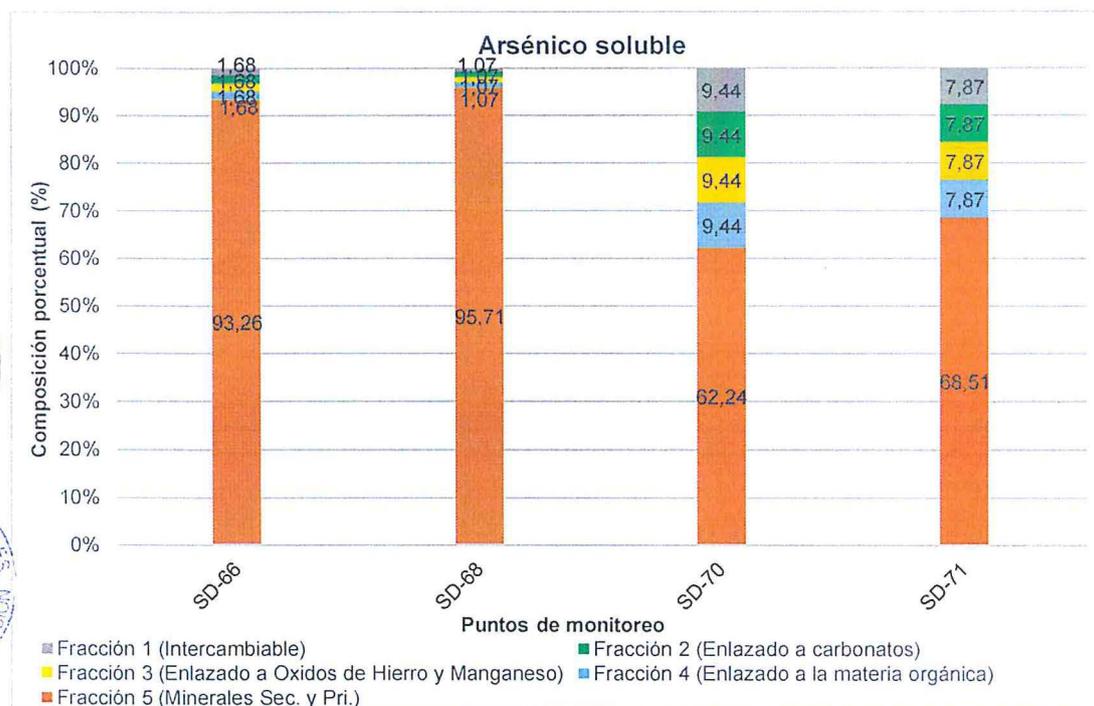


226. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales que se han descritos en la sección anterior.

**- Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**

227. En la Figura 10-36, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebrada Pachaca y ríos Tassa y Tambo), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (arsénico asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 62,24 a 95,71% y menor proporción a las demás fracciones.



**Figura 10-36.** Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.

**- Cadmio soluble por extracción secuencial de Tessier**

228. En la Figura 10-37, se observa que los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebradas Pachaca y río Tassa), el cadmio se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (cadmio asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 37,93 a 45,45% y menor proporción a las demás fracciones. Sin embargo, se han encontrado pequeñas proporciones en fracción 1 (cadmio intercambiable) y 2 (cadmio enlazado a carbonatos) en la quebrada Pachaca (SD-66) y en los ríos Tassa (SD-68) y Tambo (SD-71). De presentarse condiciones que hagan disminuir el pH del medio, probablemente se liberarían concentraciones de este elemento en forma iónica.



J  
 \*  
 y  
 2

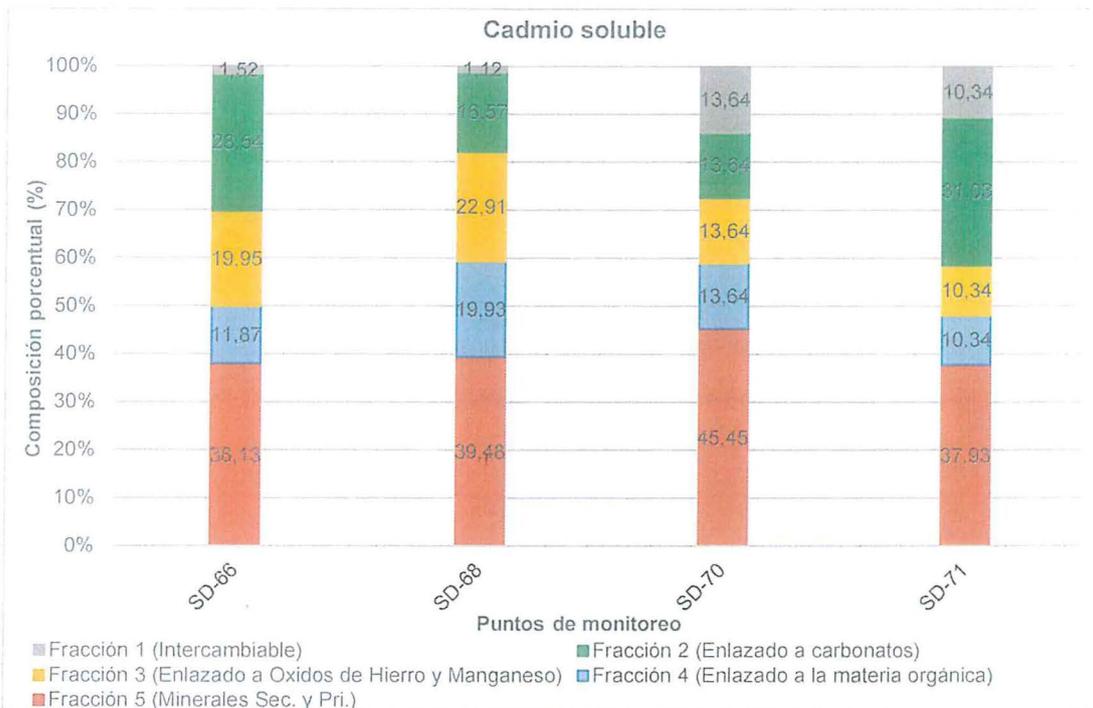


Figura 10-37. Distribución en porcentaje del cadmio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.

- Plomo soluble por extracción secuencial de Tessier

229. En la Figura 10-38, se observa que los puntos que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma canadiense de referencia (en quebradas Pachaca y río Tassa), el plomo se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (plomo asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 64,53 a 86,17% y menor proporción a las demás fracciones.

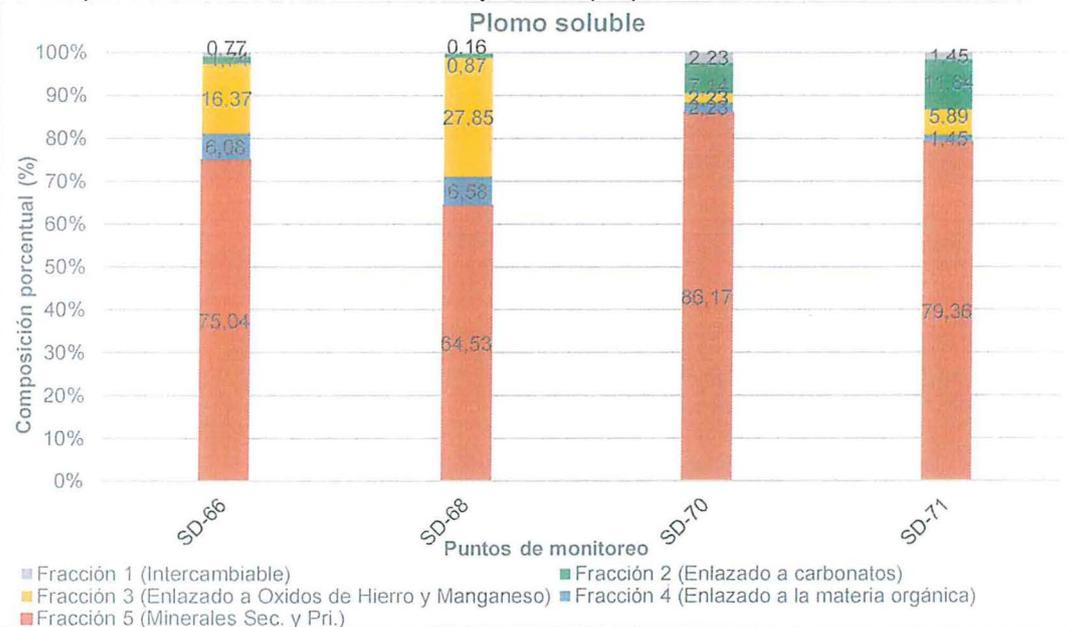


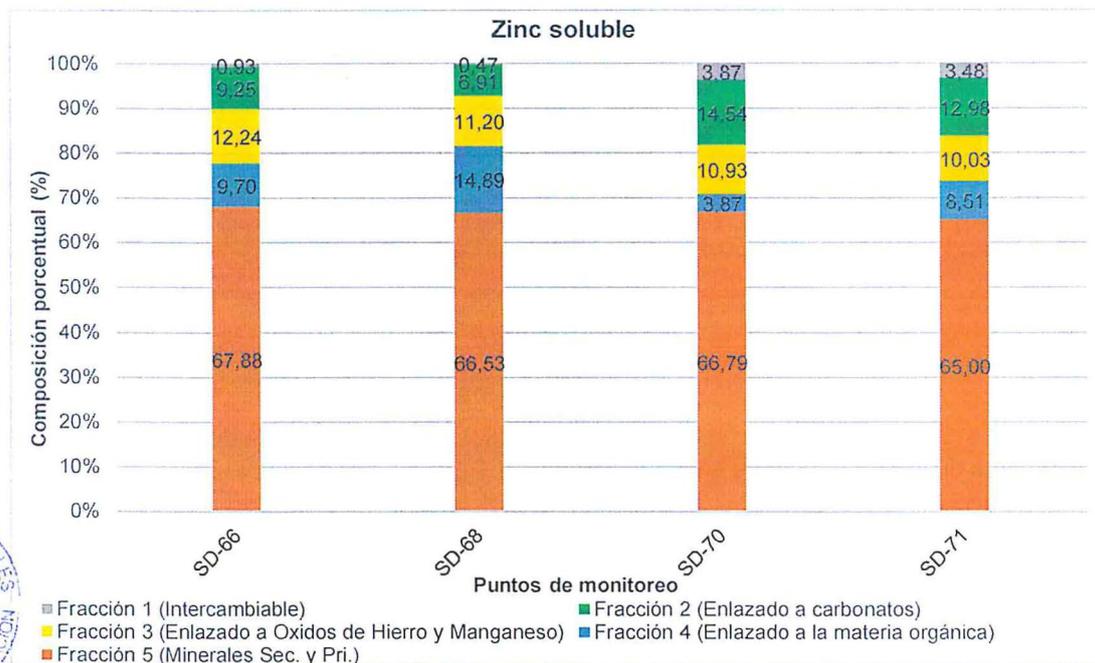
Figura 10-38. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.



Handwritten signature and date '24/2'.

**- Zinc soluble por extracción secuencial de Tessier**

230. En la Figura 10-39, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebrada Pachaca y río Tassa), el zinc se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (zinc asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 65 a 67,88% y menor proporción a las demás fracciones.



**Figura 10-39.** Distribución en porcentaje del zinc soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.

231. A continuación, en la Tabla 10-21, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento.

**Tabla 10-21.** Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 1 sector Tassa

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo			
		Quebrada Pachaca	Río Tassa	Río Tambo	Río Tambo
		SD-66	SD-68	SD-70	SD-71
Azufre Total	(%)	0,1	0,21	0,02	0,04
Fizz Rating	-	0	0	1	1
pH Pasta	Unidades de pH	8,22	8,34	8,73	8,72
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO3/Ton)	0,313	0,625	0,313	0,313
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO3/Ton)	11,7	17,4	24,7	25,7
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO3/Ton)	12	18	25	26

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo			
		Quebrada Pachaca	Río Tassa	Río Tambo	Río Tambo
		SD-66	SD-68	SD-70	SD-71
Ratio Potencial de Neutralización	-	38,4	28,8	80	83,2
Sulfato Total	(%)	0,09	0,19	0,01	0,03
Sulfuro Total	(%)	0,01	0,02	0,01	0,01
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre	Incertidumbre	PNGA	PNGA
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		PNGA	PNGA	PNGA	PNGA

<sup>(a)</sup> Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO<sub>3</sub>/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

<sup>(b)</sup> Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

Fuente: Elaboración propia.

232. Según la Tabla 10-21, se observa que todos los puntos de monitoreo (ubicados en la quebrada Pachaca y en el río Tassa), presentaron valores ligeramente alcalinos de pH en pasta, que variaron entre 8,22 y 8,73 unidades de pH, lo que sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez.

233. Con respecto a la prueba estática ABA, todos los puntos evaluados son potenciales no generadores de ácido, según el criterio de evaluación 2.

#### 10.1.2.2. Grupo2: Ambientes lénticos

234. El Grupo 2 de esta zona de estudio, solo contempla el análisis de la laguna Tinquicocha que se encuentra en el sector Itapallone, y pertenece a cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del proyecto San Gabriel (ex – Chucapaca).

##### 10.1.2.2.1. Laguna Tinquicocha

235. En las Tablas 10-22 y 10-23, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partícula, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

236. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-22, el tipo de partícula predominante en el sedimento en el punto de monitoreo de la laguna Tinquicocha es la arena (SD-35). Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.

237. Asimismo, según la Tabla 10-23, el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc presentaron concentraciones que no excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. Así mismo, los análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial (Tessier, Campbell & Bisson, 1979) indicaron que estos metales se

encuentran enlazados en mayor proporción a la fracción 5 (asociado a minerales primarios y secundarios) a excepción del cadmio y el mercurio que se presentaron por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.

**Tabla 10-22.** Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 2 laguna Tinquicocha

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-35	Laguna Tinquicocha	90	10	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10-23.** Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 2 laguna Tinquicocha

Parámetro	Unidad	Punto de monitoreo	CEQG	
		Laguna Tinquicocha	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-35		
Arsénico total (As)	mg/kg MS	3,20	5,9	17
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	0,04	0,6	3,5
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	4,26	35,7	197
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	2,80	37,3	90
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	< 0,03	0,17	0,486
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	2,67	35	91,3
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	12,20	123	315
		Excede el valor ISQG		
		Excede el valor PEL		
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.				
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.				

Fuente: Elaboración propia.

238. A continuación, en la Tabla 10-24, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento.

**Tabla 10-24.** Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 2 laguna Tinquicocha

Parámetros	Unidad	Punto de monitoreo
		Laguna Tinquicocha
		SD-35
Azufre Total	(%)	0,13
Fizz Rating	-	0
pH Pasta	Unidades de pH	6,87
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	0,625

Parámetros	Unidad	Punto de monitoreo
		Laguna Tinquicocha
		SD-35
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO3/Ton)	3,375
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO3/Ton)	4
Ratio Potencial de Neutralización	-	6,4
Sulfato Total	(%)	0,11
Sulfuro Total	(%)	0,02
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		PNGA
<sup>(a)</sup> Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO3/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.		
<sup>(b)</sup> Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.		

PGA: potencial generador de ácido.

PNGA: potencial no generador de ácido.

Fuente: Elaboración propia

239. Según la Tabla 10-24, se observa que el punto SD-35 ubicado en la laguna Tinquicocha, presentó un valor de 6,87 unidades de pH. Con respecto a la prueba estática ABA, el punto evaluado es potencial no generador de ácido, según el criterio de evaluación 2.

### 10.1.3. Hidrobiología

240. En esta sección se presentan los resultados y análisis de las microalgas registradas en la Zona I para el componente hidrobiología en los dos grupos de evaluación contemplado para esta zona.

#### 10.1.3.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

241. A continuación, se muestran la composición, riqueza y abundancia; así como los índices de diversidad alfa y beta de las microalgas en cada uno de los sectores ya establecidos en el componente agua superficial y sedimento.

##### a. Sector Itapallone

242. La composición y riqueza de las microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua de la zona I – sector Itapallone se detallan en la Figura 10-40. La comunidad de microalgas estuvo compuesta por un total de 46 especies agrupadas en 17 familias y 14 órdenes, distribuidas en cuatro phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Cryptophyta. El registro completo de especies se detalla en el Anexo A.3. En general el phylum Bacillariophyta fue el más diverso con 32 especies; seguido el phylum Cyanobacteria con ocho especies, Chlorophyta con cinco especies y Cryptophyta solo con una especie registrada en el punto HB-46, ubicado en el río Crucero. Asimismo, en este punto se observó que la riqueza alcanzó su máximo valor con 29 especies, encontrándose que 24 especies corresponden al phylum Bacillariophyta, comúnmente denominadas diatomeas.



1  
A  
4  
2

243. La abundancia de microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua de la zona I – sector Itapallone se detallan en la Figura 10-40. La abundancia total registrada fue de 363 200 organismos, siendo las especies *Ulnaria acus* y *Ulnaria ulna* las más abundante con 28 000 y 26 000 organismos, respectivamente (ver Anexo A.3). En el punto HB-48, ubicado en el río Ichuña, se registró la mayor abundancia con 121 200 organismos encontrándose que el phylum Bacillariophyta fue el más abundante con 77 000 organismos siendo las especies *Ulnaria acus* y *Ulnaria ulna* las más abundante con 13 000 y 15 000 organismos; mientras que la menor abundancia se registró en la quebrada Corire (HB-40) con 4 000 organismos. Además, se observó la presencia del phylum Chlorophyta en los puntos HB-40, HB-47 y HB-48; sin embargo, en el punto HB-48 la abundancia es alta con 33 200 organismos.
244. Es preciso indicar que la baja diversidad y abundancia en los puntos HB-37, HB-40, HB-43, HB-44 y HB-45 estaría asociada a los valores bajos de pH; es decir que estos cuerpos de agua evaluados registraron aguas ácidas indicando condiciones químicas extremas para el desarrollo de las microalgas.
245. Con base a los resultados de riqueza y abundancia de especies, se muestran en la Figura 10-41, los valores de números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo. Se observa que los números de Hill N1 y N2 presentan la misma tendencia; así tenemos que N1 varió desde 2,75 especies efectivas en el punto HB-44 hasta 20,92 especies efectivas en el punto HB-46 y en los mismos puntos de monitoreo N2 varió desde 2,57 especies efectivas hasta 16,19 especies efectivas. Por otro lado, los valores de Pielou variaron desde 0,87 en el punto HB-47 hasta 0,96 en los puntos HB-37 y HB-43; estos valores muestran una alta equidad (> 0,5) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.
246. Por otro lado, con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similaridad de Bray Curtis, dando como resultado la relación de tres grupos como se observa en la Figura 10-41. El primer grupo está conformado principalmente por los puntos HB-46 y HB-48 mostrando una similaridad de 38 % entre las especies en estos puntos de monitoreo. El segundo grupo lo conforman los puntos HB-40, HB-43 y HB-44; donde los dos últimos puntos ubicados en la quebrada Corire alcanzaron la máxima similaridad cercana al 72%. El tercer grupo con una similaridad del 40% en los puntos HB-45 y HB-47.



J  
A  
24  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

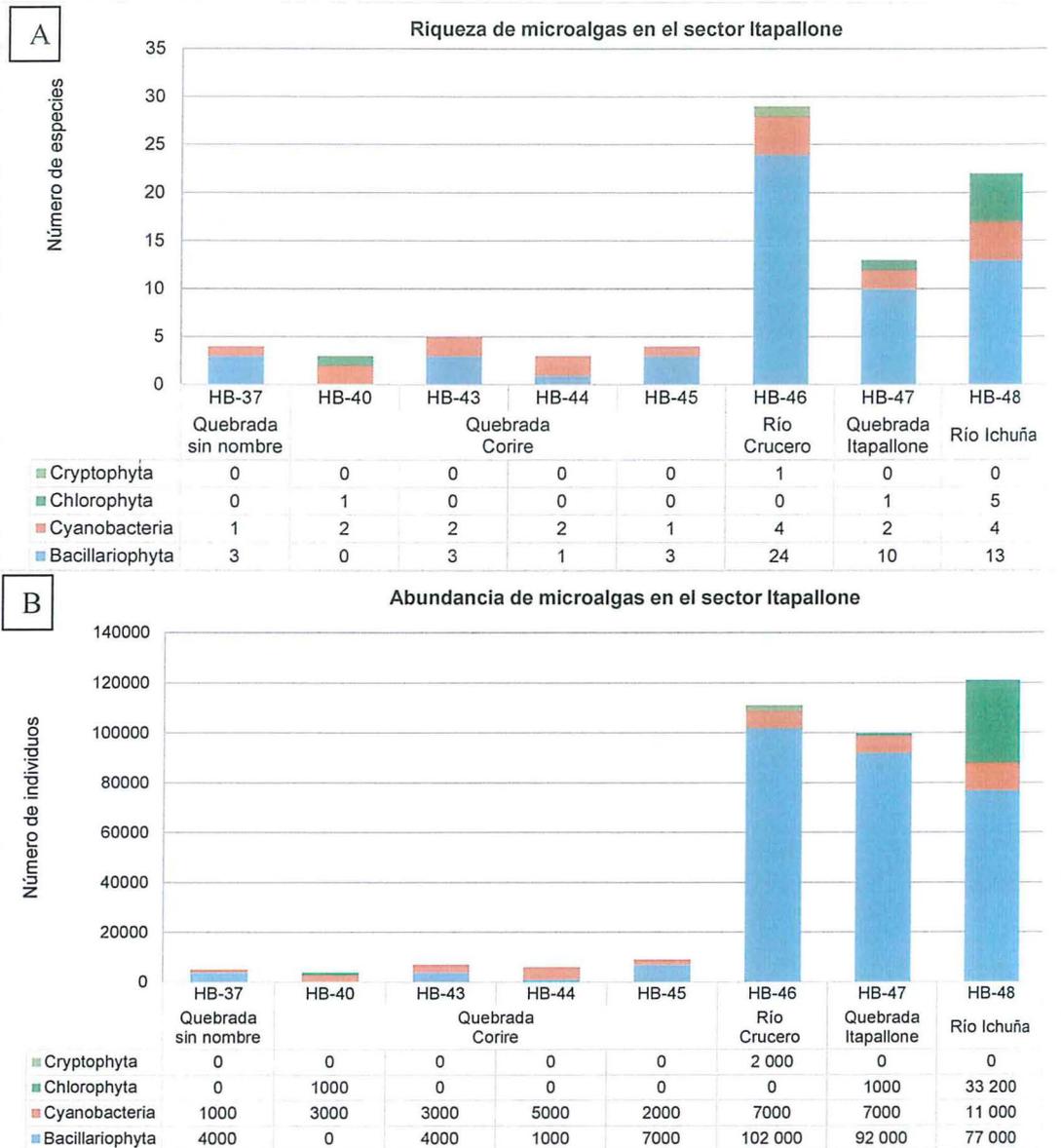


Figura 10-40. Riqueza (A) y Abundancia (B) de microalgas en las estaciones de monitoreo de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL  
 SUBDIRECCIÓN DE LA LÍNEA DE TRÁNSITO DE AGENTES CONTAMINANTES  
 OEFA  
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTALES  
 VIBO  
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

