizada, se encuentra aledaño a las vías de acceso al proyecto minero. Presentándose las menores concentraciones de material particulado en las



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical arrow pointing up, the letters 'K', 'H', 'P', and 'JC'.

73

Páginas 3-34 y 3-36, de la cuarta MEIAsd del proyecto minero La Granja, aprobada mediante R.D. N.º 190-2008-MEM/DGAAM, aprobado el 25 de julio de 2008
Séptima MEIAsd del proyecto de exploración La Granja, aprobada mediante R.D. N.º 165-2011-MEM/AAM el 31 de mayo de 2011
Novena MEIAsd del proyecto de exploración La Granja, aprobada mediante R.D. N.º 402-2012-MEM/AMM el 03 de diciembre de 2012
Décimo primera modificación del EIASD del Proyecto de Exploración La Granja, ítem 4.0 Descripción del área de estudio
Décimo segunda modificación del EIASD del Proyecto de Exploración La Granja (2017)



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

estaciones más alejadas a la zona mineralizada, de bajo tránsito vehicular y con alta cobertura vegetal.

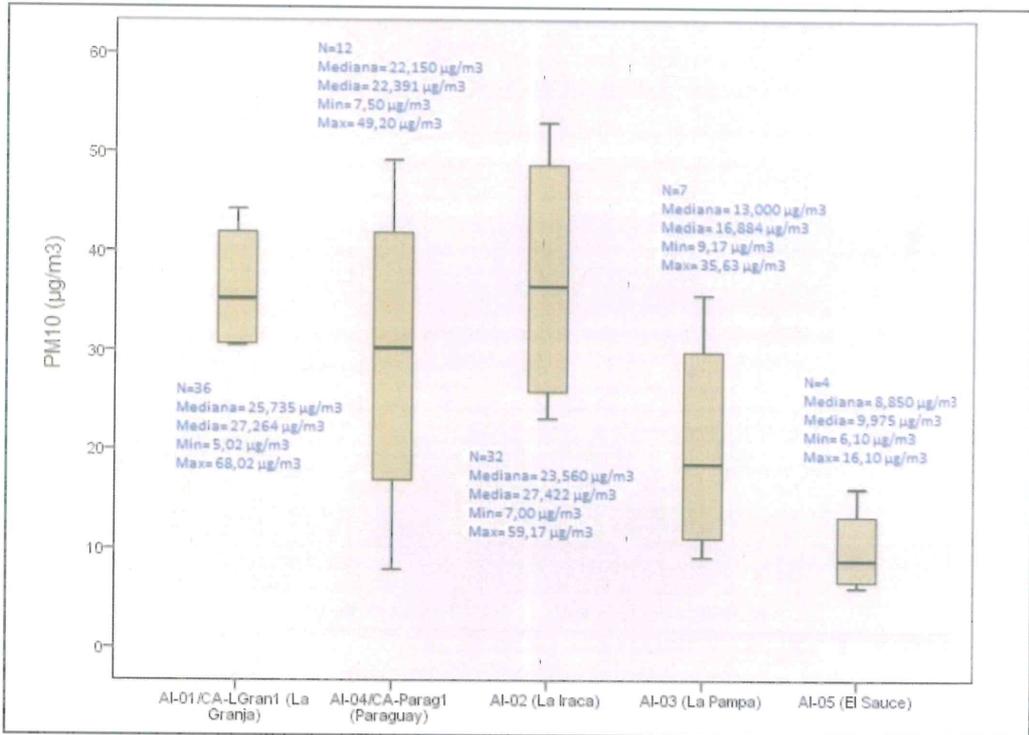


Figura 8-61. Diagrama de cajas de los resultados de PM₁₀ de las (5) estaciones de monitoreo de la línea base de los IGA y los resultados de los 2 puntos de monitoreo del OEFA