X  
A  
y  
z

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

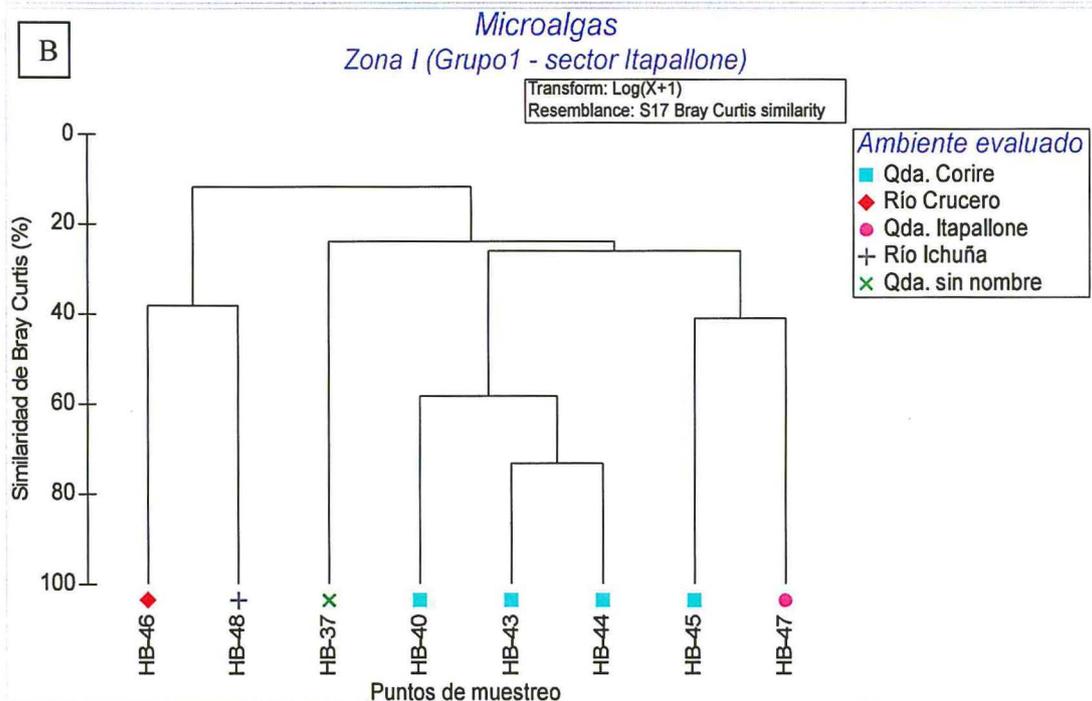
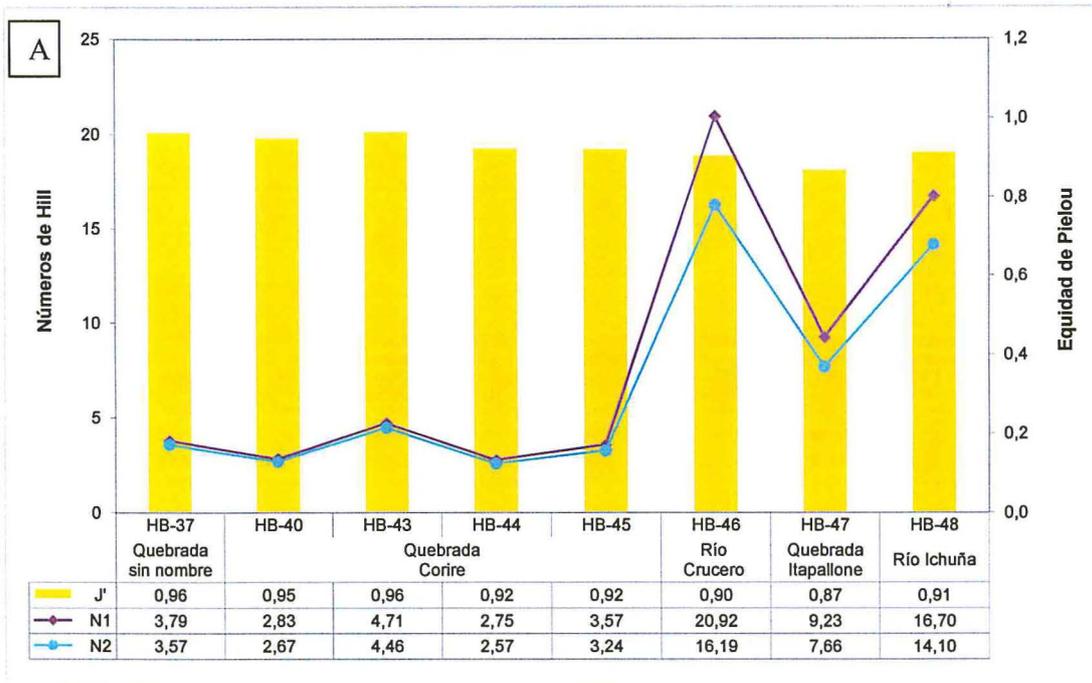


Figura 10-41. Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de la zona I - Grupo 1 sector Itapallone

247. Es preciso indicar que en el punto HB-46, ubicado en el río Crucero, se colectaron 12 individuos de la especie *Trichomycterus sp.* conocida como "bagre" y tres individuos de la especie *Oncorhynchus mykiss*, denominada comúnmente "trucha". Es probable que esta última especie tenga un valor socio-económico en la zona debido a que los pobladores la consumen. Las tallas de los ejemplares de trucha colectados variaron entre 12 y 16,2 cm (ver Anexo A.3), lo que corresponde



Handwritten signature and date: 4/2

a tallas de estadios juvenil y engorde, según el manual de crianza de trucha (Fondepes, 2014).

248. Por otro lado, el género *Trichomycterus* registrado en la cuenca es representativo e importante en nuestro relieve geográfico, ya que son peces considerados indicadores de aguas limpias y bien oxigenadas.

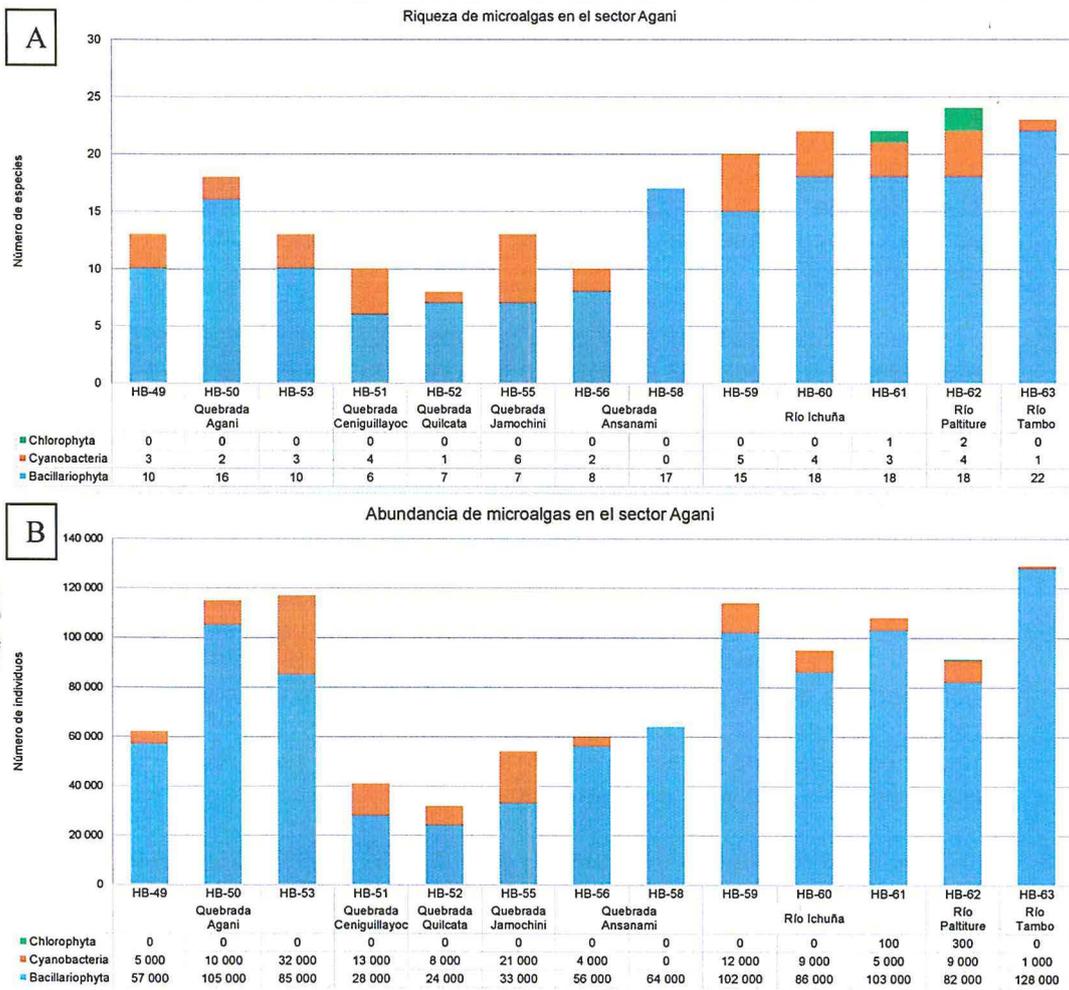
#### b. Sector Agani

249. La composición y riqueza de las microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua de la zona I – sector Agani se detallan en la Figura 10-42. La comunidad de microalgas estuvo compuesta por un total de 60 especies agrupadas en 20 familias y 14 órdenes, distribuidas en tres phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta. El registro completo de especies se detalla en el Anexo A.3. En general el phylum Bacillariophyta fue el más diverso con 44 especies; seguido el phylum Cyanobacteria con 14 especies y Chlorophyta solo dos especies registradas en los puntos HB-61 y HB-62. En el río Paltiture se observó que la riqueza alcanzó su máximo valor en el punto HB-62 con 24 especies, encontrándose que 18 especies corresponden al phylum Bacillariophyta.
250. Es preciso indicar que en esta zona se observó la presencia de bofedales o humedales altoandinos, los cuales son importantes fuentes de agua y presentan una diversidad biológica singular. Esto contribuiría a la mayor riqueza encontrada en el sector Agani; destacando la presencia de los géneros *Nitzschia* y *Navicula* asociados a la polución orgánica.
251. La abundancia de microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua de la zona I – sector Agani se detallan en la Figura 10-42. La abundancia total registrada fue de 953 000 organismos, siendo la especie *Ulnaria ulna* la más abundante con 103 000 organismos (ver Anexo A.3). En el punto HB-63, ubicado en el río Tambo, se registró la mayor abundancia con 129 000 organismos encontrándose que el phylum Bacillariophyta fue el más abundante con 128 000 organismos siendo la especie *Diatoma tenuis* la más abundante con 28 000 organismos; mientras que la menor abundancia se registró en la quebrada Quilcata (HB-52) con 32 000 organismos.
252. Con base a los resultados de riqueza y abundancia de especies, se muestran en la Figura 10-43, los valores de números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo. Se observa que los números de Hill N1 y N2 presentan la misma tendencia; así tenemos que N1 varió desde 6,75 especies efectivas en el punto HB-56 hasta 17,30 especies efectivas en el punto HB-50 y en los mismos puntos de monitoreo N2 varió desde 4,40 especies efectivas hasta 15,45 especies efectivas. Por otro lado, los valores de Pielou variaron desde 0,70 en el punto HB-56 hasta 0,94 en el punto HB-50; estos valores muestran una alta equidad (> 0,5) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.
253. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similaridad de Bray Curtis, dando como resultado la relación de cinco grupos con una similitud menor al 50% como se observa en la Figura 10-43. El primer grupo está conformado principalmente por los puntos ubicados en el río Ichuña (HB-61) y río Paltiture (HB-62) mostrando una similaridad de 48 % entre



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

las especies en estos puntos de monitoreo. El segundo grupo lo conforman los puntos HB-56, HB-58 ubicados en la quebrada Ansamani y HB-60 ubicado en el río Ichuña con una similaridad de 50%. El tercer grupo con una similaridad del 42% en los puntos HB-59 ubicado en el río Ichuña y HB-63 ubicado en el río Tambo; el cuarto grupo registró una similaridad de 50%; dentro de este grupo los puntos HB-49 y HB-50 ubicados en la quebrada Agani reportaron una similaridad del 57%, esto indicó que existe mayor relación de especies entre estos dos puntos de monitoreo. En el quinto grupo la similaridad fue de 51 %. En general, la similaridad entre los puntos de muestreo fue moderada ya que supera el 50% de similaridad.



442

Figura 10-42. Riqueza (A) y Abundancia (B) de microalgas en las estaciones de monitoreo de la Zona I - Grupo 1 sector Agani

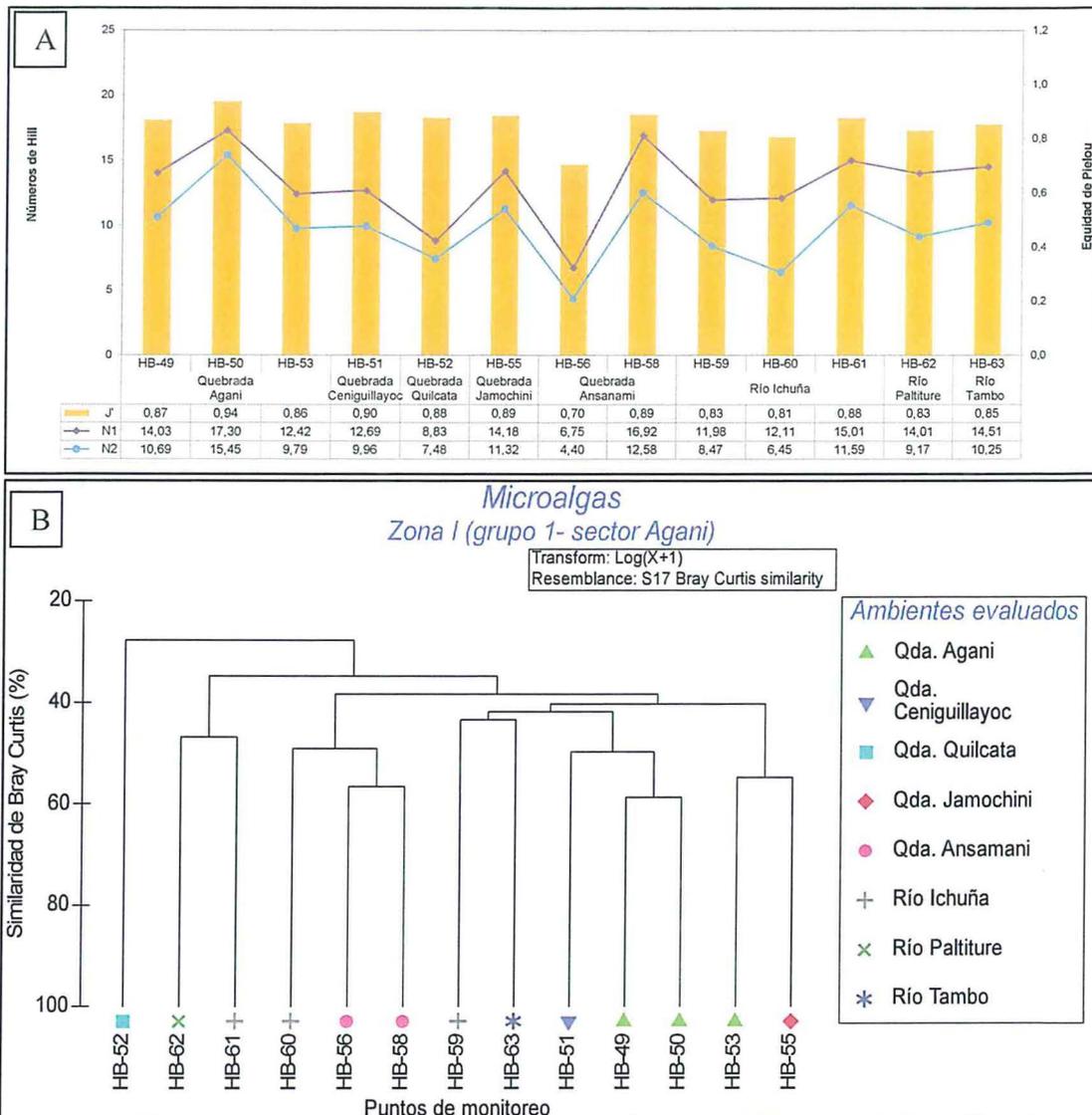


Figura 10-43. Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de la zona I - Grupo 1 sector Agani

**c. Sector Tassa**

254. La composición y riqueza de las microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua de la zona I – sector Tassa se detallan en la Figura 10-44. La comunidad de microalgas estuvo compuesta por un total de 37 especies agrupadas en 10 familias y 10 órdenes, distribuidas en dos phyla: Bacillariophyta y Cyanobacteria. El registro completo de especies se detalla en el Anexo A.3. En general el phylum Bacillariophyta fue el más diverso con 35 especies; seguido el phylum Cyanobacteria con dos especies: *Xenococcus cf. cladophorae* registrada en el punto HB-68 y *Heteroleibleinia sp. 1* en el punto HB-71.

255. La abundancia de microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua de la zona I – sector Tassa se detallan en la Figura 10-44. La abundancia total registrada fue de 333 000 organismos, siendo las especies *Ulnaria ulna* y *Surirella brebissonii* las más abundante con 19 000 y 10 000 organismos,

respectivamente (ver Anexo A.3). En el punto HB-71, ubicado en el río Tambo, se registró la mayor abundancia con 133 000 organismos encontrándose que el phylum Bacillariophyta fue el más abundante con 132 000 organismos siendo las especies *Ulnaria ulna* (15 000 organismos), *Planothidium frequentissimum* (14 000 organismos), *Gomphonema parvulum* y *Ulnaria acus* (cada una con 13 000 organismos); mientras que la menor abundancia se registró en la quebrada Pachaca (HB-66) con 7000 organismos. Además, se observó la presencia del phylum Cyanobacteria en los puntos HB-68 y HB-71 con 1000 organismos en cada punto.

256. Con base a los resultados de riqueza y abundancia de especies, se muestran en la Figura 10-45, los valores de números de Hill ( $N_1$  y  $N_2$ ) y la equidad de Pielou ( $J'$ ) para cada punto de monitoreo. Se observa que los números de Hill  $N_1$  y  $N_2$  presentan la misma tendencia; así tenemos que  $N_1$  varió desde 4,46 especies efectivas en el punto HB-68 hasta 15,71 especies efectivas en el punto HB-71 y en los mismos puntos de monitoreo  $N_2$  varió desde 4,00 especies efectivas hasta 13,06 especies efectivas. Por otro lado, los valores de Pielou variaron desde 0,82 en el punto HB-69 hasta 0,96 en el punto HB-66; estos valores muestran una alta equidad ( $> 0,5$ ) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

257. Por otro lado, con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similaridad de Bray Curtis, dando como resultado la relación de dos grupos como se observa en la Figura 10-45. El primer grupo está conformado por los puntos HB-69, HB-70 y HB-71 con una similaridad de 30%; donde los puntos ubicados en el río Tambo (HB-70 y HB-71) alcanzaron la máxima similaridad cercana al 50%. El segundo grupo lo conforman los puntos HB-66 y HB-68 con una similaridad cercana al 18%.



1  
2  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

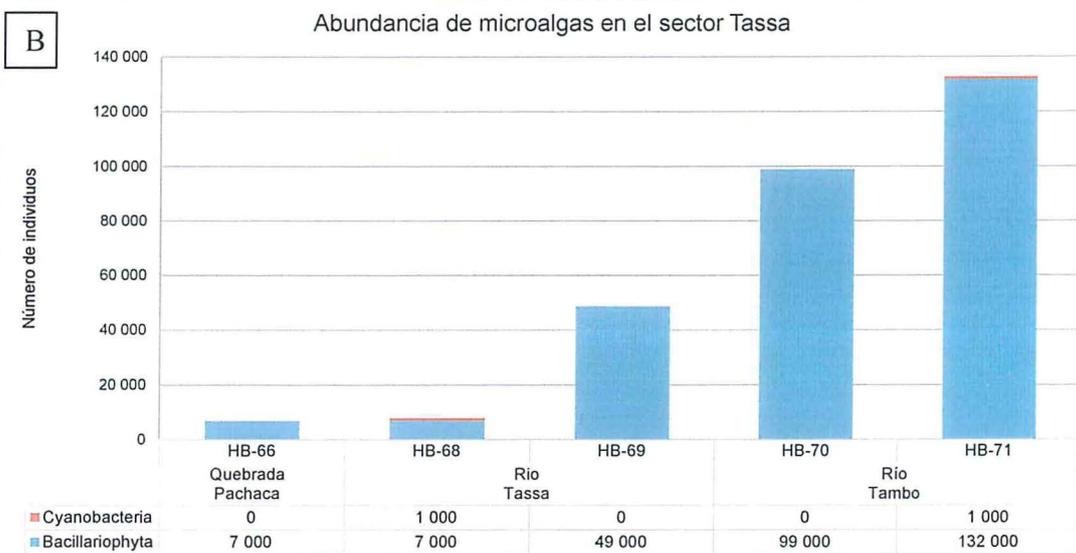
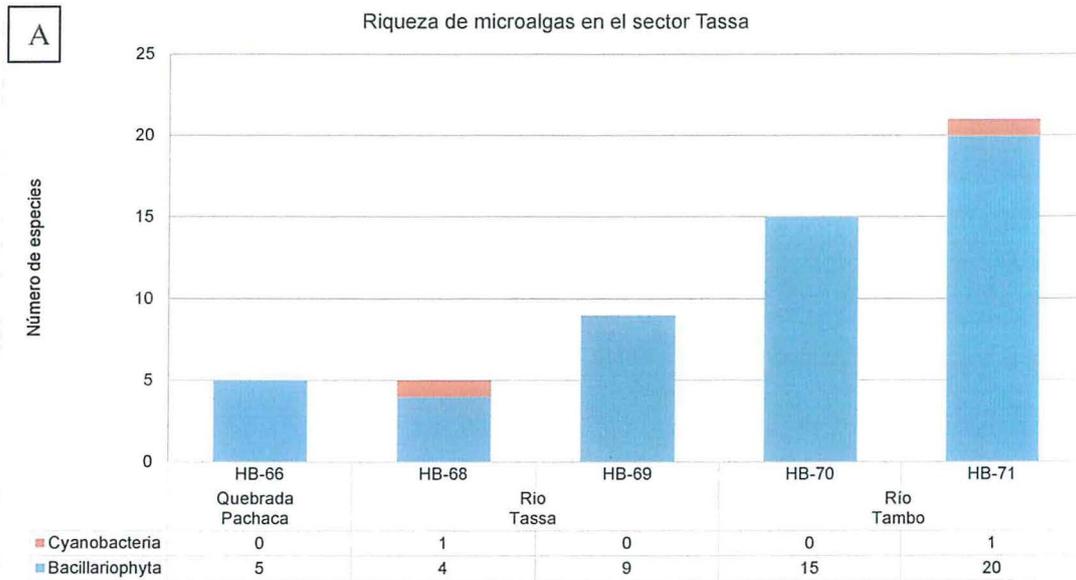


Figura 10-44. Riqueza (A) y Abundancia (B) de microalgas en las estaciones de monitoreo de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa



↓  
★  
4  
2

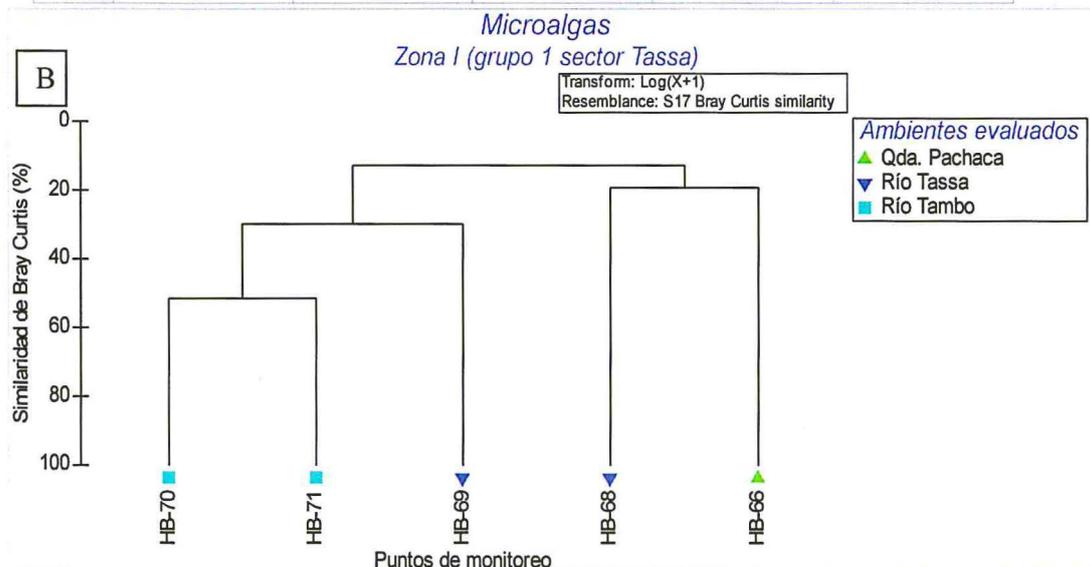
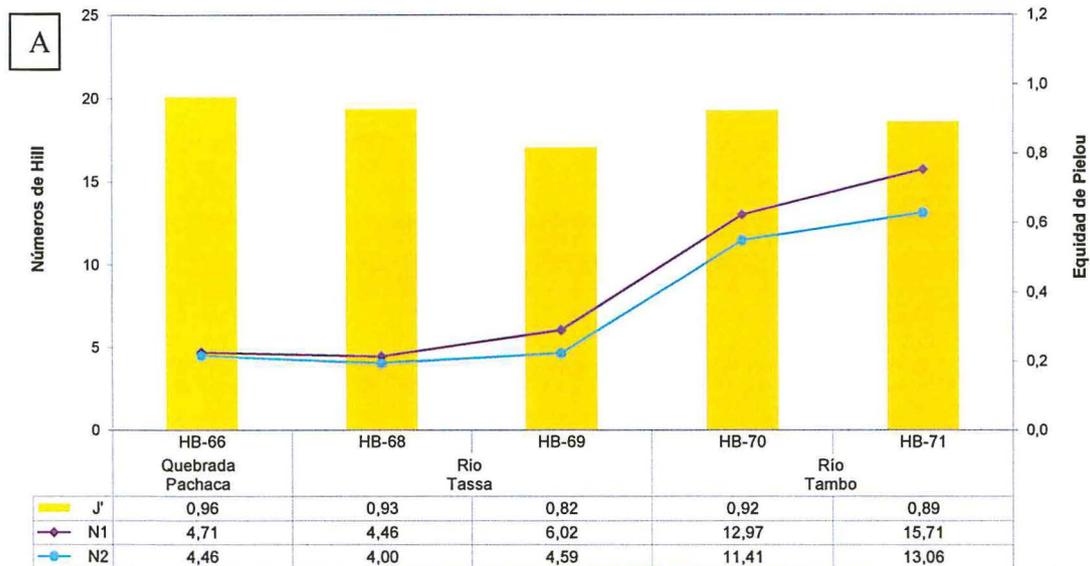


Figura 10-45. Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de la zona I - Grupo 1 sector Tassa

### 10.1.3.2. Grupo 2: Ambientes lénticos

258. Cabe precisar que el único ambiente léntico evaluado para la zona I fue la laguna Tinquicocha con un punto de monitoreo, HB-35, en cual se realizó el análisis de la comunidad de plancton.
259. El plancton está conformado de organismos de pequeño tamaño (típicamente < 3,0 cm) que tienen como característica principal habitar la columna de agua con limitada capacidad de contrarrestar las corrientes del agua. En este estudio, el análisis de los resultados se enfocó en dos grupos: fitoplancton y zooplancton.

10.1.3.2.1. Fitoplancton

260. A continuación, se analiza el fitoplancton mediante la composición, riqueza y abundancia de especies; así como los índices de diversidad alfa y beta.

i) Composición, riqueza y abundancia de especies

261. El registro completo de la comunidad de fitoplancton se detalla en el Anexo A.3. Esta comunidad estuvo compuesta por un total de 12 especies agrupadas en 11 familias y 10 órdenes, distribuidas en cuatro phyla: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Miozoa. Se registró que el phylum Bacillariophyta fue el más diverso con cinco especies de las 12 encontradas, seguido de Charophyta con cuatro especies; mientras que los phyla Chlorophyta y Miozoa solo se registraron dos y una especie, respectivamente. Ver Figura 10-46.

262. La abundancia del fitoplancton encontrada en la laguna Tinquicocha de la zona I se muestran en la Figura 10-46. La abundancia total registrada fue de 350 organismos, evidenciándose que el phylum más abundante fue Charophyta con 200 organismos, seguido de Bacillariophyta con 120 organismos; mientras que Chlorophyta y Miozoa solo obtuvieron 20 y 10 organismos, respectivamente. Dentro del grupo de las Charophyta, la especie *Staurodesmus sp.* fue la más abundante con 100 organismos, seguido de *Mougeotia sp.* con 60 organismos.



J  
A  
ey  
2

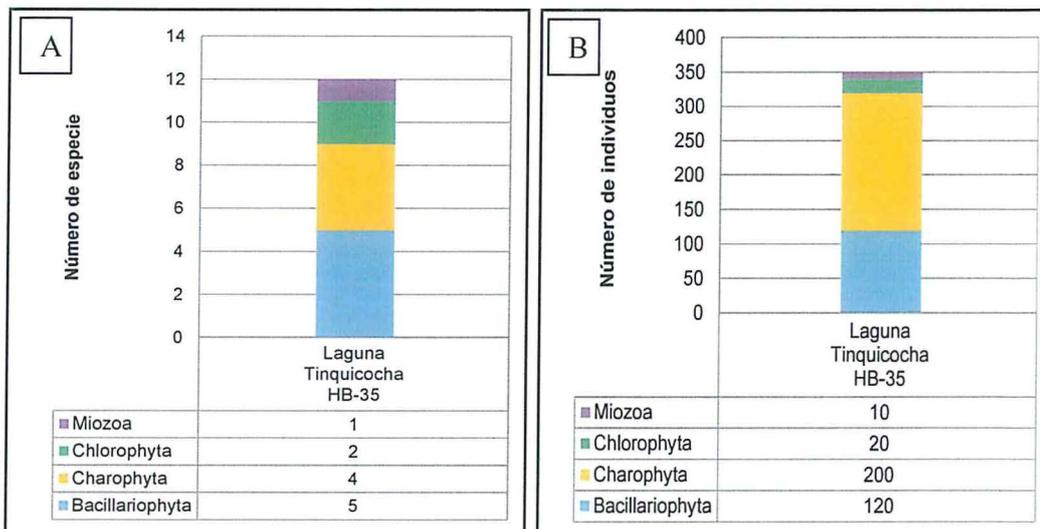


Figura 10-46. Riqueza (A) y Abundancia (B) de fitoplancton en las estaciones de monitoreo de la Zona I

263. Con base a los resultados de riqueza y abundancia de especies; se obtuvieron los valores de la diversidad alfa: números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') en la laguna Tinquicocha, como se observan en la Tabla 10-25. El valor de N1 fue 8,28 especies efectivas o dominantes; mientras que el valor de N2 fue 6.48 especies efectivas; es decir más dominantes. Por otro lado, el valor de Pielou fue de 0,85; este valor muestra una alta equidad (> 0.5) indicando que la población de fitoplancton es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

Tabla 10-25. Valores de la diversidad alfa

Índice / Ambiente evaluado		Laguna Tinquicocha
		HB-35
Equidad de Pielou	(J')	0,85
Números de Hill	N1	8,28
	N2	6,48

Fuente: Elaboración propia

#### 10.1.3.2.2. Zooplancton

264. En el zooplancton se identificaron cuatro especies, de las cuales una de ellas no se pudo identificar hasta el nivel de especie denominada como "larva de nauplio". La especie más abundante fue *Boeckella gracilipes* con 12 organismos, seguido de las larvas nauplio con 6 organismos; mientras que las menos abundante fueron *Daphnia sp.* y *Alona sp.* con 0,25 organismos.

#### 10.2. Zona II

265. La Zona II comprende la evaluación de los cuerpos de agua circunscritos a la unidad minera Tucari de Aruntani S.A.C. que actualmente se encuentra en etapa de cierre progresivo hasta el año 2017. Asimismo, para facilitar el análisis de resultados obtenidos de la evaluación de calidad de los componentes agua, sedimento e hidrobiología, los puntos de monitoreos fueron agrupados tomando en cuenta la cercanía de los cuerpos de agua a las actividades mineras, como se detalla a continuación:

- Grupo 1: Puntos no influenciados por actividades mineras, ubicados en las quebradas Hualcani (AG-01), Queñuani (AG-02, AG-03, AG-04), Queullirijahuiri (AG-12, AG-13, AG-14), y los ríos Queullirijahuiri (AG-17), Aruntaya (AG-05, AG-06) y Titire (AG-09). Los cuáles serán utilizados como puntos referenciales. Adicionalmente, se ubicó un punto en la laguna Tucari (AG-16) por ser tributario a al río Queullirijahuiri.
- Grupo 2: Puntos influenciados directamente por actividades mineras debido a que sus aguas discurren entorno a los componentes mineros de la unidad, ubicados en las quebradas Margaritani (AG-20, AG-21, AG-22), Apostoloni (AG-25, AG-26, AG-27, AG-28, AG-29, AG-30), y el río Margaritani (AG-24 y AG-18).
- Grupo 3: Puntos influenciados indirectamente por actividades mineras, ubicados aguas abajo de las actividades mineras, en los ríos Queullirijahuiri (AG-19, AG-07), Aruntaya (AG-08, AG-10), Titire (AG-11). Adicionalmente, se incluyeron los puntos ubicados en los ríos Coralaque (AG-31) y Tambo (AG-32, AG-33), principal río de la cuenca.

#### 10.2.1. Calidad de agua

266. El análisis de los resultados de los grupos antes mencionados, inicia con los parámetros de campo (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura) obtenidos de las fichas de campo presentados en el anexo C.1 y continúa con los parámetros determinados por el laboratorio acreditado (DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno

J  
A  
4  
2

amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente, cianuro wad y metales totales y disueltos) obtenidos de los informes de ensayo del anexo E.1. Al final de este análisis se realiza la discusión de los resultados obtenidos en el orden previamente descrito.

**10.2.1.1. Grupo 1: Ambientes no influenciados por actividades mineras**

267. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en el grupo 1 (puntos no influenciados por actividades mineras), ubicados en las quebradas Hualcani, Queñuani, Queullirijahuiri y en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya y Titire; además, del punto ubicado en la laguna Tucari, se detallan en la Tabla 10-26., donde se observa que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) incumplieron los ECA para agua, Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1-Lagunas y lagos y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra, al menos en un punto de monitoreo. En el caso del oxígeno disuelto (OD) todos los puntos cumplieron con los valores establecidos en los ECA referidos. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 2,4 - 14,8 °C.

**Tabla 10-26.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 1

Cuerpo de agua	Código	Resultados de los parámetros de campo			
		pH (unidad de pH)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	T (°C)
Quebrada Hualcani <sup>d</sup>	AG-01	3,00	1228,0	6,54	8,0
Quebrada Queñuani <sup>d</sup>	AG-02	4,28	140,0	5,92	10,8
	AG-03	3,35	88,0	5,54	13,8
	AG-04	7,56	115,0	5,54	10,2
Quebrada Queullirijahuiri <sup>a,b</sup>	AG-12	3,46	571,0	6,35	6,4
	AG-13	3,01	1955,0	7,12	1,7
	AG-14	3,13	1162,0	6,06	10,5
Río Queullirijahuiri <sup>a,b</sup>	AG-17	3,16	635,0	7,42	2,4
Río Aruntaya <sup>a,b</sup>	AG-05	4,11	317,0	6,76	5,9
	AG-06	5,02	267,0	6,22	11,4
Río Titire <sup>a,b</sup>	AG-09	8,13	600,0	6,25	14,8
Laguna Tucari <sup>c</sup>	AG-16	10,16	198,0	7,97	10,9
<b>ECA para Agua, Cat3D1 <sup>a</sup></b>		<b>6,5 - 8,5</b>	<b>2 500</b>	<b>≥4</b>	(*)
<b>ECA para Agua, Cat3D2 <sup>b</sup></b>		<b>6,5 - 8,4</b>	<b>5 000</b>	<b>≥5</b>	
<b>ECA para Agua, Cat4E2 <sup>c</sup></b>		<b>6,5 - 9,0</b>	<b>1 000</b>	<b>≥5</b>	
<b>ECA para Agua, Cat4E2 <sup>d</sup></b>		<b>6,5 - 9,0</b>	<b>1 000</b>	<b>≥5</b>	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA.					
<sup>a</sup> Cat3D1	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.				
<sup>b</sup> Cat3D2	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.				
<sup>c</sup> Cat4E1- Lagunas y Lagos	ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos.				
<sup>d</sup> Cat4E2- Costa y Sierra	ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos de Costa y Sierra, debido a que estos puntos tributan al embalse de Pasto Grande.				
(*) El ECA establece una variación de tres (Δ3), el cual se determina considerando la media histórica de los últimos cinco años como máximo y de un año como mínimo, considerando la estacionalidad. Sin embargo, no se consideró en el presente monitoreo por tratarse de muestras puntuales.					

Fuente: Elaboración propia.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL  
SUBDIRECCIÓN DE LA LINEA DE ARGUMENTOS CONSULTANTES  
OEFA - 77110000

EVALUACIONES AMBIENTALES  
V.B.  
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

14/04/20

268. A continuación, se muestran los resultados de los parámetros de campo que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo del Grupo 1.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

269. En la Figura 10-47, se aprecia que todos los puntos presentaron valores por debajo del límite inferior de los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5), Cat3D2 (6,5 – 8,4), Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra (6,5 – 9,0), a excepción de los puntos AG-04 (pH:7,56), ubicado en la quebrada Queñuani y AG-09 (pH: 8,13), ubicado en el río Titire, que presentaron valores dentro de los rangos establecidos en los ECA para agua; en cambio, el punto AG-16, ubicado en la laguna Tucari presentó valores por encima del límite superior del rango establecido ECA para agua Cat4E1-Lagunas y lagos (6,5 – 9,0).

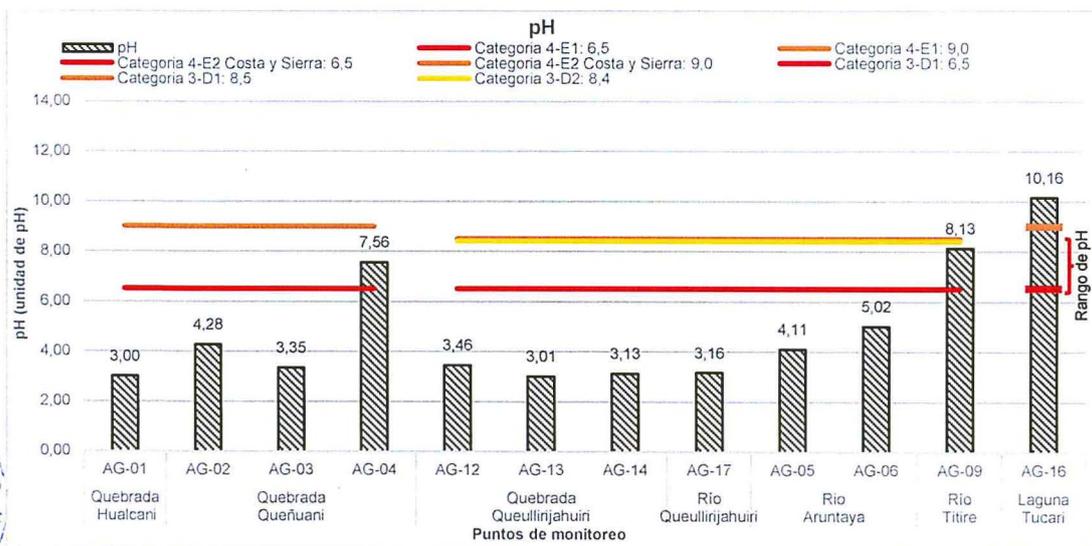


Figura 10-47. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona II - Grupo 1.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

270. La Figura 10-48, muestra que todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1, Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra, Cat4E1-Lagunas y lagos, a excepción del valor de CE obtenido en el punto AG-01 (1228  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ubicado en la quebrada Hualcani, que excede el ECA para agua Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra (1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



8  
A  
4  
2

“Año de la Consolidación del Mar de Grau”  
 “Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú”

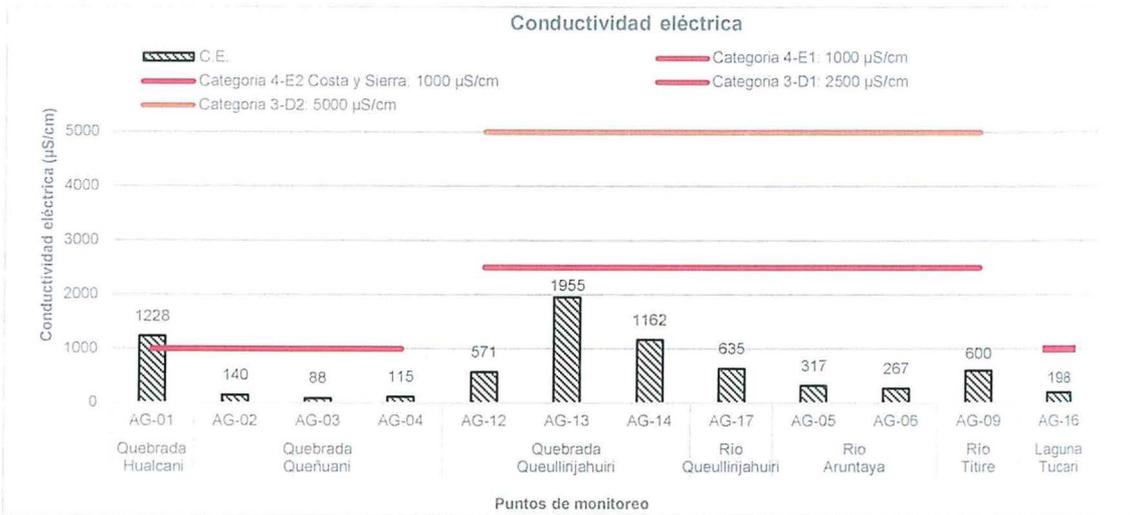


Figura 10-48. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona II - Grupo 1.

271. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-27.

272. En esta tabla se resaltan los valores de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (9,8 mg/L), fósforo total (0,33 mg/L) que incumplieron los ECA para agua Cat4E1-Laguna y lagos (5 y 0,035 mg/L, respectivamente) en el punto AG-16, ubicado en la laguna Tucari. Asimismo, se presentaron elevadas concentraciones de sulfatos en el punto AG-13 (1300,9 mg/L), ubicado en la quebrada Queullirijahuiri, incumpliendo los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2 (1000 mg/L). Por otro lado, las concentraciones de DBO<sub>5</sub>, DQO, bicarbonatos, cianuro wad, cromo hexavalente, fósforo total, cloruros, nitritos, nitratos, nitrógeno total y sulfatos en los demás puntos evaluados presentaron valores por debajo de los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos, Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra, Cat3D1 y Cat3D2. Estos valores de DBO<sub>5</sub> y fósforo total podrían indicar un proceso de eutrofización de la laguna, en cuanto a la presencia de sulfatos en la quebrada Queullirijahuiri posiblemente se atribuirán a la mineralización de la zona.



5  
A  
4  
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-27. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 1

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de monitoreo												ECA para agua, (D.S. N° 015-2015-MINAM)				
		Quebrada Hualcani (d)	Quebrada Queñuani (d)				Quebrada Queullirijahuiri (a,b)			Río Queullirijahuiri (a,b)	Río Aruntaya (a,b)		Río Titire(a,b)	Laguna Tucari (c)	Categoria 3: Riego de vegetales y bebida de animales		Categoria 4: Conservación del ambiente acuático	
		AG-01	AG-02	AG-03	AG-04	AG-12	AG-13	AG-14	AG-17	AG-05	AG-06	AG-09	AG-16	D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo. (a)	D2: Bebida de animales (b)	E1: Lagunas y Lagos (c)	E2: Ríos de Costa y Sierra (d)	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	9,8	15	15	5	10	
DQO	mg/L	5,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,6	<2,0	6,4	<2,0	<2,0	5,7	98,1	40	40	---	---	
Bicarbonatos	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	84,3	90,5	518	---	---	---	
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	0,1	---	---	
Cromo hexavalente	mg/L	*	*	*	*	<0,01	<0,01	<0,01	*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	---	---	0,011	0,011	
Fosfato	mg/L	0,035	*	*	*	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,027	0,026	0,048	<0,007	---	---	---	---	
Fósforo total	mg/L	0,02	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,22	0,08	0,07	0,02	<0,01	0,02	0,33	---	---	0,035	0,05	
Cloruros	mg/L	1,2	0,9	0,5	6,9	0,3	1,1	1,3	0,6	0,5	1,2	15,4	2,9	500	---	---	---	
Nitritos	mg/L	0,04	*	*	*	<0,005	0,011	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	<0,005	0,025	10	10	---	---	
N-Amoniacal	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,03	---	---	---	---	
Nitratos	mg/L	0,84	<0,05	0,17	0,1	0,15	0,08	0,64	0,29	0,14	<0,05	<0,05	0,21	---	---	13	13	
Nitrógeno Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---	0,315	---	
Sulfatos	mg/L	356,1	39,7	147,1	38,7	154,1	1300,9	568,2	182,5	110,8	101,3	200,4	11,9	1 000	1 000	---	---	
		Incumple al menos uno de los valores de los ECA.																
	---	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																
	*	No se realizó la medición del parámetro en este punto.																
	<	Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																
<b>a Cat3D1</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																
<b>b Cat3D2</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.																
<b>c Cat4E1- Lagunas y Lagos</b>		ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos.																
<b>d Cat4E2- Costa y Sierra</b>		ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos de costa y sierra, considerado debido a que estos puntos tributan al embalse de Pasto Grande.																



8  
\*  
4  
4  
2

273. Respecto a los resultados del parámetro metales totales (Tabla 10-28), se observa que los metales totales que excedieron los estándares de comparación al menos en un punto de monitoreo fueron: aluminio (Al), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), y zinc (Zn). La Tabla 10-28, detalla los puntos que excedieron los estándares de comparación para metales totales considerados en los ECA para agua, Cat3D1, Cat3D2 y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra (así como los porcentajes de metales disueltos). Por otro lado, los metales totales como berilio, litio, magnesio, mercurio y selenio presentaron valores muy por debajo de los ECA para agua, por lo tanto, son detallados en el Anexo A.1. junto a los resultados de los parámetros (metales totales y metales disueltos) que no cuentan con estándares de comparación, con fines informativos.