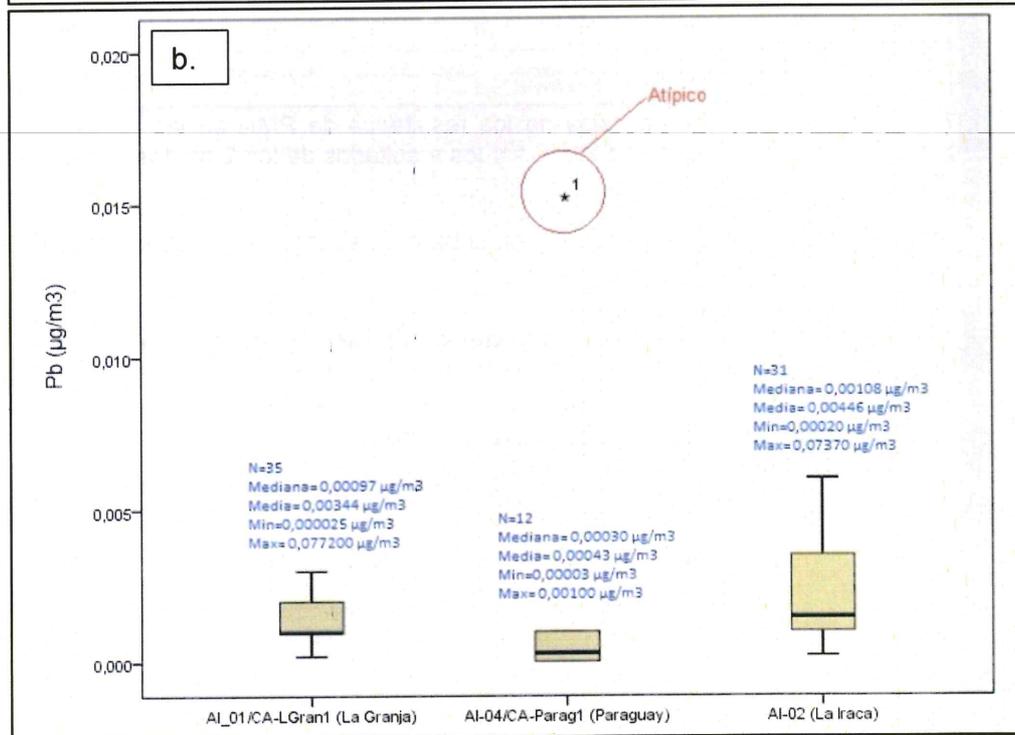
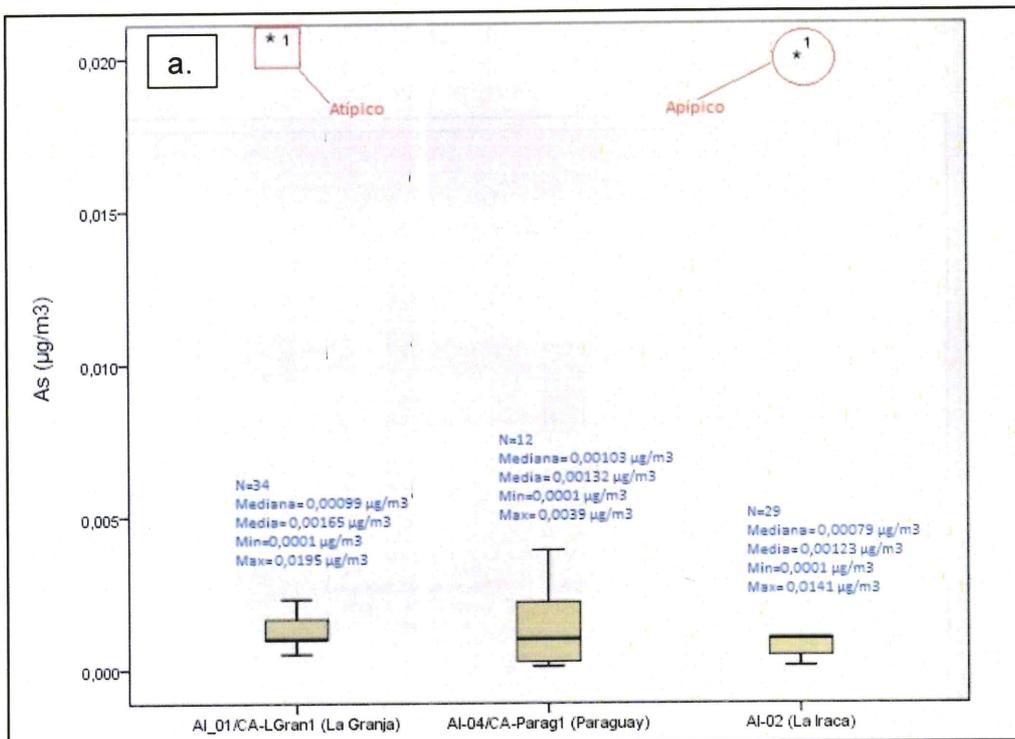
Para el análisis de metales en PM₁₀, si bien no superan el estándar, se observó la presencia de arsénico, cobre y plomo (Figuras 8-62), donde las mayores concentraciones se obtuvieron en La Granja y La Iraca, próximos a la zona mineralizada y que por la dirección del viento predominante (SSE) se distribuyen hacia esas zonas. En el año 2012, según la data analizada, se presentaron valores atípicos en las estaciones mencionadas, lo que podría estar relacionado al incremento de las actividades de exploración.



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



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



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with an arrow pointing up, followed by the letters 'A', 'P', 'A', 'T', and 'PC'.



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

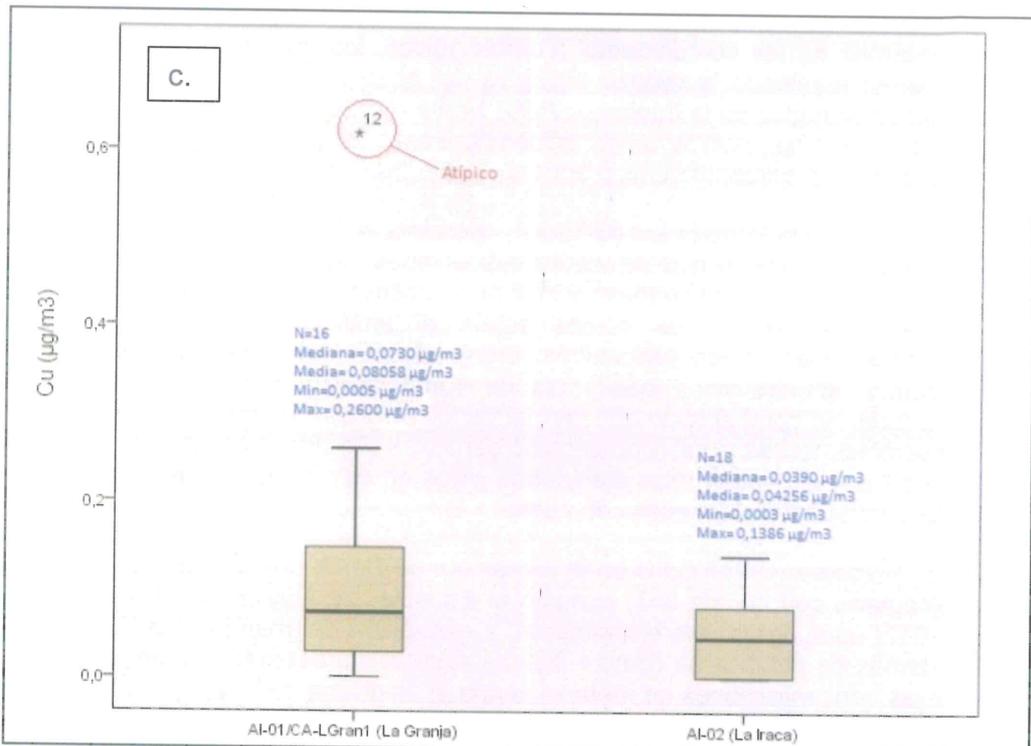


Figura 8-62. Diagrama de cajas de los resultados de a) arsénico b) plomo y c) cobre, de las 5 estaciones de monitoreo de la línea base de los IGA y los resultados de los 2 puntos de monitoreo del OEFA



9. CONCLUSIONES

9.1 Zona I: Microcuenca La Laja

- Los parámetros evaluados en la quebrada La Laja (QLLaj1 – RLLim1) y sus tributarios Pampa Verde (QPVer1) y Sin Nombre 4 (QSnbr4) cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (D.S. N°. 004-2017-MINAM) cuyas aguas se clasifican como bicarbonatadas cálcicas, que podría estar relacionado a las características geológicas (rocas silicoclásticas de la formación Inca Chulec Pariatambo). Además, se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento de las quebradas (Pampa Verde y Sin Nombre 4) que superaron los valores de la norma de referencia (*Canadian Environmental Quality Guidelines [CEQG]*), los mismo que no influyen en la calidad del agua ni el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, debido a que presentaron una distribución homogénea de la riqueza, abundancia y diversidad del perifiton y los macroinvertebrados bentónicos.
- Los parámetros analizados en el río La Lima (RLLim2), ubicado en la parte baja de la microcuenca, cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017), a excepción del valor de pH (6,36), que fue ligeramente ácido solo en la temporada seca; sin embargo, presentó los menores valores de riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas en comparación con los demás puntos.
- Se debe considerar que la parte baja del río recibe el aporte de las quebradas de Los Derrumbes (QSnbr2) y Chorro Blanco (QSnbr5) afectadas por procesos de geodinámica externa, y quebrada Agua del Peón (QAPeo1) que cumplió con el



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

estándar de comparación con facie bicarbonatada cálcica y presentó el mejor desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, las que por sus características no estarían afectando la calidad biológica del agua en la parte baja; sin embargo, la calidad biológica de la quebrada Peña Brava (QPSol1) que es mala según el Índice Biótico Andino, podría tener influencia sobre la parte baja. Además, se debe considerar la cercanía de esta zona a plataformas de perforación y pasivos mineros.

- En la quebrada Peña Brava (QPSol1), aportante al río La Lima por la margen derecha, se evidencia la presencia de sólidos suspendidos totales en el agua y concentraciones de cadmio, cobre, manganeso y zinc que superan el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (2017), los cuales según el análisis de Tessier se encuentran biodisponibles en los sedimentos. Estas características tienen influencia sobre la riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas las que son menores en comparación con las demás quebradas, no encontrándose especies de macroinvertebrados calificadas como sensibles. Se debe considerar que, en su parte media existen plataformas ejecutadas y que en esta zona se presentan las mayores concentraciones de metales en suelo.
- Los parámetros evaluados en el afloramiento PPerf2, ubicado cerca de la plataforma ejecutada con código 317, cumplió el Estándar de Calidad para Agua categoría 3 (2017) comparada referencialmente, a excepción del manganeso que lo incumplió, además de clasificarse como sulfatada cálcica, y presentar características neutras y bajas concentraciones de metales según el diagrama de Fickling. Cabe señalar, que el afloramiento se emplaza sobre rocas dioríticas y dacíticas.
- De los 16 puntos evaluados para suelos en la microcuenca La Laja, las concentraciones de arsénico (8 puntos), cadmio (5 puntos), plomo (9 puntos) incumplen los Estándar de Calidad Ambiental para suelo (D.S. N. ° 011-2017-MINAM) de uso agrícola, en tanto que para arsénico (6 puntos) y plomo (2 puntos) superaron el Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso industrial; sin embargo, el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares mencionados. Además, para caracterización edáfica se evaluaron 4 puntos que presentaron una textura franco arcillosa, buen intercambio catiónico, ligera acidez y nivel de medio a alto contenido de materia orgánica.