3  
4  
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-28.** Resultados de los metales totales que excedieron los ECA para agua en al menos uno de los puntos de monitoreo y metales disueltos expresados en porcentaje de la Zona II - Grupo 1

Cuerpo de agua	Punto de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L) y metales disueltos (%)																									
		Al		As		Ba		B		Cd		Co		Cu		Cr		Fe		Mn		Ni		Pb		Zn	
		Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)		
Quebrada Hualcani (d)	AG-01	<0,005	<	<0,007	<	0,007	57	0,769	4	0,013	4	0,12	96	0,201	96	0,009	100	<0,003	<	0,782	94	0,125	95	0,015	93	0,372	84
Quebrada Queñuani (d)	AG-02	2,005	96	<0,007	<	0,023	100	0,091	37	<0,001	<	0,01	71	0,005	20	<0,001	0	1,344	30	0,111	79	0,008	75	<0,001	<	0,013	85
	AG-03	4,854	97	<0,007	<	0,013	77	0,057	53	<0,001	<	0,01	83	<0,002	<	<0,001	0	2,636	94	0,655	88	0,011	88	<0,001	<	0,069	83
	AG-04	1,006	9	<0,007	<	0,014	86	0,035	60	<0,001	<	0	67	<0,002	<	<0,001	0	1,169	1	0,091	88	<0,002	<	<0,001	<	0,008	88
Quebrada Queullirijahuiri (a,b)	AG-12	21,10	93	<0,007	<	0,014	69	0,036	53	<0,001	<	0,04	85	0,082	22	<0,001	0	0,751	79	1,964	98	0,050	90	0,001	<	3,7	9
	AG-13	209,80	97	0,055	65	0,005	80	0,04	73	0,019	89	0,32	91	0,008	50	0,014	100	90,78	94	3,824	97	0,304	90	<0,001	<	1,535	93
	AG-14	87,68	90	0,014	93	0,009	89	0,028	93	0,006	100	0,12	97	0,060	15	0,007	100	32,5	91	2,255	98	0,118	95	<0,001	<	0,754	94
Río Queullirijahuiri (a,b)	AG-17	30,20	97	0,010	35	0,055	35	0,029	86	0,002	25	0,05	94	0,015	100	0,003	17	12,18	64	1,401	97	0,049	98	0,006	8	0,375	90
Río Aruntaya (a,b)	AG-05	4,716	87	<0,007	<	0,015	87	0,066	44	<0,001	<	0,02	87	0,008	63	<0,001	0	1,54	74	0,292	91	0,014	93	<0,001	<	0,034	85
	AG-06	3,414	85	<0,007	<	0,02	85	0,072	39	<0,001	<	0,02	75	0,019	16	<0,001	0	0,698	77	0,473	88	0,014	79	<0,001	<	0,043	60
Río Titire (a,b)	AG-09	0,204	21	0,040	<	0,032	97	0,309	74	<0,001	<	<0,001	<	0,094	4	<0,001	0	0,28	5	0,110	81	<0,002	<	<0,001	<	0,143	<
Laguna Tucari (c)	AG-16	0,459	77	0,008	<	0,033	73	0,13	82	<0,001	<	0,02	3	0,004	75	<0,001	0	1,947	60	0,205	61	<0,002	<	<0,001	<	0,0098	82
<b>a Cat3D1</b>		5	---	0,1	---	0,7	---	1	---	0,01	---	0,05	---	0,2	---	0,1	---	5	---	0,2	---	0,2	---	0,05	---	2	---
<b>b Cat3D2</b>		5	---	0,2	---	---	---	5	---	0,05	---	1	---	0,5	---	1	---	---	---	0,2	---	1	---	0,05	---	24	---
<b>c Cat4E1-Lagunas y Lagos</b>		---	---	0,15	---	0,7	---	---	---	0,0003	---	---	---	0,1	---	---	---	---	---	---	---	0,052	---	0,003	---	0,12	---
<b>d Cat4E2-Costa y Sierra</b>		---	---	0,15	---	0,7	---	---	---	0,0003	---	---	---	0,1	---	---	---	---	---	---	---	0,052	---	0,003	---	0,12	---
	Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.																										
	Indica que el metal se presenta mayormente en fase disuelta (>50 %)																										
---	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																										
<	Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																										
Cat3D1	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																										
Cat3D2	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D2: Bebidas de animales.																										
Cat4E1-Lagunas y Lagos	ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y Lagos.																										
Cat4E2-Costa y Sierra	ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos de costa y sierra.																										

274. A continuación, se presentan los resultados con las concentraciones de metales totales que excedieron los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo del Grupo 1. En las Figuras 10-49, 10-50 y 10-51, se muestran las concentraciones de metales totales (Al, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) que exceden el ECA para agua Cat3D1, Cat3D2 y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra. Cabe resaltar que para los puntos ubicados en las quebradas Hualcani, Queñuani y la laguna Tucari, los metales aluminio, boro, cromo, cobalto, hierro y manganeso no cuentan con valores estándares establecidos en los ECA para agua, por lo tanto, sus concentraciones se muestran solo con fines informativos.

- **Concentración de aluminio (Al)**

275. Las concentraciones de aluminio, superaron el ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2 (5 mg/L), en los puntos AG-12 (21,1 mg/L), AG-13 (209,8 mg/L) y AG-14 (87,68 mg/L) de la quebrada Queullirijahuiri y AG-17 (30,2 mg/L), en el río del mismo nombre, el resto de puntos presentaron concentraciones que cumplieron los ECA para agua.

- **Concentración de cadmio (Cd)**

276. Este metal, superó los ECA para agua Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra (0,00025 mg/L) y Cat3D1 (0,01 mg/L), en los puntos AG-01 (0,013 mg/L) y AG-13 (0,019 mg/L), ubicados en las quebradas Hualcani y Queullirijahuiri respectivamente, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones que cumplieron los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1-Lagunas y Lagos y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra.

- **Concentración de cobalto (Co)**

277. El cobalto superó el ECA para agua Cat3D1 (0,05 mg/L) en los puntos AG-13 (0,316 mg/L) y AG-14 (0,115 mg/L), ubicados en la quebrada Queullirijahuiri. Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones que cumplieron los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2.

- **Concentración de cobre (Cu)**

278. El cobre superó ECA para agua Cat4E2- Costa y Sierra (0,1 mg/L) sólo en el punto AG-01 (0,201 mg/L), ubicado en la quebrada Hualcani, los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones que cumplieron los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1 y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra.

- **Concentración de hierro (Fe)**

279. Las concentraciones de hierro presentaron valores por encima del ECA para agua Cat3D1 (5 mg/L), en los puntos AG-13 (90,78 mg/L) y AG-14 (32,5 mg/L), ubicados en la quebrada Queullirijahuiri y el AG-17 (12,18 mg/L), ubicado en el río Queullirijahuiri. Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1.



J  
A  
4  
2

- **Concentración de manganeso (Mn)**

280. Este metal presentó concentraciones que superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L), en los puntos AG-12 (1,964 mg/L), AG-13 (3,824 mg/L) y AG-14 (2,255 mg/L), ubicados en la quebrada Queullirijahuiri, y AG-17 (1,401 mg/L) del río que lleva el mismo nombre, además, de los puntos AG-05 (0,292 mg/L) y AG-06 (0,473 mg/L) en el río Aruntaya. Los demás puntos de monitoreo presentaron valores por debajo de los ECA para agua.

- **Concentración de níquel (Ni)**

281. Las concentraciones de níquel excedieron los valores establecidos en los ECA para agua Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra (0,052 mg/L) y Cat3D1 (0,2 mg/L) en los puntos AG-01 (0,125 mg/L) y AG-13 (0,304 mg/L), ubicados en las quebradas Hualcani y Queullirijahuiri respectivamente. El resto de puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1-Lagunas y lagos y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra.

- **Concentración de plomo (Pb)**

282. El plomo superó el ECA para agua Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra (0,0025 mg/L) sólo en el punto AG-01 (0,015 mg/L), ubicado en la quebrada Hualcani, resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1-Lagunas y lagos y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra.

- **Concentración de zinc (Zn)**

283. El zinc superó el ECA para agua Cat4E2-Costa (0,12 mg/L) y Sierra y Cat3D1 (2 mg/L), en los puntos AG-01 (0,372 mg/L) y AG-12 (3,7 mg/L), ubicados en las quebradas Hualcani y Queullirijahuiri respectivamente, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2, Cat4E1 y Cat4E2-Ríos-Costa y Sierra.

284. Con base a los resultados obtenidos, se puede observar que los puntos ubicados en las quebradas Hualcani (AG-01) y Queullirijahuiri (AG-12, AG-13 y AG-14), además del río Queullirijahuiri (AG-17), fueron los que presentaron las mayores concentraciones de metales totales. La presencia de estos metales indicaría una procedencia natural, ya que este grupo no se encuentra influenciado por actividades mineras.

285. Respecto a la fase en la que se encuentran los metales (disuelta o suspendida); el aluminio, cobalto, hierro, manganeso y níquel se encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados. En tanto el cadmio fue encontrado asociado a los sólidos en suspensión en los puntos AG-01 y AG-17, ubicados en la quebrada Hualcani y el río Queullirijahuiri respectivamente, sin embargo, predominó en fase disuelta en los puntos AG-13 y AG-14, ubicados en la quebrada Queullirijahuiri. El cobre fue encontrado principalmente asociado a sólidos en suspensión, a excepción del punto AG-01, ubicado en la quebrada Hualcani, el cual se encontró en mayormente en fase disuelta. El plomo, en el punto AG-01, ubicado en la quebrada Hualcani se encontró en fase disuelta, mientras que el AG-17, ubicado en el río Queullirijahuiri, predominó la asociada a los sólidos en suspensión, los demás puntos evaluados presentaron valores por debajo del límite

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

de cuantificación del laboratorio. El zinc predomina en fase disuelta en todos los puntos evaluados, a excepción del punto AG-12, ubicado el río Queullirijahuiri, el cual se encontró principalmente asociado a sólidos en suspensión.

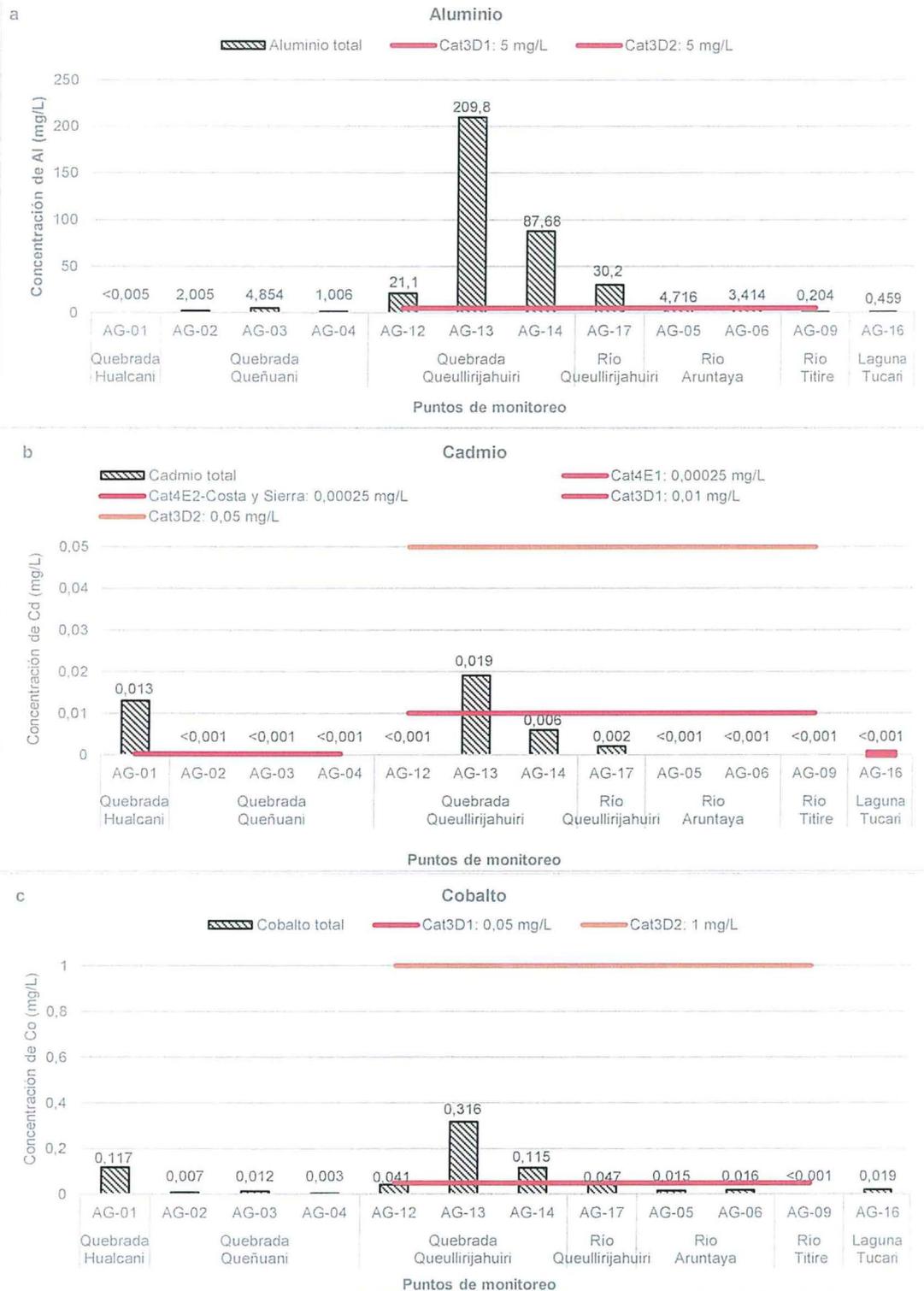


Figura 10-49. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona II - Grupo 1: a. aluminio, b. cadmio y c. cobalto.



Handwritten signature/initials: J A 4 2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

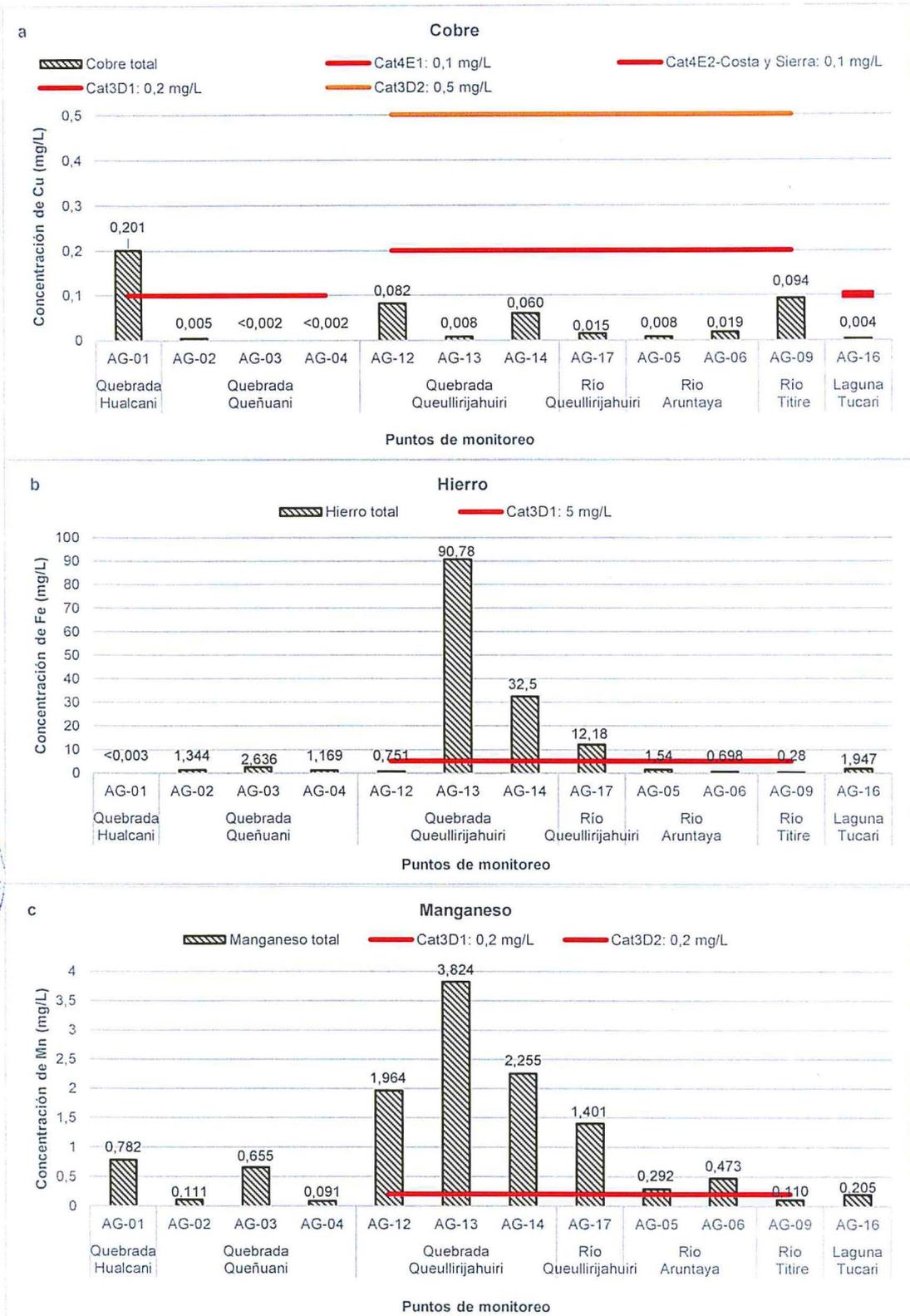


Figura 10-50. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona II - Grupo 1: a. cobre, b. hierro y c. manganeseo.



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

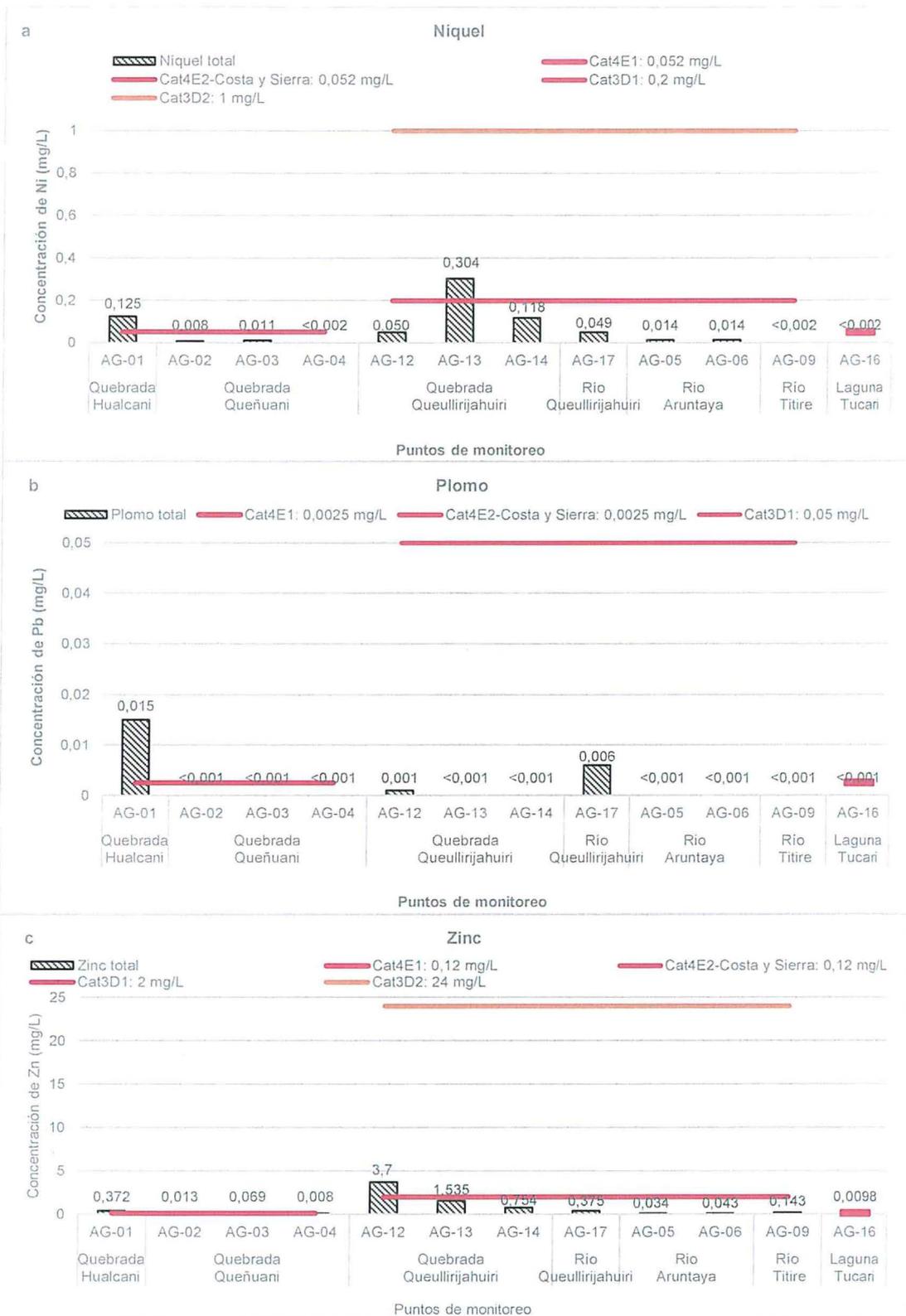


Figura 10-51. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona II - Grupo 1: a. níquel, b. plomo y c. zinc.



8  
A  
4  
2

**10.2.1.2. Grupo 2: Ambientes influenciados directamente por actividades mineras**

**a. Parámetros de campo en los puntos de la Zona II - Grupo 2**

286. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en los puntos influenciados directamente por la actividad minera, ubicados en las quebradas Margaritani y Apostoloni, y el río Margaritani, se detallan en la Tabla 10-29, en la cual, se observa que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica incumplieron los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2 al menos en un punto de monitoreo. Respecto al oxígeno disuelto, todos los puntos de monitoreo del Grupo 2 presentaron valores en el rango de 5,67 - 7,76 mg/L, cumpliendo con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En el caso de temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 0,8 – 10,7 °C.

**Tabla 10-29.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 2

Cuerpo de agua	Código	Resultados de los parámetros de campo			
		pH (unidad de pH)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	T (°C)
Quebrada Margaritani	AG-20	2,86	270	5,98	9,7
	AG-21	2,71	3220	6,00	6,7
	AG-22	2,68	4490	7,05	3,2
Quebrada Apostoloni	AG-25	3,01	3160	6,31	4,2
	AG-26	3,11	1457	5,67	9,5
	AG-27	3,03	2060	5,92	10,7
	AG-28	3,04	2074	5,95	10,4
	AG-29	2,96	2810	6,24	8,5
	AG-30	3,03	240	6,00	9,9
Río Margaritani	AG-24	2,92	3090	6,44	7,7
	AG-18	12,99	2940	7,76	0,8
<b>ECA para Agua, Cat3D1 a</b>		<b>6,5 - 8,5</b>	<b>2 500</b>	<b>≥4</b>	<b>(*)</b>
<b>ECA para Agua, Cat3D2 b</b>		<b>6,5 - 8,4</b>	<b>5 000</b>	<b>≥5</b>	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA.					
<b>a Cat3D1</b>	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.				
<b>b Cat3D2</b>	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.				
(*) El ECA establece una variación de tres (Δ3), el cual se determina considerando la media histórica de los últimos cinco años como máximo y de un año como mínimo, considerando la estacionalidad. Sin embargo, no se consideró en el presente monitoreo por tratarse de muestras puntuales.					

Fuente: Elaboración propia.

287. A continuación, se presentan los resultados de parámetros de campo que incumplen los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo del Grupo 2.



X  
X  
4  
2

• **Potencial de hidrógeno (pH)**

288. En la Figura 10-52, se observa que en todos los puntos de monitoreo se presentaron valores de pH por debajo del límite inferior del rango de pH establecido en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (límite inferior de pH: 6,5), a excepción del valor obtenido en el punto AG-18 (pH: 12,99), ubicado en el río Margaritani, el cual presentó un pH por encima del límite superior del rango de pH establecido en los ECA para agua (límite superior de pH: 8,5).

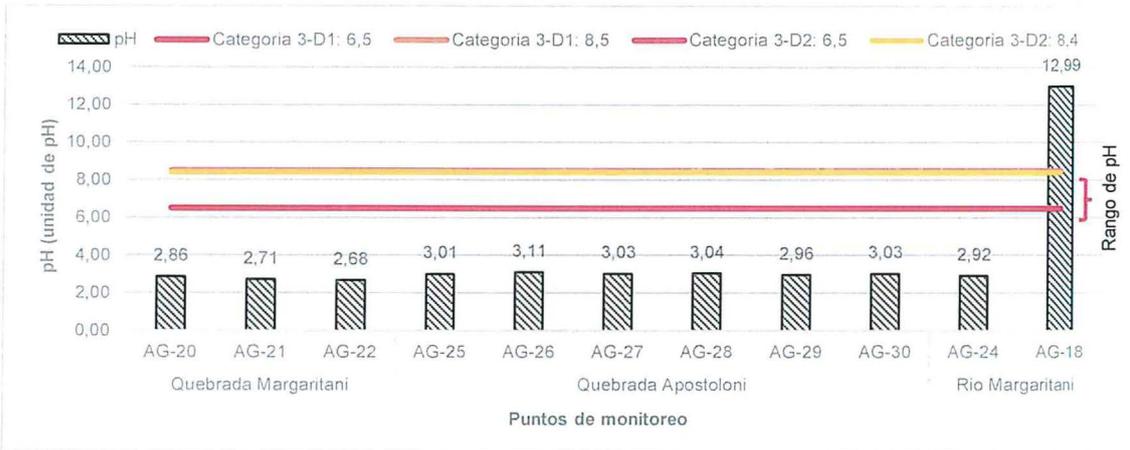


Figura 10-52. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona II - Grupo 2.