9.2 Zona II: Microcuenca La Ayraca

- Los parámetros evaluados en el río La Granja (RLGra1), quebrada Tendal (QTend1), el río La Ayraca (RLIra1) y la quebrada sin nombre 1 (QSnbr1), ubicados en la parte alta de la microcuenca, no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua para la categoría 3 (2017), a excepción de valores de pH con carácter ligeramente ácido para la época seca en la quebrada Tendal y Sin nombre 1, presentando una buena calidad biológica (según el Índice Biótico Andino) y los mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces). Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia (CEQG) no influyen en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- La quebrada Salada (QSald1), ubicada aguas abajo del pasivo minero (bocamina BC-01), emplazada dentro de la zona mineralizada presentó valores de pH ácido y concentraciones de aluminio, cadmio, cobre y manganeso que incumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), clasificada como



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

sulfatada cálcica y ácida con alta carga de metales con alta carga de metales de acuerdo al diagrama de Ficklin, además se evidenció la presencia de arsénico, cobre y plomo en sedimento que incumplen la norma de referencia (CEQG), los cuales se encuentran biodisponibles según el análisis de Tessier. Asimismo, según el Índice Biótico Andino presenta una calidad mala, siendo la especie más abundante *Lopescladius* sp., cuya presencia indica afectación hídrica.

- Los parámetros analizados en los puntos RLlra2, RLlra3 y RLlra4 en el río La Ayraca, ubicados en la parte baja de la microcuenca, no superaron los valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), a excepción del pH que solo supero en una época para el punto RLlra2; sin embargo presentaron una calidad biológica moderada (según el Índice Biótico Andino), en comparación con los puntos aguas arriba que presentaron calidad buena, lo que se debería al aporte de la quebrada Salada, la cual presenta una calidad biológica mala, y a las actividades propias de la exploración desarrolladas en esta zona. Además, la presencia de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc en sedimento que superaron los valores de la norma de referencia (CEQG) no influye en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- De los 8 puntos evaluados para suelos en la microcuenca La Ayraca, las concentraciones de arsénico (3 puntos), cadmio (3 puntos), plomo (2 puntos) incumplieron los Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola; en tanto que solo las concentraciones de arsénico (1 punto) y plomo (1 punto) superaron el ECA para suelo de uso industrial. Cabe señalar, que el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares mencionados.

9.3 Zona III: Microcuenca Checos

- Los parámetros evaluados en la quebrada Checos (QChec1, QChec2 y QChec3) y en su tributario (quebrada sin nombre 3 [QSnbr3]) no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017) presentando un comportamiento similar en cuanto a la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológicas, y una calidad biológica moderada (según el Índice Biótico Andino). Además, se debe destacar que las concentraciones de arsénico y cobre en sedimentos, que superaron los valores de la norma de referencia CEQG, no influyen en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- Los parámetros evaluados en el manantial del caserío Checos (FNatu5) cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para agua, categoría 1, subcategoría A1 (2017); a excepción de los parámetros pH (época seca= 6,26 y época de lluvia= 6,22), oxígeno disuelto y hierro que lo incumplieron. Según el análisis hidroquímico se clasifica como sulfatada cálcica y cercano a la neutralidad con baja carga de metales de acuerdo al diagrama de Ficklin. La ligera acidez del manantial podría estar relacionado con su cercanía a los cuerpos intrusivos ígneos; y las concentraciones de hierro estarían relacionadas a los diferentes mecanismos de transporte como la escorrentía e infiltración que a través de la interacción agua-roca aportarían hierro al manantial, siendo el cerro Paja Blanca la mayor fuente de aporte, al ser parte de la zona mineralizada (zona óxidos).
- De los 15 puntos evaluados para suelos en la microcuenca Checos las concentraciones de arsénico (5 puntos) y plomo (2 puntos), incumplen los Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola; en tanto que el arsénico (2 puntos) y plomo (1 punto) superaron el Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, a checkmark, 'LH', 'P', a plus sign, and 'LCC'.



industrial. Sin embargo, el bario, cromo, cadmio y mercurio no superaron los estándares mencionados. Además, solo para la caracterización edáfica se evaluaron 2 puntos que presentaron textura franca, no salino, materia orgánica de medio a alto y ligera acidez.