• **Conductividad eléctrica (CE)**

289. En la Figura 10-53, muestra los valores de CE, donde los puntos AG-21 y AG-22, ubicados en la quebrada Margaritani; AG-25 y AG-29, ubicados en la quebrada Apostoloni; además, de los puntos AG-24 y AG-18, ubicado en el río Margaritani, presentaron valores que exceden el ECA para agua Cat3D1 (CE:2500  $\mu$ S/cm), en cambio, los puntos AG-20 (quebrada Margaritani), AG-26, AG-27, AG-28 y AG-30 (quebrada Apostoloni) presentaron valores entre 240 y 2074  $\mu$ S/cm que no excedieron el ECA para agua. Así mismo, todos los puntos presentaron valores que no exceden el ECA para agua Cat3D2 (CE: 5000  $\mu$ S/cm).

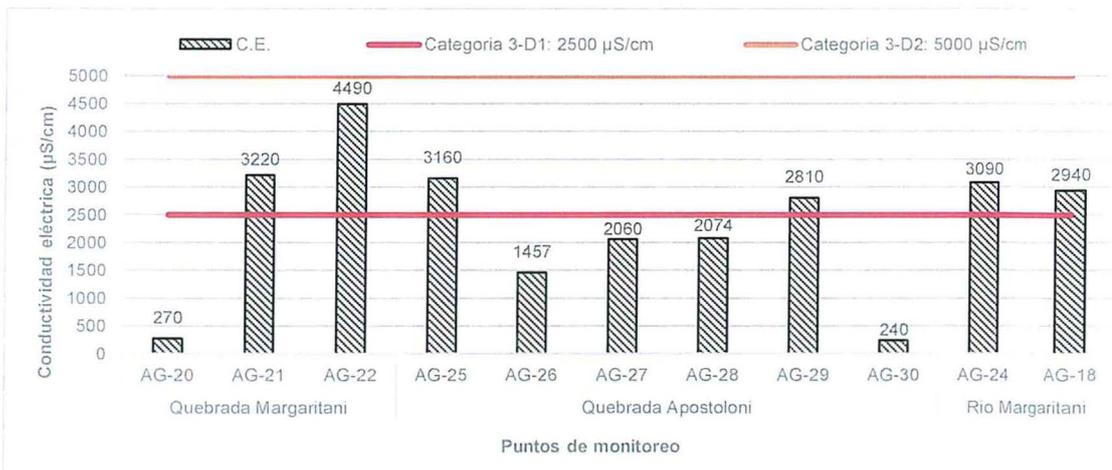


Figura 10-53. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona II-Grupo 2.



X  
A  
4  
2

**b. Parámetros determinados en laboratorio para los puntos de la Zona II - Grupo 2**

290. Este grupo (influenciados directamente por la actividad minera) considera los puntos de monitoreo ubicados en las quebradas Margaritani (AG-20, AG-21, AG-22), Apostoloni (AG-25, AG-26, AG-27, AG-28, AG-29, AG-30), y el río Margaritani (AG-24 y AG-18), formado por la confluencia de las quebradas antes mencionadas.
291. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros  $DBO_5$ , DQO, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-30. El único parámetro que superó los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 fue los sulfatos.



X  
X  
04  
2



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-30. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 2

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de monitoreo											ECA para agua, (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Quebrada Margaritani			Quebrada Apostoloni						Río Margaritani		Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-20	AG-21	AG-22	AG-25	AG-26	AG-27	AG-28	AG-29	AG-30	AG-24	AG-18	D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo. <sup>(a)</sup>	D2: Bebida de animales <sup>(b)</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,2	15	15
DQO	mg/L	<2,0	<2,0	5,1	12,2	6,4	<2,0	2,6	7,7	3,2	10,9	16	40	40
Bicarbonatos	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	518	---
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,013	0,032	0,009	0,015	<0,004	0,01	0,1	0,1
Cromo hexavalente	mg/L	<0,01	<0,01	*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*	---	---
Fosfato	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	---	---
Cloruros	mg/L	1,3	0,9	1,8	1,3	1,2	1,2	6	1,3	17,5	3,7	4,6	500	---
Nitritos	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,012	<0,005	<0,005	0,012	0,007	0,008	<0,005	<0,005	10	10
N-Amoniacal	mg/L	0,05	0,04	0,05	<0,01	<0,01	0,07	0,28	0,17	0,23	0,22	0,28	---	---
Nitratos	mg/L	0,35	0,59	0,22	0,08	0,1	0,18	0,45	0,58	0,36	0,37	0,37	---	---
N-Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	1486,2	1809,9	2412,7	1995,8	905,6	1212	1203,4	1384,7	1369,4	1265,9	1704	1 000	1 000
		Incumple al menos uno de los valores de los ECA.												
---		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.												
*		No se realizó la medición del parámetro en este punto.												
<		Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.												
<b>a Cat3D1</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.												
<b>b Cat3D2</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.												

J  
K  
4  
2

292. A continuación, se muestran los resultados de las concentraciones de sulfatos que excedieron los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo del Grupo 2. Adicionalmente, se presentan las concentraciones de cianuro wad que, aunque no superan los ECA para agua, se muestra por ser un compuesto utilizado en el proceso de extracción del oro.

• **Concentración de sulfatos**

293. La Figura 10-54, se muestra que todos los puntos de monitoreo presentaron valores por encima del valor estándar de 1000 mg/L, establecido en los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, a excepción del punto AG-26 ubicado en la quebrada Apostoloni.

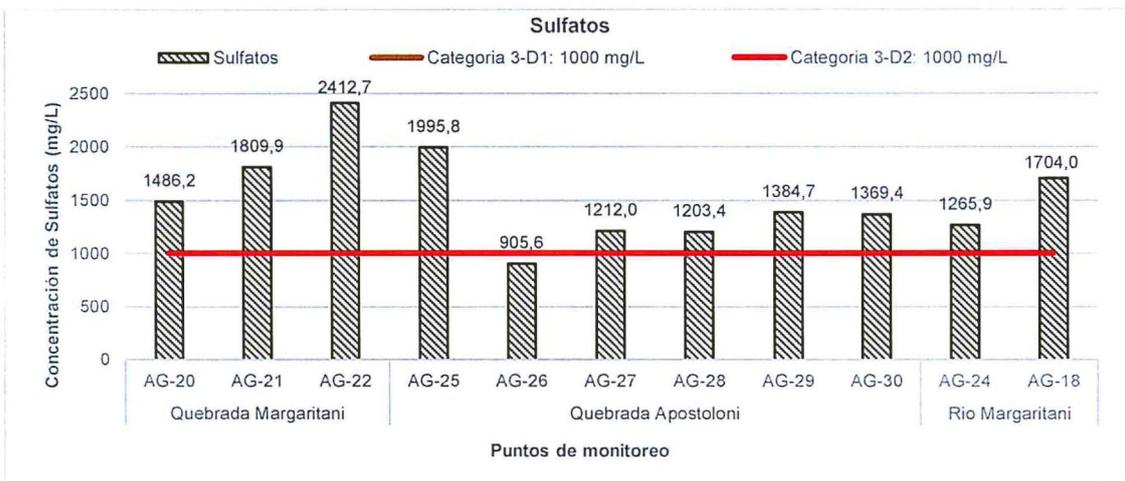


Figura 10-54. Resultados de la concentración de sulfatos en los puntos de la Zona II - Grupo 2.

• **Cianuro wad**

294. La Figura 10-55, muestra las concentraciones de cianuro wad, en la que todos los valores se encontraron por debajo de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2; sin embargo, se detectó la presencia de este parámetro en los puntos AG-27, AG-28, AG-29, AG-30 ubicados en la quebrada Apostoloni. Asimismo, en el punto AG-18, ubicado en el río Margaritani.

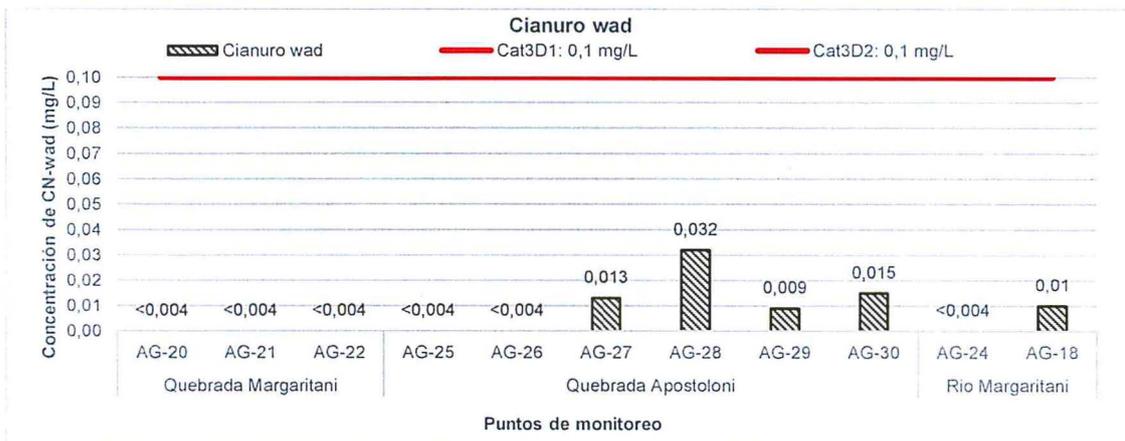


Figura 10-55. Resultados de la concentración de cianuro wad en los puntos de la Zona II - Grupo 2.



Handwritten numbers: 1, 2, 3, 4, 5.

295. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua, se muestran en el Anexo A.1. La comparación con los ECA para agua se realizó solamente para los metales totales que presentan estándares de comparación. Las concentraciones obtenidas para los metales totales y disueltos que no presentan estándares de comparación, solo se muestran con fines informativos.
296. Respecto a los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que los elementos que excedieron los estándares de comparación, al menos en un punto de monitoreo, fueron: aluminio (Al), arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn). La Tabla 10-31, detalla los puntos que excedieron los estándares de comparación para metales totales considerados en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (así como los porcentajes de metales disueltos). Por otro lado, los metales totales como berilio, litio, magnesio, mercurio y selenio presentaron valores muy por debajo de los ECA para agua, por lo tanto, son detallados en el Anexo A.1. junto a los resultados de los parámetros (metales totales y metales disueltos) que no cuentan con estándares de comparación, con fines informativos.

J  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-31.** Resultados de los metales que excedieron los ECA para agua en por lo menos uno de los puntos de monitoreo y metales disueltos expresados en porcentaje de la Zona II - Grupo 2

Cuerpo de agua	Puntos de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L) y metales disueltos (%)																									
		Al		As		Ba		B		Cd		Co		Cu		Cr		Fe		Mn		Ni		Pb		Zn	
		Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)		
Quebrada Margaritani	AG-20	286,7	96	0,032	84	0,016	3	0,115	31	0,092	95	1,266	98	19,78	61	0,048	95,8	79,61	25	16,31	96	1,014	98	<0,001	0	6,574	96
	AG-21	285,1	97	<0,007	<	0,002	<	0,051	84	0,081	94	0,923	90	11,4	100	0,041	97,6	118,7	98	18,29	97	0,721	93	<0,001	0	7,277	93
	AG-22	433,9	98	5,276	93	<0,001	<	0,117	83	0,46	92	1,816	93	48,12	74	0,113	94,7	647,4	94	20,42	90	1,391	92	0,02	75	28,09	89
Quebrada Apostoloni	AG-25	382,4	43	0,015	23	0,083	13	0,049	86	0,029	97	0,585	97	0,782	99	0,025	100	171,2	38	5,657	98	0,419	96	0,06	1	1,581	96
	AG-26	124,7	82	<0,007	<	0,014	93	0,029	90	0,01	98	0,186	96	0,08	98	0,004	100	60,47	85	1,426	98	0,165	96	<0,001	<	0,496	95
	AG-27	177,7	89	0,013	85	0,007	86	0,036	94	0,029	97	0,334	99	1,527	95	0,016	100	111,9	98	4,657	96	0,274	99	0,003	67	1,705	92
	AG-28	150	86	0,012	29	0,009	89	0,041	95	0,028	96	0,338	96	1,419	96	0,016	93,8	102,3	76	6,754	98	0,275	99	0,003	67	1,804	95
	AG-29	317,8	83	0,082	66	0,014	29	0,377	23	0,05	92	0,558	90	4,293	82	0,032	93,8	158,6	99	8,251	93	0,414	90	0,004	13	3,106	88
Rio Margaritani	AG-24	320	86	1,38	31	0,054	7	0,083	66	0,156	97	0,816	94	16,41	95	0,048	100	288	80	10,34	94	0,654	92	0,03	2	10,88	76
	AG-18	243,4	99	0,931	11	0,316	2	0,056	88	0,125	95	0,716	96	11,32	97	0,035	91,4	112,2	75	9,765	98	0,552	98	0,128	0	7,193	97
<b>a Cat3D1</b>		5	---	0,1	---	0,7	---	1	---	0,01	---	0,05	---	0,2	---	0,1	---	5	---	0,2	---	0,2	---	0,05	---	2	---
<b>b Cat3D2</b>		5	---	0,2	---	---	---	5	---	0,05	---	1	---	0,5	---	1	---	---	---	0,2	---	1	---	0,05	---	24	---
		Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.																									
		Indica que el metal se presenta mayormente en fase disuelta (>50 %)																									
		---																									
		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																									
		<																									
		Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																									
<b>Cat3D1</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																									
<b>Cat3D2</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D2: Bebidas de animales.																									

Fuente: Elaboración propia.



J  
A  
4  
2



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

297. En las Figuras 10-56, 10-57 y 10-58, se muestran las concentraciones de metales totales (Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) que exceden el ECA para agua Cat3D1, Cat3D2.

- **Aluminio, hierro y manganeso**

298. Las concentraciones de estos metales excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (Al y Fe:5 mg/L; Mn: 0,2 mg/L) en todos los puntos evaluados.

- **Arsénico**

299. Este metal superó las concentraciones establecidas en los ECA para agua Cat3D1 (0,1 mg/L) y Cat3D2 (0,2 mg/L), en los puntos AG-22 (5,276 mg/L) ubicado en la quebrada Margaritani, así como los puntos AG-24 (1,380 mg/L) y AG-18 (0,931 mg/L) ubicados en el río Margaritani. Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA mencionados.

- **Cadmio**

300. Las concentraciones de cadmio excedieron las concentraciones establecidos en el ECA para agua Cat3D1 (0,01 mg/L) en todos los puntos de monitoreo, a excepción del punto AG-26 (0,01 mg/L), ubicado en la quebrada Apostoloni. Los puntos AG-20 (0,092 mg/L), AG-21 (0,081 mg/L) y AG-22 (0,460 mg/L), ubicados en la quebrada Margaritani, y los puntos AG-24 (0,156 mg/L) y el AG-18 (0,125 mg/L) en el río Margaritani, presentaron concentraciones por encima de los ECA para agua Cat3D2 (0,05 mg/L).

- **Cobalto**

301. El cobalto superó el ECA para agua Cat3D1 (0,05 mg/L) en todos los puntos de monitoreo. Mientras que los puntos AG-20 (1,266 mg/L) y AG-22 (1,816), ubicados en la quebrada Margaritani fueron los únicos que excedieron el ECA para agua Cat3D2 (1 mg/L).

- **Cobre**

302. Las concentraciones de este metal superaron los ECA para agua Cat3D1 (0,2 mg/L) y Cat3D2 (0,5 mg/L) en todos los puntos de monitoreo, a excepción del punto AG-26 (0,08 mg/L), ubicado en la quebrada Apostoloni, que presentó concentraciones por debajo de los ECA para agua referidos.

- **Cromo**

303. El cromo superó el ECA para agua Cat3D1 (0,1 mg/L) sólo en el punto AG-22 (0,113 mg/L), ubicado en la quebrada Margaritani, el resto de puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.



J  
A  
ey  
Z

- **Níquel**

304. Las concentraciones de níquel superaron los valores establecidos en el ECA para agua Cat3D1 (0,2 mg/L), a excepción del punto AG-26 (0,165 mg/L), ubicado en la quebrada Apostoloni. Por otro lado, sólo los puntos AG-20 (1,014 mg/L) y AG-22 (1,391 mg/L) ubicados en la quebrada Margaritani, presentaron concentraciones por encima de los valores establecidos en el ECA para agua Cat3D2 (1 mg/L).

- **Plomo**

305. Las concentraciones de plomo en todos los puntos de monitoreo se encuentran por debajo de los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,05 mg/L), a excepción de los puntos AG-25 (0,06 mg/L) ubicado en la quebrada Apostoloni y AG-18 (0,128 mg/L) ubicado en el río Margaritani que superaron los valores establecidos en los ECA para agua referidos.

- **Zinc**

306. El zinc superó las concentraciones establecidos en el ECA para agua Cat3D1 (2mg/L), en los puntos AG-20 (6,574 mg/L), AG-21 (7,277 mg/L) y AG-22 (28,09 mg/L), ubicados en la quebrada Margaritani, además de los puntos AG-29 (3,106 mg/L) y AG-30 (2,551 mg/L) en la quebrada Apostoloni, así como los puntos AG-18 (7,193 mg/L) y AG-24 (10,88 mg/L) en el río Margaritani. Por otro lado, el punto AG-22 (28,09 mg/L) fue el único que presentó concentraciones por encima de los ECA para agua Cat3D2 (24 mg/L).

307. Las altas concentraciones de metales totales obtenidas en el grupo 2, en los puntos ubicados en las quebradas Margaritani (AG-22) y Apostoloni (AG-25), además del río Margaritani (AG-24 y AG-18), podrían indicar una posible influencia de las actividades mineras, debido a que el punto AG-22 se encuentra aguas abajo del botadero de desmonte y tajo de la unidad minera Tucari. El punto AG-25 se encuentra entre el tajo y el PAD de lixiviación N°3, y los puntos AG-18 y AG-24 se ubican aguas abajo de las operaciones mineras, luego de la confluencia de las quebradas Margaritani y Apostoloni.

308. Respecto a la fase en la que se encuentran los metales (disuelta o suspendida); el aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc se encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados. En tanto el arsénico y el plomo fueron encontrados mayormente asociados a los sólidos en suspensión, a excepción del punto AG-22, donde predominaron en fase disuelta.



X  
A  
y  
~

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

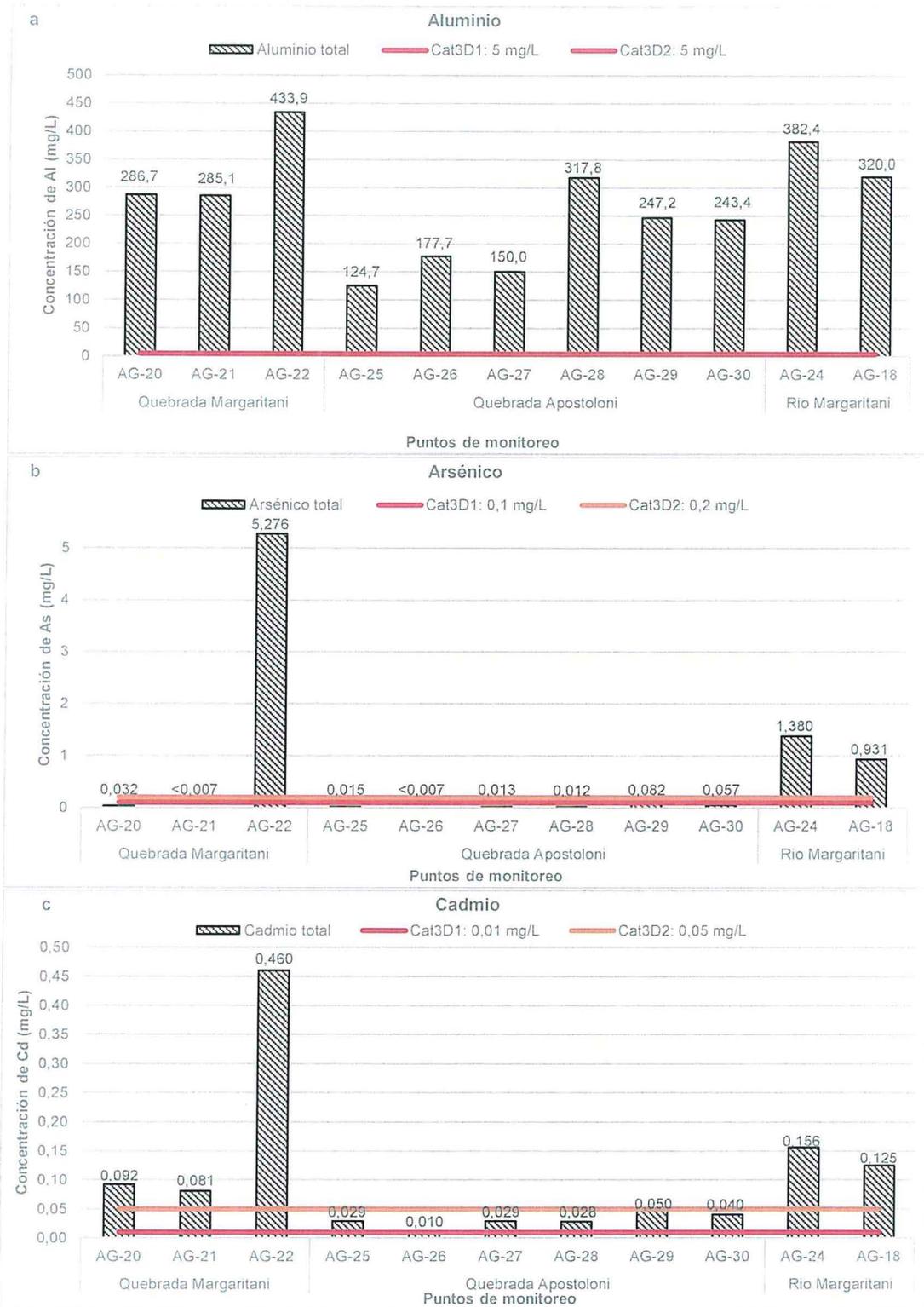
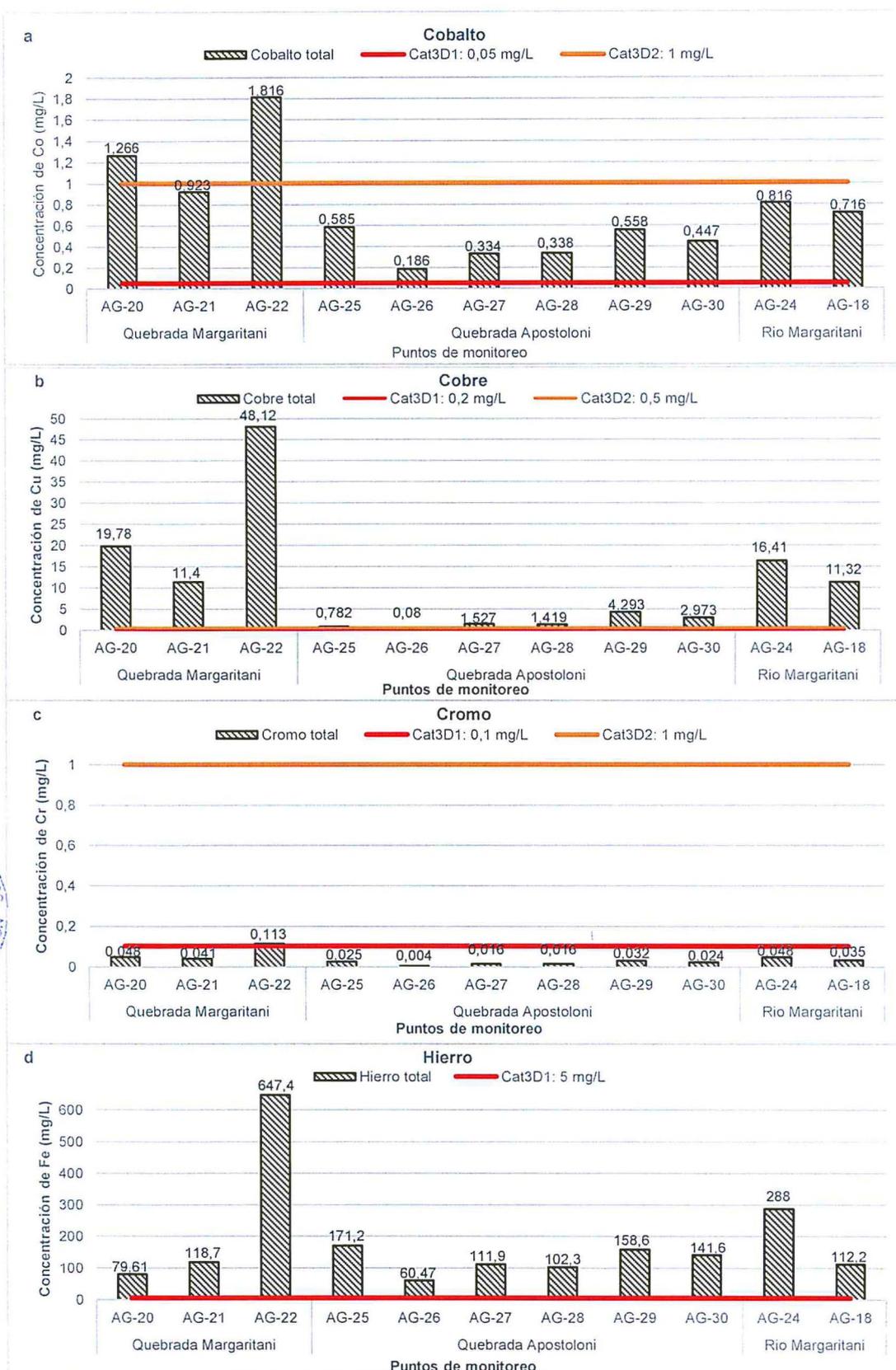


Figura 10-56. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona II - Grupo 2: a. aluminio, b. arsénico y c. cadmio.