9.4 Zona IV: Microcuenca Honda

- Los parámetros evaluados en la parte alta de la quebrada Honda (QHond1) no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017) y se encuentra clasificada como bicarbonatada cálcica; sin embargo, presenta una baja riqueza, abundancia y diversidad de comunidades hidrobiológicas en ambas épocas, y calidad biológica mala (según el Índice Biótico Andino), provocada por las características geomorfológicas (ladera de montañas con pendientes de moderada a alta) y por el tipo de sustrato del cauce (grava y arena).
- La parte baja de la quebrada Honda (QHond2) clasificada como bicarbonatada cálcica, superó los valores de manganeso, hierro y aluminio establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3 (2017) solo en época de lluvia; asimismo de acuerdo al análisis del comportamiento de metales disueltos y suspendidos, los metales que superaron el estándar presentaron porcentajes predominantes (mayores al noventa por ciento) en su forma suspendida, que se relaciona con elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales. Cabe resaltar que el punto presenta calidad biológica mala (según el Índice Biótico Andino) al igual que la parte alta de la quebrada (QHond1), al presentar las mismas características geomorfológicas.
- Los parámetros evaluados en los manantiales ubicados en los caseríos Paraguay (FPara1), Santa Isabel (FSIsa1) y La Palma (FPal1 y FNatu7) cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 1, subcategoría A1 (2017); a excepción del pH en todos los puntos (ligeramente ácido [5,96 – 6,28]) que incumplió en al menos una época. Asimismo, según el análisis hidroquímico, las aguas de los manantiales (FPara1, FSIsa1 y FPal1) se clasifican como bicarbonatadas cálcicas, a excepción del punto FNatu7 (evaluado solo en época de lluvia) que presentó una facie sulfatada cálcica, debido a su cercanía al afloramiento de roca diorítica. Por otro lado, los manantiales fueron clasificados con pH cercano a la neutralidad y baja carga de metales de acuerdo al diagrama de Ficklin.
- De los 5 puntos evaluados para suelos en la microcuenca Honda las concentraciones de arsénico (2 puntos) superó el Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola e industrial; sin embargo, el bario, cromo, cadmio, mercurio y plomo cumplieron con el estándar mencionado. Además, solo para la caracterización edáfica se evaluaron 8 puntos que presentan textura franco arcilloso principalmente, pH ácido, buena capacidad de intercambio catiónico y un nivel medio a alto de materia orgánica

9.5 Zona V: Subcuenca Paltic

- La parte alta del río Paltic (RPalt1) recibe el aporte de los ríos La Ayraza (RLIra4) y La Lima (RLLim2), este último presentó un valor de pH con carácter ligeramente ácido en época seca y una calidad biológica mala en ambas épocas (según el Índice Biótico Andino). Sin embargo, no se observó una alteración sobre la calidad del agua en el punto RPalt1, presentando una facie sulfatada cálcica y cumpliendo con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3 (2017) en ambas épocas. Además, permitió el buen desarrollo de las comunidades





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»

hidrobiológicas, a pesar de presentar concentraciones de plomo, zinc, arsénico y cobre en sedimentos. Esto se debería al aporte del río La Ayraca, que presentó una alta abundancia y diversidad de especies, y una calidad biológica buena para ambas épocas, lo que favoreció a que el río Paltic presente condiciones adecuadas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, presentando alta diversidad y abundancia.

- Siguiendo el cauce del río Paltic, en los parámetros evaluados en los puntos RPalt2 y RPalt3 no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), a excepción de pH (6.46) que solo incumplió en época seca; asimismo, las aguas se clasifican como sulfatadas cálcicas. Además, se observó un incremento de sólidos suspendidos totales (de 3 a 142 mg/L) en época de lluvia, que se debería a los trabajos de extracción de material de acarreo del cauce, lo que se vio reflejado en la calidad biológica del agua que varió de moderada (época seca) a mala (época de lluvia), según el Índice Biótico Andino.
- Otro aportante al río Paltic es la quebrada Checos (QChec3), que estaría influenciando en la reducción de la concentración de sólidos suspendidos totales con respecto al punto RPalt3, lo que se ve reflejado en la recuperación del río Paltic en los puntos RPalt4 y RPalt5. Por otro lado, los parámetros evaluados en el río Paltic (RPalt4 y RPalt5) no superaron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017) y se presentó una mejora en la calidad biológica de moderada (época seca) a buena (época de lluvia) en el punto RPalt4; mientras que en el punto RPalt5 presentó una calidad biológica de moderada (época seca) a mala (época de lluvia), según el Índice Biótico Andino. Además, la presencia de arsénico, cobre, plomo y zinc en sedimento no influenciaron en la calidad del agua ni en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.
- La quebrada Honda (QHond2), tributaria del río Paltic por la margen derecha, presentó concentraciones de aluminio, hierro y manganeso que incumplieron el Estándar de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017) en época de lluvia, clasificada como bicarbonatada cálcica según el diagrama de Piper y presentó calidad biológica mala. Asimismo, los parámetros evaluados en la quebrada Mal Paso (QMpas1), aportante del río Paltic (margen izquierda), no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), clasificada como bicarbonatada cálcica según el diagrama de Piper; y presentó la más alta riqueza, abundancia y diversidad, así como la mejor calidad biológica (según el Índice Biótico Andino) en comparación con las demás quebradas.
- En la parte baja del río Paltic (RPalt6) todos los parámetros evaluados cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2017), a excepción de aluminio, hierro y manganeso que incumplió solo en época seca; posiblemente debido al desarrollo de actividades de remoción de cauce. Además, el análisis del comportamiento de metales disueltos y suspendidos, de los metales que superaron el ECA presentaron porcentajes predominantes en su forma suspendida, que se relaciona con las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales. En toda esta zona la calidad biológica es buena, debido a la influencia de la quebrada Mal Paso, que contribuye en la recuperación de la calidad en este tramo del río.
- De los 36 puntos evaluados para suelos en la subcuenca Paltic las concentraciones de arsénico (11 puntos), cadmio (7 puntos) y plomo (12 puntos) superaron el Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola, en tanto que solo el arsénico (1 punto) superó el Estándar de Calidad Ambiental para suelo de uso industrial; sin embargo, el bario, cromo y mercurio no superaron los estándares en mención.



Handwritten blue ink marks on the left margin, including a vertical line with an arrow pointing up, a checkmark, and several other symbols.



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

Además, solo para la caracterización edáfica se evaluaron 8 puntos que presentan textura franco arcillosa, acidez, buena cantidad de materia orgánica, no salinos y presentan de moderada a buena capacidad de intercambio catiónico.

- De la comparación referencial de los resultados de metales en sedimento y suelo (todos los puntos evaluados) con los valores de la corteza terrestre, presentaron la misma tendencia; a excepción del cobre, molibdeno, plomo, zinc y arsénico que fueron mayores a los valores de la corteza. Lo que estaría relacionado a la mineralización que presenta el yacimiento «La Granja», el mismo que se encuentra en la franja «Metalogenética XX de pórfidos Cu-Mo del cretácico superior». Observándose que la mayor concentración de los metales en mención se encuentra en los cerros Paja Blanca y El Mirador.
- Las concentraciones de material particulado menores a 10 micras, en los centros poblado La Granja (CA-LGran1) y Paraguay (CA-Parag1), cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para aire (Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM); además, las concentraciones de los metales totales evaluados en los 2 puntos cumplieron la normativa canadiense comparada referencialmente (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria*). Sin embargo, las mayores concentraciones de material particulado y metales en el aire se encuentran en el centro poblado La Granja (CA-LGran1), lo que estaría asociado a su cercanía con la zona mineralizada, resuspensión del material particulado de los suelos posiblemente ocasionados por el tránsito vehicular en las zonas de acceso y áreas sin cobertura vegetal.



10. RECOMENDACIONES

- Se sugiere continuar reportando en los informe trimestrales de calidad de agua, aire y suelo todos los valores de metales incluyendo el uranio.

11. ANEXOS

- ANEXO 1: Mapas
- ANEXO 2: Reporte de resultados N.º 004-2018-STE
- ANEXO 3: Reporte de campo N.º 003-2018-STE
- ANEXO 4: Participación ciudadana
- ANEXO 5: Lista de instrumentos de gestión ambiental
- ANEXO 6: Comunidades hidrobiológicas: Calidad hidromorfológica y biológica
- ANEXO 7: Aire: Cálculo de volumen estándar
- ANEXO 8: Versión digital del informe N.º 090-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D.; & Santisteban, A. (2009). *Memoria: Mapa Metalogenético del Perú 2009*. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Acosta, R.; Ríos, B.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnética*, 28(1): 35-64.

Amato, F.; Pandolfi, M.; Moreno, T.; Furger, M.; Pey, J.; Alastuey, A.; Bukowiecki, N.; Prevot, A.S.H.; Baltensperger, U.; & Querol, X. (2011). Sources and variability of



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»

inhalable road dust particles in three European cities. *Atmospheric Environment* .45 (37), 6777–6787.

Appelo C. & Postma D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution* (2nd Ed.). Amsterdam, The Netherlands: Taylor & Francis Group.

Bagenal, T. & Tesch, F. (1978). *Age and growth*. En: T. Bagenal (Ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. UK, Oxford: Blackwell Science Publications.

Auquilla et al (2006). *Influencia del uso de suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Sabonal, Costa Rica*. Recursos Naturales y Medio Ambiente. 81-92 pp.

Baptista D.F., Buss, D. F., Dias, L. G.; & Nessimian, J. L. (2006). Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 42(02):87 – 96.

Bejarano, V. (2017). *Proceso de perforación diamantina y logueo geológico en el proyecto minero La Granja Río Tinto en Querocoto-Chota-Cajamarca*. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.

Bellingier, E. & Sigeo, D. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. (1ra. Edición). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, U.K.

Blackwell, B., Seamans, T., Helon, D. & Dolbeer, R. (2000). Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. *Wildlife Society Bulletin* 28 (1):70-75.

Brack, A. (2008). *Perú, país de bosques*. Editorial Graf Ediciones. Lima. 178-180 pp.

Bray, J.; Broady, P.; Niyogi, K.; y Harding, J. (2008). Periphyton communities in New Zealand streams impacted by acid mine drainage. *Marine and Freshwater Research*. 59:1084–1091.

Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores*. Quito: Ecociencia.

Carmona J.; Ramírez, R.; Guadalupe, M.; Gonzáles, B.: & Cantoral-Uriza, E. (2015). Estudio del valor indicador de las comunidades de algas bentónicas: Una propuesta para la evaluación y aplicación en el río Magdalena, Ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 32 (2) 159-125

Cifuentes, R.; González, J.; Montoya, G.; Jara, A; Ortiz, N.; Piedra, P.; & Habit, E. (2012). Relación Longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro cuenca del río Valdivia, Chile. *Gayana (Concepción)*. 76 (Número Especial): 101-110.

Crisci, J. & López, F. (1983). *Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica*. Secretaría General de la OEA, Washington D.C.