AA  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



X  
\*  
4  
2

Figura 10-57. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona II - Grupo 2: a. cobalto, b. cobre, c. cromo y d. hierro.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

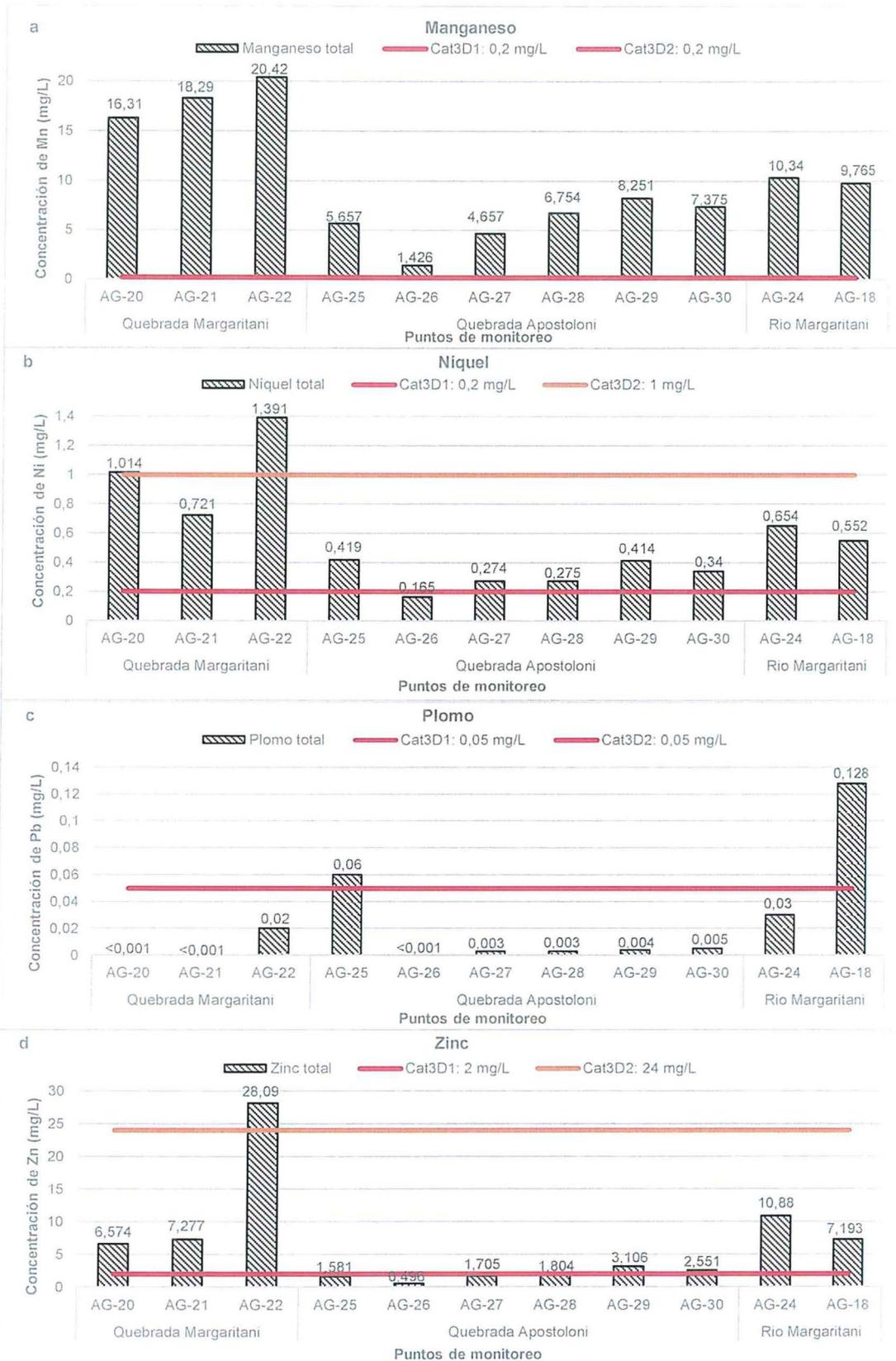


Figura 10-58. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona II - Grupo 2: a. manganeso, b. níquel c. plomo y d. zinc.



Handwritten signature and date: 1/4/2

**10.2.1.3. Grupo 3: Ambientes influenciados indirectamente por actividades mineras**
**a. Parámetros de campo en los puntos del Grupo 3**

309. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en los puntos influenciados indirectamente por la actividad minera, ubicados en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya y Titire, así como en los puntos ubicados en el río Coralaque y en el río principal de la cuenca (Tambo), se muestran en la Tabla 10-32, donde se muestra que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica incumplieron los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, al menos en un punto de monitoreo. En relación al oxígeno disuelto (OD) registrados, todos los puntos cumplieron con sus respectivos estándares establecidos en los ECA para agua referidos. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 2,1-15,9 °C.

**Tabla 10-32. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 3.**

Cuerpo de agua	Código	Resultados de los parámetros de campo			
		pH (unidad de pH)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	T (°C)
Río Queullirijahuiri	AG-19	3,18	2340	7,47	2,1
	AG-07	3,00	1873	6,08	11,9
Río Aruntaya	AG-08	3,07	1614	6,19	11,7
	AG-10	3,23	1944	6,3	13,2
Río Titire	AG-11	4,78	1869	6,17	15,9
Río Coralaque	AG-31	7,95	1398	6,31	14,9
Río Tambo	AG-32	8,49	3450	6,81	14,2
	AG-33	8,50	2710	7,87	12,1
<b>ECA para Agua, Cat3D1 a</b>		<b>6,5 - 8,5</b>	<b>2500</b>	<b>≥4</b>	<b>(*)</b>
<b>ECA para Agua, Cat3D2 b</b>		<b>6,5 - 8,4</b>	<b>5000</b>	<b>≥5</b>	
Nota:					
		Incumple al menos uno de los valores de los ECA.			
<b>a Cat3D1</b>	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.				
<b>b Cat3D2</b>	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.				
(*) El ECA establece una variación de tres (Δ3), el cual se determina considerando la media histórica de los últimos cinco años como máximo y de un año como mínimo, considerando la estacionalidad. Sin embargo, no se consideró en el presente monitoreo por tratarse de muestras puntuales.					

Fuente: Elaboración propia.


 X  
 \*  
 04  
 2

• **Potencial de hidrógeno (pH)**

310. En la Figura 10-59, se observa que todos los puntos ubicados en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya y Titire presentaron valores de pH por debajo del límite inferior al rango establecido en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (límite inferior de pH: 6,5); sin embargo, los puntos ubicados en el río Tambo presentaron valores ligeramente por encima del límite superior al rango establecido en el ECA para agua Cat3D2. El punto ubicado en el río Coralaque se encuentra dentro del rango establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

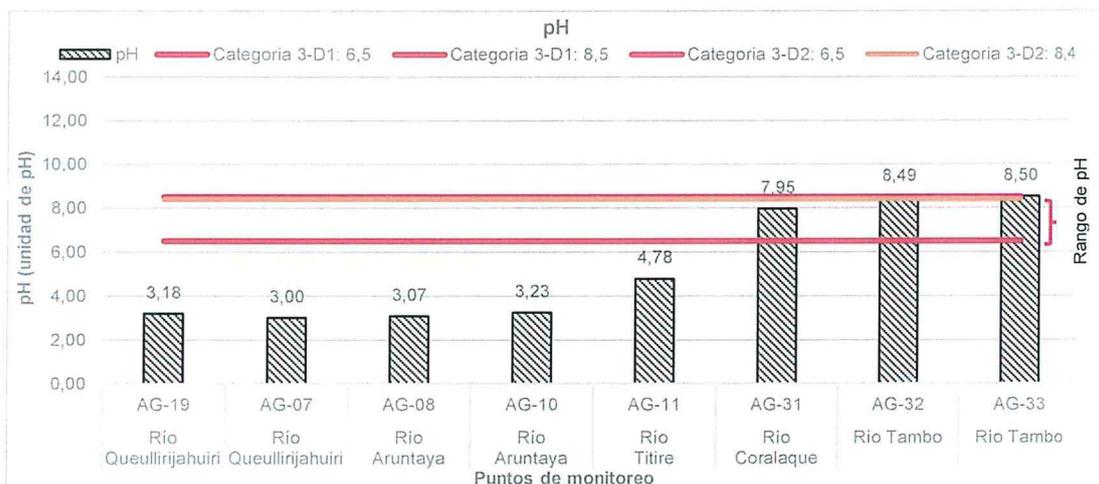


Figura 10-59. Resultados de potencial de hidrógeno (pH) en los puntos de la Zona II - Grupo 3.

• **Conductividad eléctrica (CE)**

311. La Figura 10-60, muestra que todos los puntos cumplieron con los valores estándares para la conductividad eléctrica, a excepción de los puntos ubicados en el río Tambo (AG-32 y AG-33), que presentaron valores por encima del ECA para agua Cat3D1 (CE: 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Sin embargo, todos los puntos muestran valores que no exceden el ECA para agua Cat3D2 (CE: 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

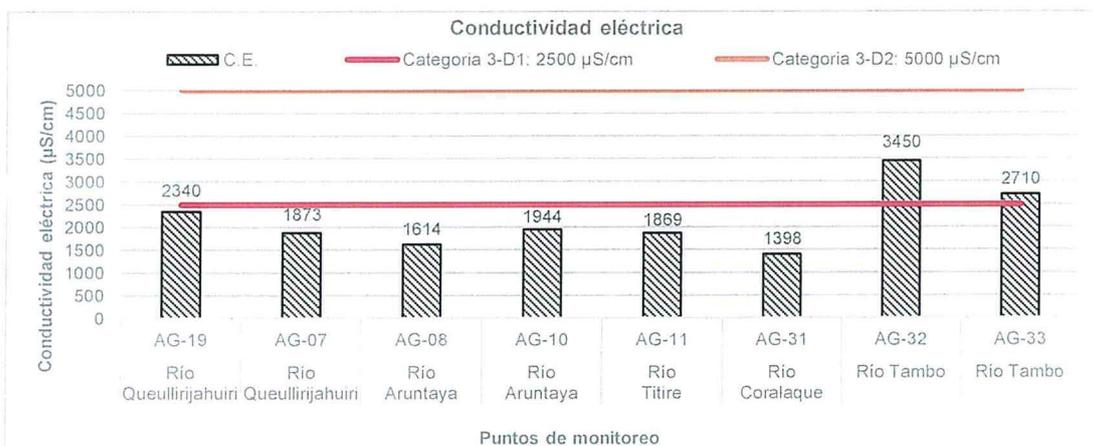


Figura 10-60. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona II - Grupo 3.



J  
A  
4  
2

**b. Resultados determinados en laboratorio para los puntos de la Zona II - Grupo 3.**

312. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-33, en la cual, se resaltan los valores de cloruros y sulfatos que fueron los únicos parámetros que superaron los valores establecidos en los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2.

**Tabla 10-33.** Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 3

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de monitoreo								ECA para agua, (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Río Queullirijahuiri		Río Aruntaya		Río Titire	Río Coralaque	Río Tambo		Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-19	AG-07	AG-08	AG-10	AG-11	AG-31	AG-32	AG-33	D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo. <sup>(a)</sup>	D2: Bebida de animales <sup>(b)</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	*	15	15
DQO	mg/L	16,6	12,1	11,5	2,5	6,4	6,4	3,2	<2,0	40	40
Bicarbonatos	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	19,9	201,4	139,7	518	---
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	0,1
Cromo hexavalente	mg/L	*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	---	---
Fosfato	mg/L	<0,007	0,02	0,01	0,05	0,03	0,007	<0,007	*	---	---
Cloruros	mg/L	2,3	0,9	5,5	165,5	296,3	12,4	897,5	601,2	500	---
Nitritos	mg/L	0,01	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,012	0,106	*	10	10
N-Amoniacal	mg/L	0,23	0,38	0,28	0,58	0,39	0,29	0,17	0,18	---	---
Nitratos	mg/L	0,25	4,44	0,2	3,04	0,57	0,21	0,35	0,23	---	---
N-Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	1 460,4	1 017,8	647,9	698,5	342,5	141,9	186,3	211,7	1 000	1 000

Nota:

	Incumple al menos uno de los valores de los ECA.
---	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.
*	No se realizó la medición del parámetro en este punto.
<	Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.
a Cat3D1	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.
b Cat3D2	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.

Fuente: Elaboración propia.

313. A continuación, se presentan los resultados con las concentraciones de cloruros y sulfatos que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo del Grupo 3.

14/04/20

• **Concentración de cloruros**

314. En la Figura 10-61, se observa las concentraciones de cloruros, donde los puntos AG-32 y AG-33, ubicados en el río Tambo excedieron los ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L). Los puntos restantes cumplieron los ECA para agua Cat3D1.

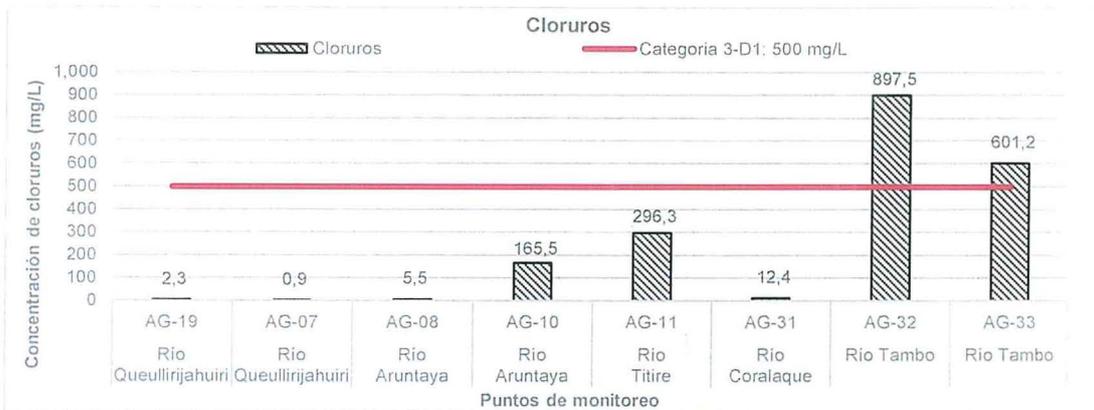


Figura 10-61. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona II-Grupo 3.

• **Concentración de sulfatos**

315. En la Figura 10-62, se observa que los puntos AG-19 y AG-07, ubicados en el río Queullirijahuiri, fueron los únicos puntos que presentaron valores por encima de 1000 mg/L, valor estándar establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

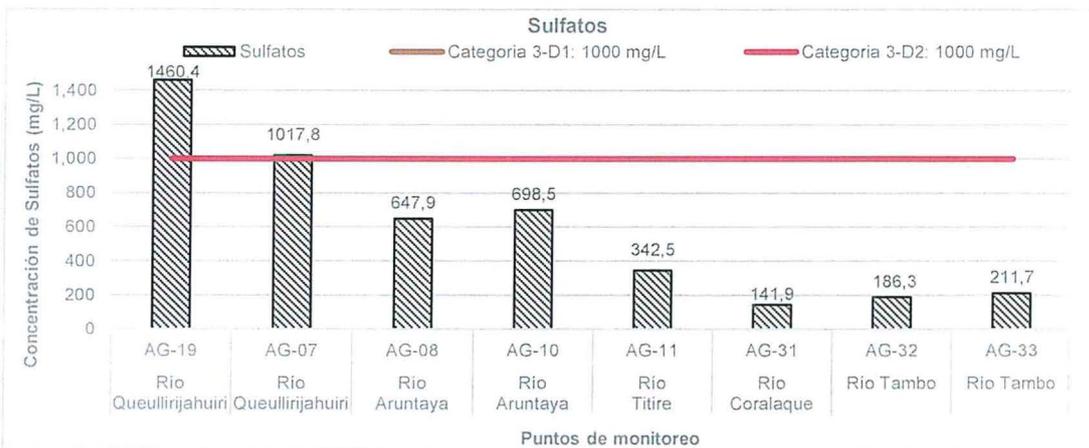


Figura 10-62. Resultados de la concentración de sulfatos en los puntos de la Zona II - Grupo 3.

316. Respecto de los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que los elementos que excedieron los estándares de comparación, al menos en un punto de monitoreo fueron: aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), boro (B), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn). La Tabla 10-34, detalla los puntos que excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (así como los porcentajes de metales disueltos). Por otro lado, los metales totales como berilio, litio, magnesio, mercurio y selenio presentaron valores muy por debajo de los ECA para agua, por lo tanto, son detallados en el Anexo A.1. junto a los resultados de los parámetros (metales totales y metales disueltos) que no cuentan con estándares de comparación, con fines informativos.



Handwritten signature and date: 14/4/2

**Tabla 10-34. Resultados de los metales que excedieron los ECA para agua por lo menos en uno de los puntos de monitoreo y metales disueltos expresados en porcentaje en la Zona II - Grupo 3**

Cuerpo de agua	Puntos de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L) y metales disueltos (%)																									
		Al		As		Ba		B		Cd		Co		Cu		Cr		Fe		Mn		Ni		Pb		Zn	
		Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)		
Río Queullirijahuiri	AG-19	178	97	0,764	7	0,301	3	0,048	90	0,0956	97	0,562	95	8,462	97	0,028	86	148,9	55	7,592	97	0,452	89	0,114	<	5,672	93
	AG-07	196,4	70	0,768	4	0,853	<	0,09	88	0,06	98	0,379	89	5,343	98	0,036	58	264	32	7,301	98	0,305	88	1,103	3	4,435	85
Río Aruntaya	AG-08	288,8	81	0,578	2	0,568	1	0,064	95	0,046	98	0,303	88	4,351	94	0,026	65	193	36	5,957	96	0,247	85	0,674	5	3,357	88
	AG-10	<0,005	<	0,119	3	0,024	83	2,217	86	0,039	95	0,251	96	3,713	96	0,012	100	<0,003	<	4,925	98	0,206	95	0,026	65	3,05	93
Río Titire	AG-11	<0,005	<	0,123	23	0,036	100	3,49	89	0,011	91	0,066	95	0,926	99	<0,001	<	9,701	22	1,274	93	0,055	93	0,011	36	0,807	95
Río Coralaque	AG-31	4,752	1	0,0963	4	0,03	90	3,006	95	<0,001	<	0,019	79	0,258	4	<0,001	<	2,745	1	0,457	92	0,016	81	0,005	10	0,258	22
Río Tambo	AG-32	0,045	24	0,024	15	0,083	98	2,85	90	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,071	27	0,045	91	<0,002	<	<0,001	<	0,011	18
	AG-33	1,658	2	0,04	43	0,069	99	2,883	93	<0,001	<	0,005	10	0,074	9	<0,001	<	0,899	2	0,169	88	<0,002	<	0,004	13	0,074	8
<b>ECA, Cat3D1</b>		5	---	0,1	---	0,7	---	1	---	0,01	---	0,05	---	0,2	---	0,1	---	5	---	0,2	---	0,2	---	0,05	---	2	---
<b>ECA, Cat3D2</b>		5	---	0,2	---	---	---	5	---	0,05	---	1	---	0,5	---	1	---	---	---	0,2	---	1	---	0,05	---	24	---
<b>Nota:</b>																											
		Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.																									
		Indica que el metal se presenta mayormente en fase disuelta (>50 %)																									
		---																									
		<																									
		Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																									
<b>Cat3D1</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																									
<b>Cat3D2</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.																									

Fuente: Elaboración propia.


 J  
A  
4  
2

317. A continuación, en las Figuras 10-63, 10-64 y 10-65, se presentan los resultados de las concentraciones de metales que excedieron los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2 (Al, As, Ba, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn), por lo menos en uno de los puntos de monitoreo del Grupo 3.

- **Aluminio**

318. Las concentraciones de este metal superaron el ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2 (5 mg/L), en los puntos AG-19 (178 mg/L) y AG-07 (196,4 mg/L) ubicados en el río Queullirijahuiri y en el punto AG-08 (288,8 mg/L) ubicado en el río Aruntaya, el resto de puntos evaluados presentaron concentraciones que se encuentran por debajo de los ECA referidos.

- **Arsénico**

319. Este metal superó los ECA para agua Cat3D1 (0,1 mg/L), en todos los puntos evaluados a excepción de los puntos; AG-31, ubicado en el río Coralaque y AG-32, AG-33 en el río Tambo. Asimismo, los puntos AG-19 (0,764 mg/L) y AG-07 (0,768 mg/L), ubicados en el río Queullirijahuiri, así como el AG-08 (0,578 mg/L) en el río Aruntaya, presentaron concentraciones por encima de las establecidas en los ECA para agua Cat3D2 (0,2 mg/L), el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua, Cat3D2.

- **Bario**

320. Las concentraciones de bario superaron el ECA para agua Cat3D1 (0,7 mg/L), sólo en el punto AG-07 (0,853mg/L) ubicado en el río Queullirijahuiri, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1.

- **Boro**

321. El boro presentó concentraciones por encima del ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L) en todos los puntos evaluados, a excepción de los puntos AG-19 y AG-07 ubicados en los ríos Queullirijahuiri y el AG-08 en el río Aruntaya. Por otro lado, todos los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D2 (5 mg/L).

- **Cadmio**

322. Las concentraciones de cadmio superaron los ECA para agua Cat3D1 (0,01 mg/L), en todos los puntos de monitoreo, a excepción de los puntos ubicados en los ríos Coralaque (AG-31) y Tambo (AG-32 y AG-33). Por otro lado, solo los puntos AG-19 (0,0956 mg/L) y AG-07 (0,06 mg/L), ubicados en el río Queullirijahuiri superaron los ECA para agua Cat3D2 (0,05 mg/L).