Da Costa, M. & Gerson, F. (2003). Lengthweight relationship and condition factor of *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología*, 20(4), 685-690.

Domínguez, E. & H. R. Fernández. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán, Fundación Miguel Lillo.



y
R
P
P
+
LPC



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Duque, S.R. & Donato, J.CH. (1992). *Biología y ecología del fitoplancton de las aguas dulces en Colombia*. Cuadernos Divulgativos No. 35, Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias.

Duque, S. R. & Donato, J. CH. (1993). Evolución limnológica de la Laguna de Fúquene (Colombia), Sistema altoandino afectado por la actividad humana. In GOMÉZ, M.; PINILLA, G. 1996. Efectos de la introducción de la elodea sobre el sistema.

Encalada, A.; Rieradevall, M.; Ríos-Touma, B.; García, N. & Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluaciones de la calidad de ríos andinos (CERA-S)*. Quito: USFQ, UB, AECIO, FONAG.

Ficklin, W., Plumlee, G., Smith, K., & McHugh, J. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. (Y. Kharaka, & A. Maes, Edits.) *Proceedings of water-rock interaction no 7, Vol I. Balkema, Rotterdam*, 381-394.

Fitikau, E. J. (1986). Conocimiento actual sobre la colonización de la región tropical sudamericana por insectos acuáticos y su historia evolutiva, con especial referencia a los Quironómidos. *Anales del Museo de Historia Natural (Valparaiso)* 17: 97-103.

Franco, J.; Sulca, L.; & Cáceres, C. (2003). Fitoplancton del río altoandino "Kaño" - Tacna (Cordillera suroccidental del Perú). *Ciencia & Desarrollo*. 7: 49-55.

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253.

Galán, E & Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía- Macla*. N° 10, 48-60.

Hammer, Ø.; Harper, D. & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.12) [Software]. Disponible desde <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Hill, M. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2): 427-432.

Jaimes, F.; Navarro, J. & Santos, A. (2013) Geología del cuadrángulo de Incahuasi. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 148, 114 p., 4 mapas.

Jorgensen, S.E. (2009). *Ecosystem ecology*. London: Elsevier Ltd, Oxford.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*. 113(2):363 - 375

Ladouche, B. & Weng, P. (2005). Hydrochemical assessment of the Rochefort marsh: Role of surface and groundwater in the hydrological functioning of the wetland. *Journal of Hydrology*, 314 (1-4) 22-42. doi:10.1016/j.jhydrol.2005.03.018

Kinross, J. H., N. Christofi, P. A. Read, and R. Harriman. (1993). Filamentous algal communities related to pH in streams in The Trossachs, Scotland. *Freshwater Biology* 30:301-317.

Martínez, A.; Luque, M.; Lombardo, D.; & Bruno, E. (2007). Potamoplancton en la cuenca media del río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Limnetica*, 26 (1): 25-38



y
x
w
p

+

LPC



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Maneechan, W., & Prommi, T. O. (2015). Diversity and distribution of aquatic insects in streams of the Mae Klong watershed, Western Thailand. *Psyche: A Journal of Entomology*. 2015(2):1-7

McPherson, L.; Slotte, A.; Kvamme, S.; Meier, S.; & Marshall, T. (2011). Inconsistencies in measurement of fish condition: a comparison of four indices of fat reserves for Atlantic herring (*Clupea harengus*). *ICES Journal of Marine Science*, 68 (1), 52-60.

Olumama Dinka, M.; Loiskand, W.; & Musyoka Ndambuki, J. (2015). Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 444-456. doi:10.1016/j.ejrh.2015.02.007

Moreno, C. & Halffter, G. (2001). Spatial and temporal analysis of alpha, beta and gamma diversities of bats in a frag of alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*, 10: 367-382.

Moreno- Ruiz, J.; Tapia-García, M. González-Marias, M.; & Figueroa-Torres, G., (2008). *Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México, y algunas relaciones biogeográficas*. *Revista de Biología Tropical*. 56 (1): 27-54.

Moreno, C.; Barragán, F.; Pineda, E; & Pavón, N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82 (4): 1249-1261.

Ortega-Lara, A.; Murillo, O; Pimienta, C.; & Sterling, E. (1999). *Los peces del alto Cauca. Catálogo de especies*. Informe presentado a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Cali, Colombia. 122 p.

Ortega-Lara, A.; Murillo, O; Pimienta, C.; & Sterling, E. (2000). *Los peces del alto Cauca, riqueza ictiológica del Valle del Cauca*. Editorial Imagen Corporativa. Cali, Colombia. 69 p.

Ortega-Lara A., A. Aguiño y G. C. Sánchez. (2002). *Caracterización de la ictiofauna nativa de los principales ríos de la cuenca alta del río Cauca en el departamento del Cauca*. Informe presentado a la Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC. Fundación para la Investigación y el Desarrollo Sostenible, Funindes. Popayán, Colombia. 139 p.

Penalta, M. & López, C. (2007). *Diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central Gallego (Ourense, N.O. España) mediante la aplicación de índices diatomológicos* *Limnetica*, 26 (2): 351-358 (2007)

Pielou, E. (1975). *Ecological Diversity*. Jhon Wiley, New York.