- **Cobalto**

323. Las concentraciones de este metal excedieron los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (0,05 mg/L), en todos los puntos de monitoreo, a excepción de los puntos ubicados en los ríos Coralaque (AG-31) y Tambo (AG-32 y AG-33).



X  
A  
u  
z

Asimismo, todos los puntos evaluados se encuentran por debajo de los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D2 (1 mg/L).

- **Cobre**

324. Las concentraciones de cobre excedieron los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (0,2 mg/L) y Cat3D2 (0,5 mg/L) en los puntos de monitoreo ubicados en los ríos Quellirijahuri (AG-19, AG-07), Aruntaya (AG-08, AG-10) y Titire (AG-11). Adicionalmente, el punto ubicado en el río Coralaque (AG-31) incumplió el ECA para agua Cat3D1. Por otro lado, los puntos ubicados en el río Tambo (AG-32 y AG-33) presentaron concentraciones que cumplieron los ECA para agua.

- **Hierro**

325. El hierro superó el ECA para agua Cat3D1 (5 mg/L), en los puntos AG-19 (148,9 mg/L) y AG-07 (264 mg/L), ubicados en el río Queullirijahuri, AG-08 (193 mg/L) en el Aruntaya y AG-11 (9,701 mg/L) en el Titire, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1.

- **Manganeso**

326. Este metal presentó concentraciones por encima de las establecidas en los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L), en todos los puntos evaluados a excepción de los puntos ubicados en el río Tambo (AG-32 y AG-33).

- **Níquel**

327. Las concentraciones níquel superaron las establecidas en el ECA para agua Cat3D1 (0,2 mg/L) sólo en los puntos; AG-19 (0,452 mg/L), AG-07 (0,305 mg/L) en el río Queullirijahuri y AG-08 (0,247 mg/L), AG-10 (0,206 mg/L) en el río Aruntaya, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo del ECA referido. Por otro lado, ningún punto de monitoreo excedió el ECA para agua Cat3D2 (1 mg/L).

- **Plomo**

328. El plomo excedió los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,05 mg/L) en los puntos AG-19 (0,114 mg/L), AG-07 (1,103 mg/L) en el río Queullirijahuri y AG-08 (0,674 mg/L) en el río Aruntaya, el resto de puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua referidos.

- **Zinc**

329. Las concentraciones de zinc superaron las establecidas en los ECA para agua, Cat3D1 (2 mg/L), en los puntos AG-19 (5,672 mg/L), AG-07 (4,435 mg/L), ubicados en el río Queullirijahuri y AG-08 (3,357 mg/L), AG-10 (3,05 mg/L) en el río Aruntaya, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.



X  
A  
4  
2



330. Las altas concentraciones de metales totales obtenidas en el grupo 3, en los puntos ubicados en los ríos Queullirijahuiri (AG-19 y AG-07) y Aruntaya (AG-08), podrían indicar una posible influencia de las actividades mineras, debido a la carga de metales obtenidas en el grupo 2 (zona de influencia directa de las actividades mineras). También se muestra que las concentraciones de metales (Al, As, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) se diluyen aguas abajo en el río Titire (AG-11), posteriormente en el Coralaque (AG-31) y al confluir con el río Tambo (AG-32) por el aporte de ríos y quebradas tributarias hacia estos ríos; por el contrario, las concentraciones de boro se ven incrementadas aguas abajo posiblemente debido a la presencia de fuentes termales en la zona.
331. Respecto a la fase en la que se encuentran los metales (disuelta o suspendida); el aluminio, boro, cadmio, cobalto, cobre, manganeso, níquel y zinc se encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados. Por el contrario, el arsénico y el plomo fueron encontrados mayormente asociado a los sólidos en suspensión. Por otro lado, el bario se encontró mayormente asociado a sólidos en suspensión en los puntos AG-19 y AG-07 en el río Queullirijahuiri y AG-08 en el río Aruntaya, en el resto de puntos se presentó en fase disuelta. El hierro se encontró mayormente asociado a sólidos en suspensión, a excepción del punto AG-19 en el que se encontró en forma disuelta.



J  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

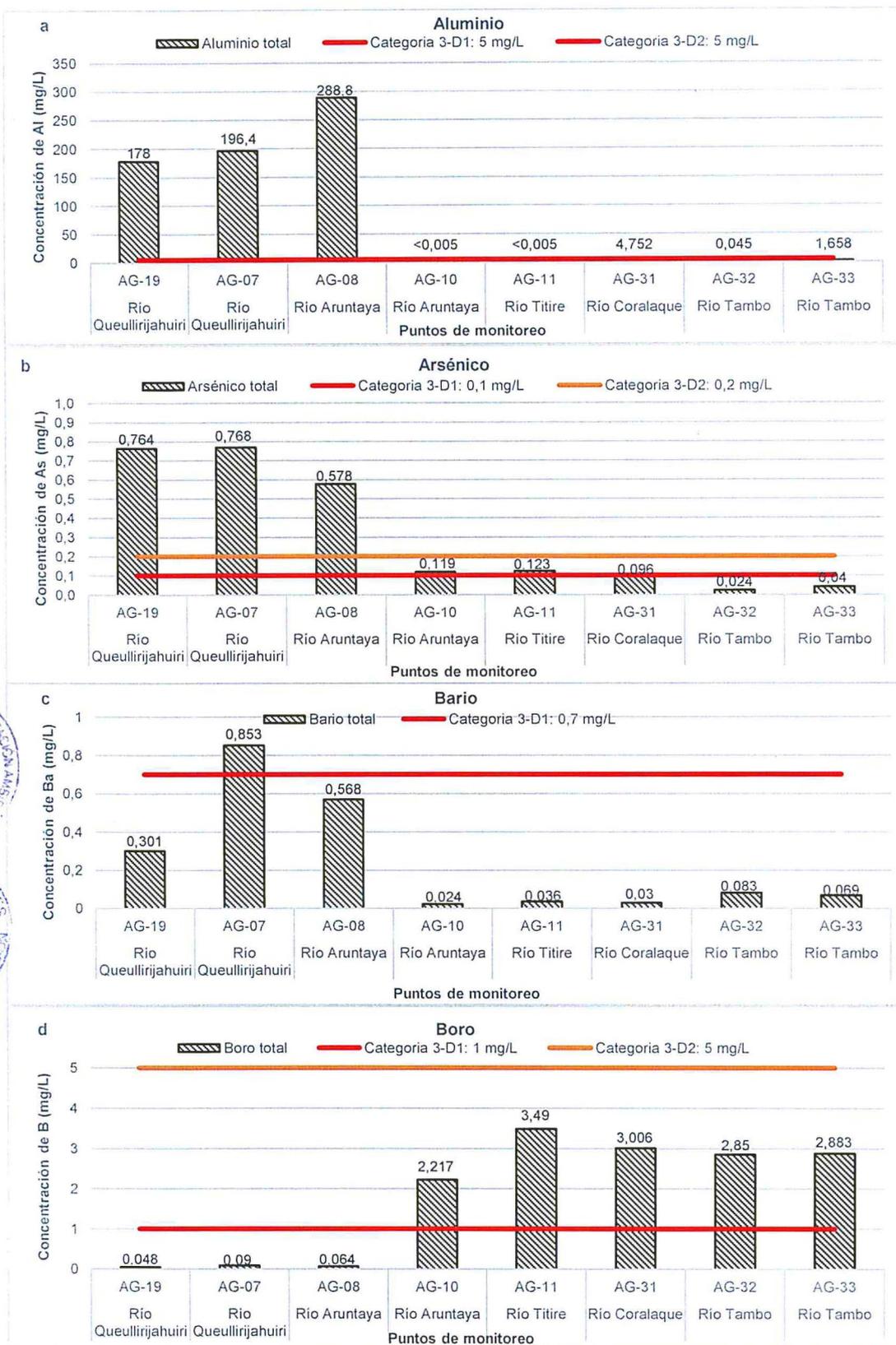


Figura 10-63. Resultados de las concentraciones de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la zona II-Grupo 3: a. aluminio, b. arsénico, c. bario y d. boro.



8  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

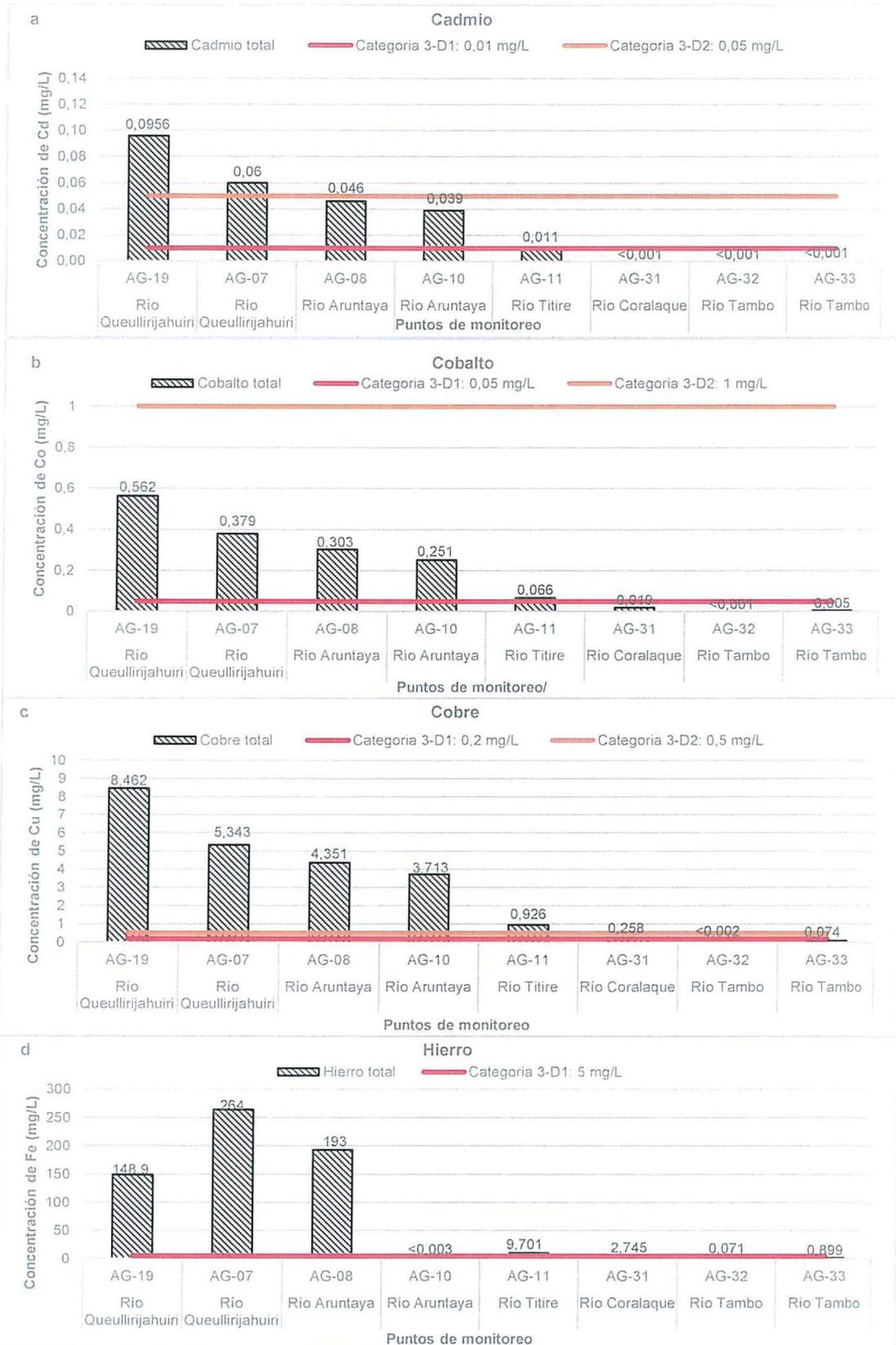


Figura 10-64. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la zona II-Grupo 3: a. cadmio, b. cobalto, c. cobre y d. hierro.



J  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

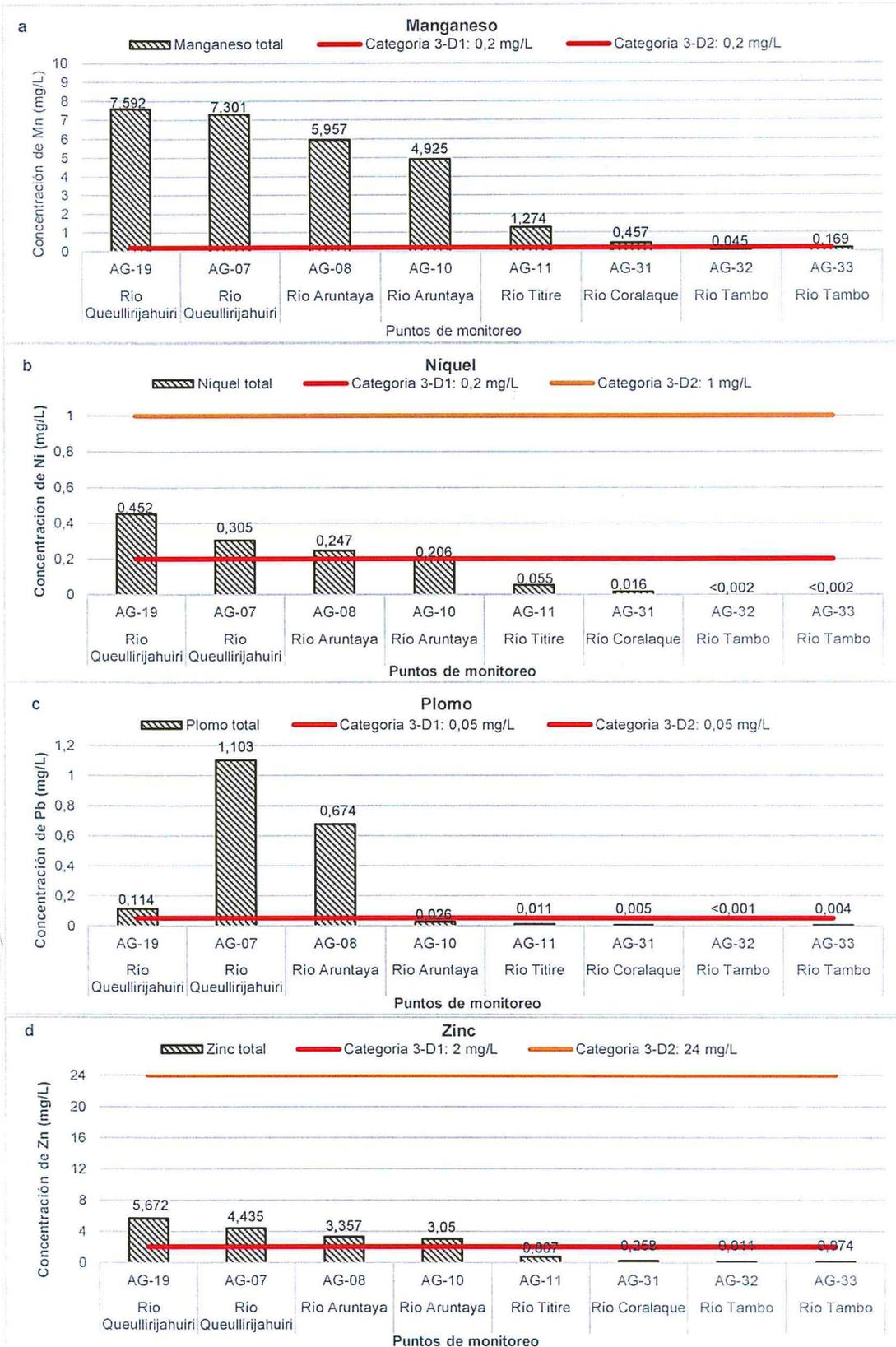


Figura 10-65. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la zona II-Grupo 3: a. manganeso, b. níquel, c. plomo y d. zinc.



**10.2.2. Calidad de sedimento**

332. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de laboratorio, de la Zona II para el componente ambiental sedimento, tomando en cuenta la agrupación realizada para el componente agua superficial.

**a) Parámetros de laboratorio para la Zona II - Grupo 1**

333. En las Tablas 10-35 y 10-36, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partícula, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

334. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-35, el tipo de partícula predominante en el sedimento en los puntos de monitoreo es la arena (puntos SD-01, SD-03, SD-04, SD-14, SD-05, SD-06), seguido de la arena-franca (punto SD-12), la franca-arenosa (SD-13 y SD-16) y por último la franca (SD-02, SD-09 y SD-17). Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.

335. Asimismo, según la Tabla 10-36, las concentraciones de arsénico, mercurio y plomo, excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento. Asimismo, se presenta el análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial (Tessier, Campbell & Bisson, 1979).

**Tabla 10-35.** Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona II – Grupo 1.

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-01	Quebrada Hualcani	100	0	0	Arenosa
SD-02	Quebrada Queñuani	50	35	15	Franca
SD-03		90	10	0	Arenosa
SD-04		100	0	0	Arenosa
SD-12	Quebrada Queullirjahuiri	85	10	5	Areno Franca
SD-13		75	15	10	Franco-Arenosa
SD-14		90	10	0	Arenosa
SD-17	Río Queullirjahuiri	45	35	20	Franca
SD-05	Río Aruntaya	100	0	0	Arenosa
SD-06		100	0	0	Arenosa
SD-09	Río Titire	40	40	20	Franca
SD-16	Laguna Tucari	75	20	5	Franco-Arenosa

Fuente: Elaboración propia.



Handwritten notes: a checkmark, a star, and the number '2'.



PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-36. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona II - Grupo 1

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo													CEQG	
		Quebrada Hualcani	Quebrada Queñuani				Quebrada Queullirijahuiri			Río Queullirijahuiri	Río Aruntaya		Río Titire	Laguna Tucari	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-01	SD-02	SD-03	SD-04	SD-12	SD-13	SD-14	SD-17	SD-05	SD-06	SD-09	SD-16			
Arsénico total (As)	mg/kg MS	72,8	31,5	26,9	17,4	83,8	416	195	65,8	22	3,5	31,5	7,2	5,9	17	
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	0,011	0,011	0,058	0,01	0,027	0,026	0,023	0,04	0,006	0,1	0,183	0,06	0,6	3,5	
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	24,8	13	12,6	12,3	22,4	9,61	18,7	19,5	12,3	14,7	23,2	17,1	35,7	197	
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	7,4	7,7	5	7,2	9,9	4,5	11,5	4,7	9,9	17	6	10,2	37,3	90	
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	0,27	0,09	0,07	0,07	< 0,03	0,17	0,04	0,44	< 0,03	< 0,03	0,05	< 0,03	0,17	0,49	
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	22,6	12,1	7,74	6,85	35	125	49,3	25,1	9,76	8,55	11,6	8,96	35	91,3	
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	15,4	17,4	23	17,1	32,3	12,3	22,5	33,9	17,1	53,3	44,5	41,7	123	315	
		Excede el valor ISQG														
		Excede el valor PEL														
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.																
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.																

Fuente: Elaboración propia

J  
A  
4  
2

- **Concentración de arsénico (As)**

336. En la Figura 10-66, se presentan las concentraciones de arsénico en sedimento para el grupo 1.

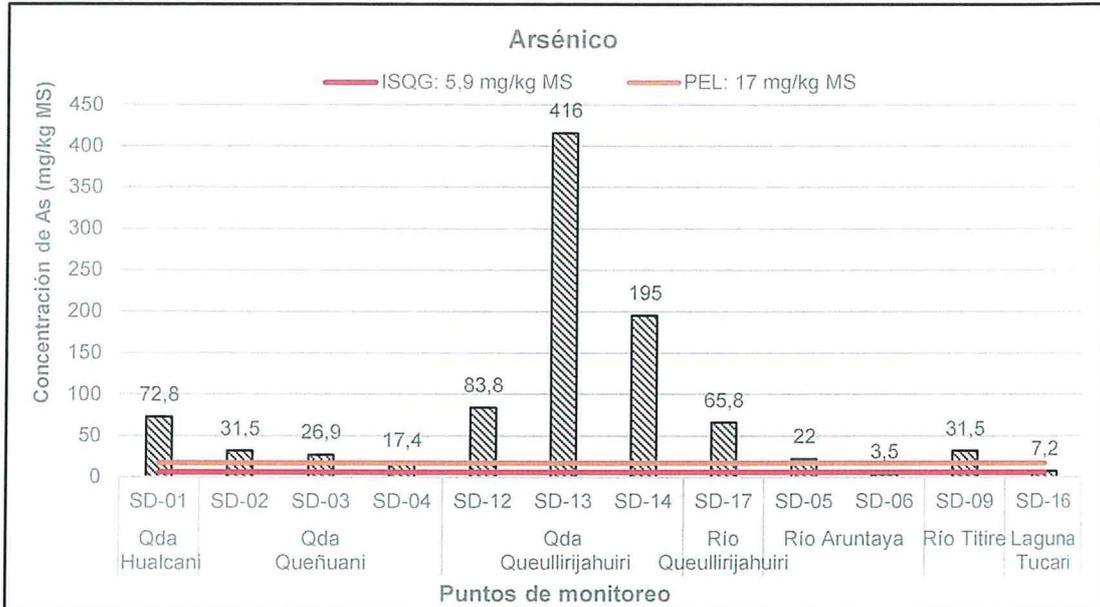


Figura 10-66. Concentraciones de As en la Zona II - Grupo 1 comparados con la norma canadiense.

337. Como se aprecia en la Figura 10-66, las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en las quebradas, ríos y en la laguna Tucari, excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg) y CEQG-PEL (17 mg/kg) con valores que van desde 17,4 a 416 mg/kg; a excepción del punto SD-06 (ubicado en el río Aruntaya) y el punto SD-16 (ubicado en la laguna Tucari) que presentaron concentraciones de 3,5 mg/kg y 7,2 mg/kg, respectivamente, que sólo excedieron el valor ISQG.

338. Es importante señalar el aumento de la concentración de arsénico en la quebrada Queullirijahuiri (puntos SD-12, SD-13 y SD-14) y luego su disminución en los demás cuerpos de agua.

- **Concentración de mercurio (Hg)**

339. En la Figura 10-67, se presentan las concentraciones de mercurio en sedimento para el grupo 1. De acuerdo a la figura, los puntos de monitoreo SD-01 (Quebrada Hualcani) y SD-17 (río Queullirijahuiri) presentaron concentraciones de 0,27 y 0,44 mg/kg, respectivamente, que excedieron el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la norma de referencia. Todos los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones bajas y por debajo del límite de cuantificación.



J  
A  
4  
2

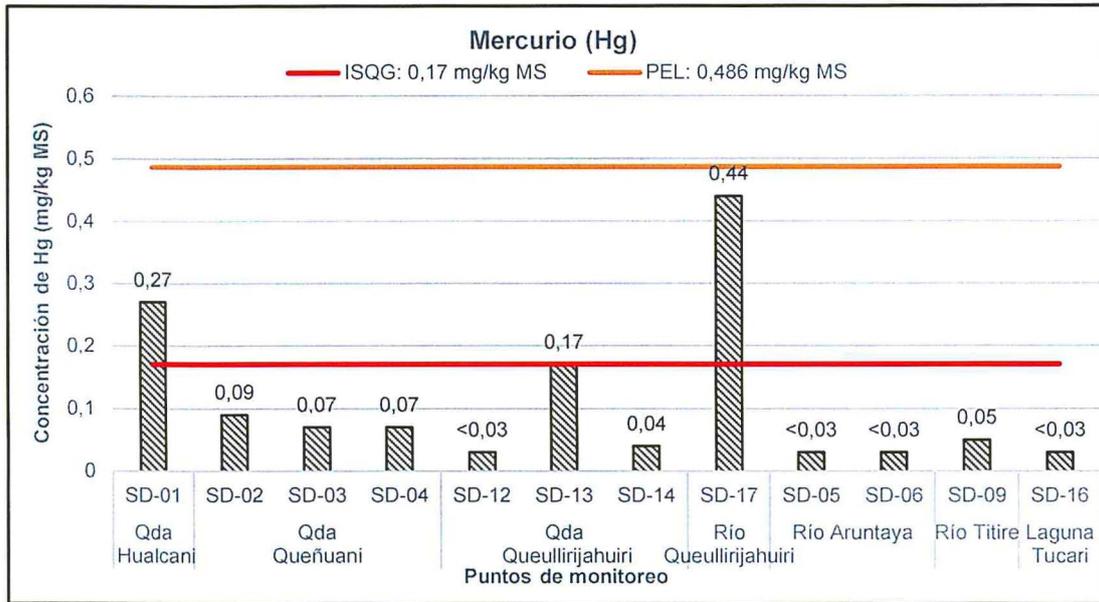


Figura 10-67. Concentraciones de Hg en la Zona II - Grupo 1 comparados con la norma canadiense.