Pielou, E. (1984). *The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination*. John Wiley, New York. 263 pp.

Pinilla A. & Gabriel, A. (1993). *Ecología de pequeños lagos artificiales en la microcuenca de la quebrada La Playa (Caldas-Boyacá)*. Banco de la República, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, La Fundación.

Pinilla, G. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Fundación Universitaria de Bogotá. Colombia.



1
K
W
P
A
T
LPC



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Plumlee, G., Smith, K., Montour, M., Ficklin, W., & Mosier, E. (1999). Geologic Controls on the composition of natural waters and mine waters draining diverse mineral-deposit types. (L. Filipek, & G. Plumlee, Edits.) *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part B: case studies and research topics, vol 6B. Society of Economic Geologists*, 373-432.

Ponader, K. C. & M. G. Potapova. (2007). *Diatoms from the genus Achnanthidium in flowing waters of the Appalachian Mountains (North America): Ecology, distribution and taxonomic notes. Limnologia* 37: 227- 241. Potapova, M.G. & D.F. Charles.

Rakowska B. (2001). Study of diatom diversity in water ecosystems of Poland's lowlands. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 1(4): 481-502.

Rennie, M. & Verdon, R. (2008). Development and evaluation of condition indices for the lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*. *North American Journal of Fisheries Management* 28, 127-1293.

Resolución Jefatural N°056-2018-ANA. *Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales*. Autoridad Nacional del Agua (2018)

Ribeiro, M.; Melo, N.; Alves, M.; & Paiva, R. (2009). *Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais. 4(3): 341-351.

Ricker, W. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bulletin Fisheries Research. Canadá, Board of Canada.

Ríos-Touma, Blanca; Acosta, Raúl; Prat, Narcís. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. Revista de Biología Tropical, Abril, 249-273 pp.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col*. Ed Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Sierra, C. (s.f.) *Una mirada a la relación entre el cobre, el suelo y las plantas*. Disponible en: <http://www.elmercurio.com/campo/noticias/analisis/2016/03/29/una-mirada-a-la-relacion-entre-el-cobre-el-suelo-y-las-plantas.aspx>. Acceso en 06/2017.

Silva A.M., Sili C. & Torzillo G. (2008). Cyanoprocaryota y microalgas (Chlorophyceae y Bacillariophyceae) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 56 (4): 221-235.

Simler, R. (2017). *Diagrammes Software version 6.51*. Laboratorio de Hidrología de Avignon. Recuperado el 01 de julio de 2017, de <http://www.lha.univ-avignon.fr/LHA-Logiciels.htm>

Sokal, R. & Michener, C. (1958). *A statistical method for evaluating systematic relationships*. *University of Kansas Science Bulletin*, 38: 1409-1438.

Soldo, D. & Behra, R. (2000). Long-term effects of copper on the structure of freshwater periphyton communities and their tolerance to copper, zinc, nickel and silver. *Aquatic Toxicology (Amsterdam, Netherlands)*, 47 (3-4), 181-189.

Soto, P. (2013). Diplomado Virtual de Hidrología Subterránea del Centro de Capacitación Minera - CECAMIN. IX. *Tratamiento de Datos Químicos I*. Lima, Perú.



y
R

P

+
LPC



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

St. Louis, V. (1993). Element concentrations in chironomids and their abundance in the littoral zone of acidified lakes in Northwestern Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 953–963.

Trudel, M.; Tucker, S.; Morris, J.; Higgs, D. & Welch, D. (2005). Indicators of energetic status in juvenile coho and chinook salmon. *North American Journal of Fisheries Management*, 25: 374-390.

Tumialán, P. (2003). Compendio de yacimientos minerales del Perú. Lima, Perú: INGEMMET.

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). (2007). *Manual de Practicas de Edafología*. LIMA, PERU. 17-70p.

Vásquez, M. & Medina, C. (2014). Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónico y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca. Ancash – Perú. *REBIOL*, 35 (2), 75-89.

Villegas, Y. (2011). *Agua y SIG - Los diagramas más usados para la interpretación de análisis hidroquímicos*. Recuperado el 23 de marzo de 2018, de <http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html>.

Wedepohl, K.H. (1984). The composition of the continental crust (abstract). *Mineral. Mag.* 58, suppl. 959-960.

Wei Chong Teng, K. L. (2016). Piper diagram – A novel visualisation tool for process design. *Chemical Engineering Research and Design*, 112, 132-145. doi:10.1016/j.cherd.2016.06.002.

Weiner, E. R. (2007). *Applications of environmental aquatic chemistry: a practical guide* (2n Ed.), London: Taylor & Francis Group.

Winner, R. W.; Boesel, M. W.; & Farrel, M. P. (1980). Insect community structure as an index of heavy-metal pollution in lotic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 647–655.

Wierzbicki, G.; Ostrowski, P.; Falkowski, T.; & Mazgajski, M. (2018). Geological setting control of flood dynamics in lowland rivers (Poland). *Science of Total Environment*. Volume 636 (15). 367-382

Young, K. R. y N. Valencia. (1992). *Los Bosques Montanos del Perú*. En: Young, K.R. y N. Valencia (Eds), *Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú*. Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM (Lima), 21: 5-9.



y
k
w
p
j
t
LPC