• **Concentración de plomo (Pb)**

340. En la Figura 10-68, se presentan las concentraciones de plomo en sedimento para el grupo 1.

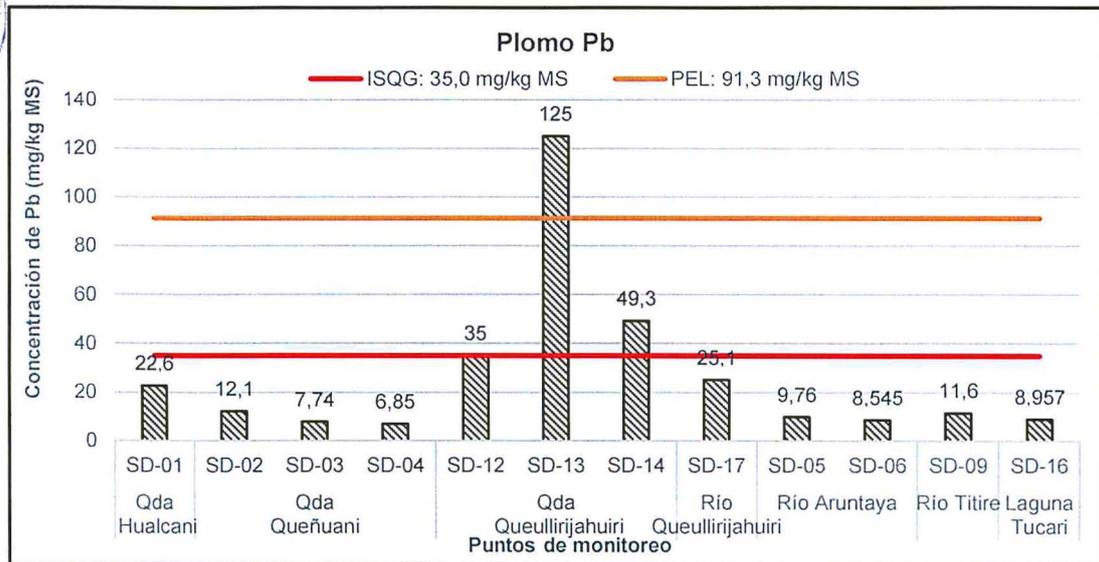


Figura 10-68. Concentraciones de Pb en la Zona II - Grupo 1 comparados con la norma canadiense.

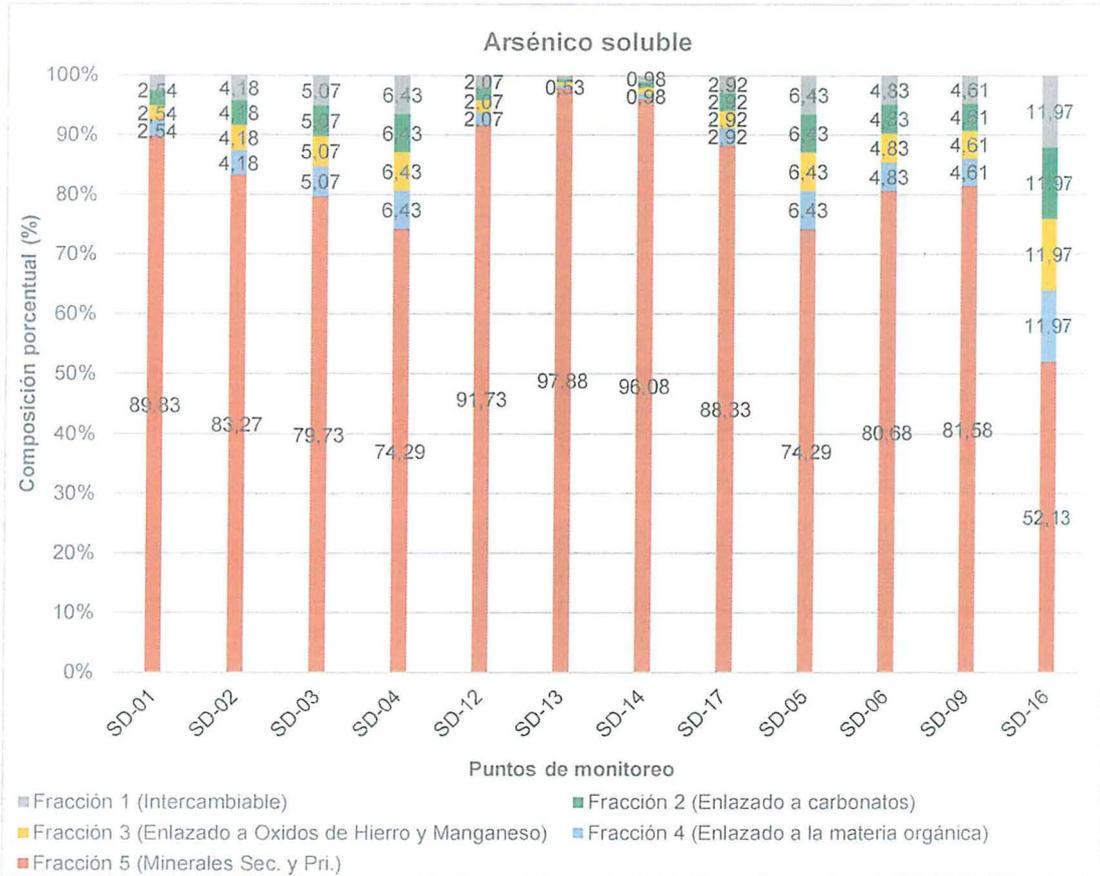
341. Como se observa en la Figura 10-68, el punto de monitoreo SD-14, presentó una concentración de 49,3 mg/kg, que excedió el valor ISQG (35,0 mg/kg) de la norma de referencia empleada. Asimismo, el punto SD-13 presentó una alta concentración (125 mg/kg), que excedió el valor CEQG-ISQG (35 mg/kg) y CEQG-PEL (91,3 mg/kg). Cabe mencionar que, estos puntos se encuentran ubicados en la quebrada Queullirijahuiri. En los demas puntos de monitoreo las

concentraciones de plomo se encontraron por debajo de lo establecido en la norma canadiense de referencia (con valores que van desde 6,85 a 25,1 mg/kg).

342. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales que se han descritos en la sección anterior.

- **Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**

343. En la Figura 10-69, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para el grupo 1.



**Figura 10-69.** Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 1.

344. De acuerdo a la Figura 10-69, en todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en las quebradas, ríos y en la laguna Tucari), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (arsénico asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 52,13 a 97,88% y menor proporción a las demás fracciones.

J  
 ★  
 y  
 z

• **Mercurio soluble por extracción secuencial de Tessier**

345. En la Figura 10-70, se muestran los resultados de la extracción secuencial de mercurio para el grupo 1.



<: Valor por debajo del límite de cuantificación

**Figura 10-70.** Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 1.

346. Como se observa en la Figura 10-70, en el punto SD-17 (ubicado en el río Queullirijahuiri) que presentó una concentración de mercurio por encima de lo establecido en la norma de referencia, el mercurio se encuentra en mayor porcentaje enlazado a la fracción 4 con 60%, y en menor proporción a las demás fracciones. Esto nos indica que el mercurio encontrado en el punto SD-17, está asociado a diversas formas de materia orgánica que en condiciones oxidantes puede ser degradada y liberar el mercurio asociado.

• **Plomo soluble por extracción secuencial de Tessier**

347. En la Figura 10-71, se muestran los resultados de la extracción secuencial de plomo para el grupo 1.



X  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



**Figura 10-71.** Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II – Grupo 1.

348. De acuerdo a la Figura 10-71, en los puntos de monitoreo SD-13 y SD-14 (ubicados en la quebrada Queullirijahuiri) que presentaron concentraciones de plomo por encima de lo establecido en la norma de referencia, el plomo se encuentra en mayor proporción a la fracción 5 (enlazado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes de 96,98 y 93,02%, respectivamente. Asimismo, se encuentran en la fracción 3 (enlazado a óxidos de hierro y manganeso) con porcentajes de 2,24 y 5,17 %, y en menor proporción a las demás fracciones.
349. A continuación, en la Tabla 10-37, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento.



Handwritten signature or initials in blue ink.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-37. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona II - Grupo 1.**

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo												
		Quebrada Hualcani	Quebrada Queñuani				Quebrada Queullirijahuiri			Río Queullirijahuiri	Río Aruntaya		Río Titire	Laguna Tucari
		SD-01	SD-02	SD-03	SD-04	SD-12	SD-13	SD-14	SD-17	SD-05	SD-06	SD-09	SD-16	
Azúfre Total	(%)	0,83	0,84	0,58	0,38	0,58	1,3	1,18	0,23	0,61	0,36	0,11	0,12	
Fizz Rating	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
pH Pasta	Unidades de pH	3,17	4,3	4,72	4,99	3,92	3,35	3,45	4,34	4,24	5,3	7,41	7,86	
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	10	6,875	2,188	2,5	2,188	8,438	24,4	0,313	4,688	1,875	1,25	0,313	
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	-10	-6,875	-2,188	-2	-2,187	-8,437	-24,4	-0,312	-4,688	-1,175	17,1	15,7	
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,7	18,3	16	
Ratio Potencial de Neutralización	-	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,37	14,6	51,2	
Sulfato Total	(%)	0,51	0,62	0,51	0,3	0,51	1,03	0,4	0,22	0,46	0,3	0,07	0,11	
Sulfuro Total	(%)	0,32	0,22	0,07	0,08	0,07	0,27	0,78	0,01	0,15	0,06	0,04	0,01	
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	PGA	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PNGA	PNGA	

<sup>(a)</sup> Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO<sub>3</sub>/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

<sup>(b)</sup> Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido.

PNGA: potencial no generador de ácido.

Fuente: Elaboración propia



44

350. Según la Tabla 10-37, se observa que todos los puntos de monitoreo (ubicados en las quebradas Hualcani, Queñuani, Queullirijahuri y los ríos Queullirijahuri, Aruntaya) a excepción de los puntos SD-09 (río Titire) y SD-16 (laguna Tucari), presentaron bajos valores de pH en pasta, que fueron desde 3,17 a 5,3 unidades de pH; los valores por debajo de 5 nos indica que el material tiene capacidad de generar acidez. Por otra parte, los valores de pH en pasta por encima de 7, obtenidos en los puntos SD-09 y SD-16, sugieren la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez.
351. Con respecto a la prueba estática ABA, todos puntos evaluados son potenciales generadores de ácido, según el criterio de evaluación 2, a excepción de los puntos SD-09 y SD-16 que son potenciales no generadores de ácido.

**b) Parámetros de laboratorio para la Zona II - Grupo 2**

352. En las Tablas 10-38 y 10-39, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partículas, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-38, el tipo de partícula predominante en el sedimento, en los puntos de monitoreo es la franca limosa (SD-24 y SD-30) y la franca arenosa (SD-28 y SD-18), seguido de la arenosa (SD-20), areno-franca (SD-21) y la franca (SD-22). Cabe mencionar que, la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.
353. Asimismo, según la Tabla 10-39, las concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo, excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento. Asimismo, se presenta el análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial de Tessier.

**Tabla 10-38.** Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona II – Grupo 2.

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-20	Quebrada Margaritani	90	10	0	Arenosa
SD-21		85	10	5	Areno Franca
SD-22		45	40	15	Franca
SD-28	Quebrada Apostoloni	80	5	15	Franco-Arenosa
SD-30		10	70	20	Franco-Limosa
SD-24	Río Margaritani	15	65	20	Franco-Limosa
SD-18		65	30	5	Franco-Arenosa

Fuente: Elaboración propia



X  
\*  
4  
2

**Tabla 10-39.** Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona II - Grupo 2.

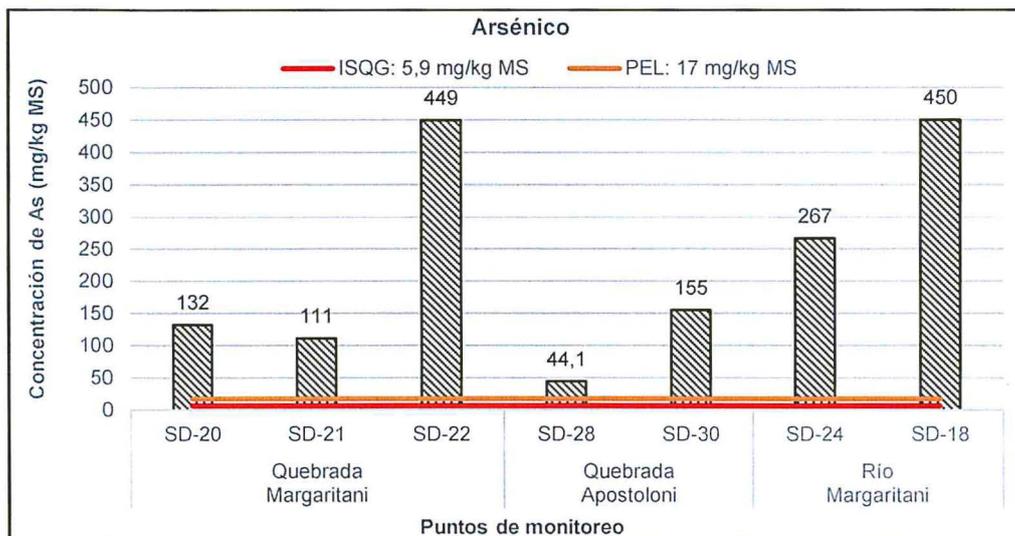
Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo							CEQG	
		Quebrada Margaritani			Quebrada Apostoloni		Río Margaritani		ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-20	SD-21	SD-22	SD-28	SD-30	SD-24	SD-18		
Arsénico total (As)	mg/kg MS	132	111	449	44,1	155	267	450	5,9	17
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	0,08	0,0908	0,3156	0,0332	0,2517	0,188	0,2927	0,6	3,5
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	57,6	32,4	50,7	21,8	105	51,4	80,1	35,7	197
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	3,4	2,8	6,1	7,2	17,3	5,2	5,9	37,3	90
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	0,19	0,38	0,36	1,11	1,51	1,09	0,73	0,17	0,486
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	43,2	27,1	75,7	43,1	107	151	106	35	91,3
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	18,8	19,8	38,7	26,5	43,8	35,9	44,6	123	315
Excede el valor ISQG										
Excede el valor PEL										

(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.  
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.

Fuente: Elaboración propia

● **Concentración de arsénico (As)**

354. En la Figura 10-72, se presentan las concentraciones de arsénico en sedimento para el grupo 2.



**Figura 10-72.** Concentraciones de arsénico en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense.

355. Como se observa en la figura, las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en las quebradas Margaritani y Apostoloni, así

como en el río Margaritani excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg MS) y CEQG-PEL (17 mg/kg MS) con valores que van desde 44,1 a 450 mg/kg MS.

● **Concentración de cobre (Cu)**

356. En la Figura 10-73, se presentan las concentraciones de cobre en sedimento para el grupo 2. De acuerdo a la figura, en todos los puntos de monitoreo (ubicados en las quebradas Margaritani y Apostoloni, así como el río Margaritani), las concentraciones de cobre (con valores desde 50,7 hasta 105 mg/kg) excedieron el valor CEQG-ISQG (35,7 mg/kg) de la norma de referencia empleada; a excepción de los puntos SD-21 y SD-28 que presentaron concentraciones de 32,4 y 21,8 mg/kg MS, respectivamente.

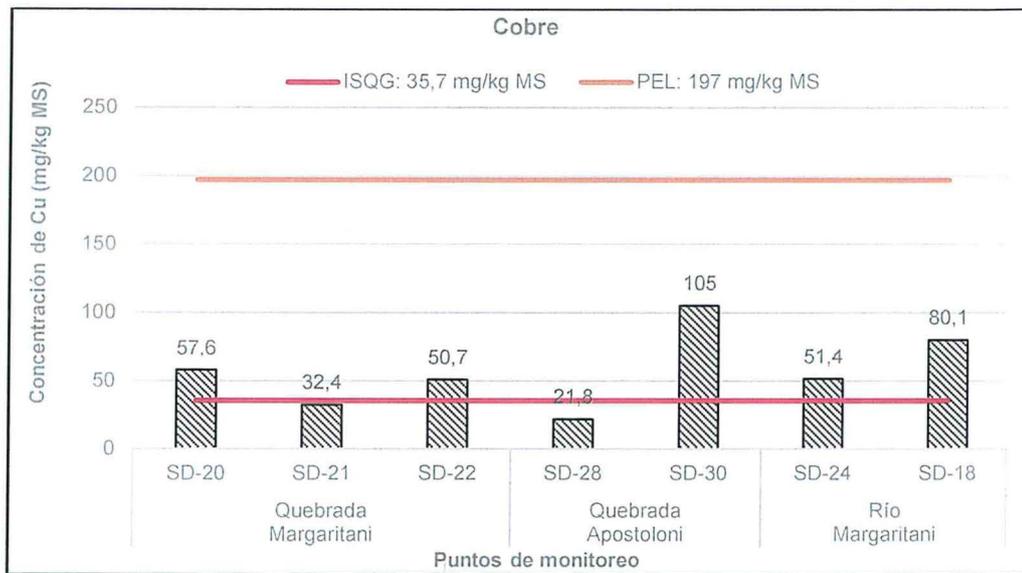


Figura 10-73. Concentraciones de cobre en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense.

● **Concentración de mercurio (Hg)**

357. En la Figura 10-74, se presentan las concentraciones de mercurio en sedimento para el grupo 2. Según lo mostrado en la figura, los puntos SD-20, SD-21 y SD-22 (ubicados en la quebrada Margaritani), presentaron concentraciones de mercurio desde 0,19 hasta 0,38 mg/kg MS, que exceden el valor CEQG-ISQG (0,17 mg/kg MS) de la norma de referencia. En los demás puntos de monitoreo, ubicados en la quebrada Apostoloni (SD-28 y SD-30) y en el río Margaritani (SD-24 y SD-18), se encontraron concentraciones de mercurio que excedieron los valores CEQG-ISQG (0,17mg/kg MS) y CEQG-PEL (0,486 mg/kg), concentraciones de van desde 0,73 a 1,51 mg/kg. Es importante señalar que existe un incremento en los valores de mercurio a través los cuerpos de agua evaluados, sobre todo en los puntos de monitoreo ubicados en la quebrada Apostoloni, donde se encontraron las mayores concentraciones de dicho metal.



Handwritten notes: a checkmark, an 'X', and the number '2'.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

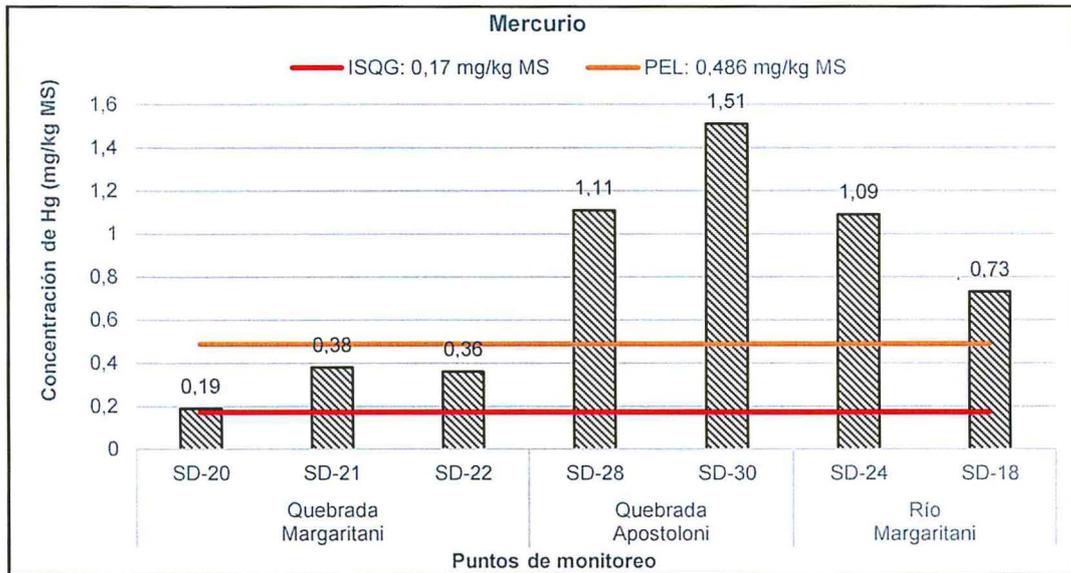


Figura 10-74. Concentraciones de mercurio en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense.

• **Concentración de plomo (Pb)**

358. En la Figura 10-75, se presentan las concentraciones de plomo en sedimento para el grupo 2.

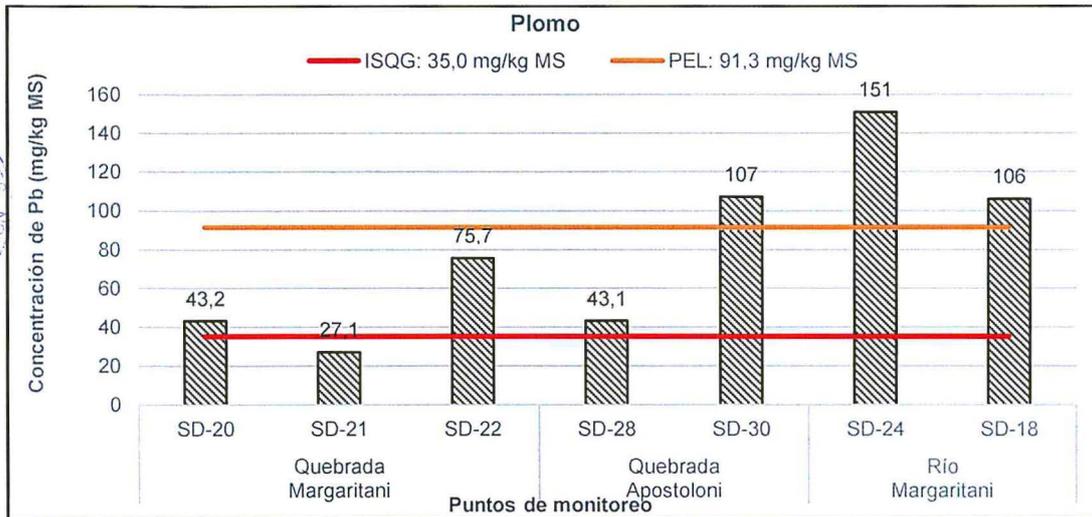


Figura 10-75. Concentraciones de Pb en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense.

359. Como se observa en la Figura 10-75, en los puntos de monitoreo SD-24, SD-30 y SD-18 se obtuvieron concentraciones que excedieron los valores CEQG-ISQG (35 mg/kg MS) y CEQG-PEL (91,3 mg/kg MS) de la norma de referencia, con valores de plomo que van desde 106 hasta 151 mg/kg MS. Asimismo los puntos SD-20, SD-22 y SD-28 presentaron concentraciones desde 43,1 a 75,7 mg/kg MS que sólo excedieron el valor ISQG (35 mg/kg MS). Por otra parte, el punto SD-21 (ubicado en la quebrada Margaritani), se obtuvo una concentración de 27,1 mg/kg MS, siendo el único valor que no excedió los valores de la norma de referencia.

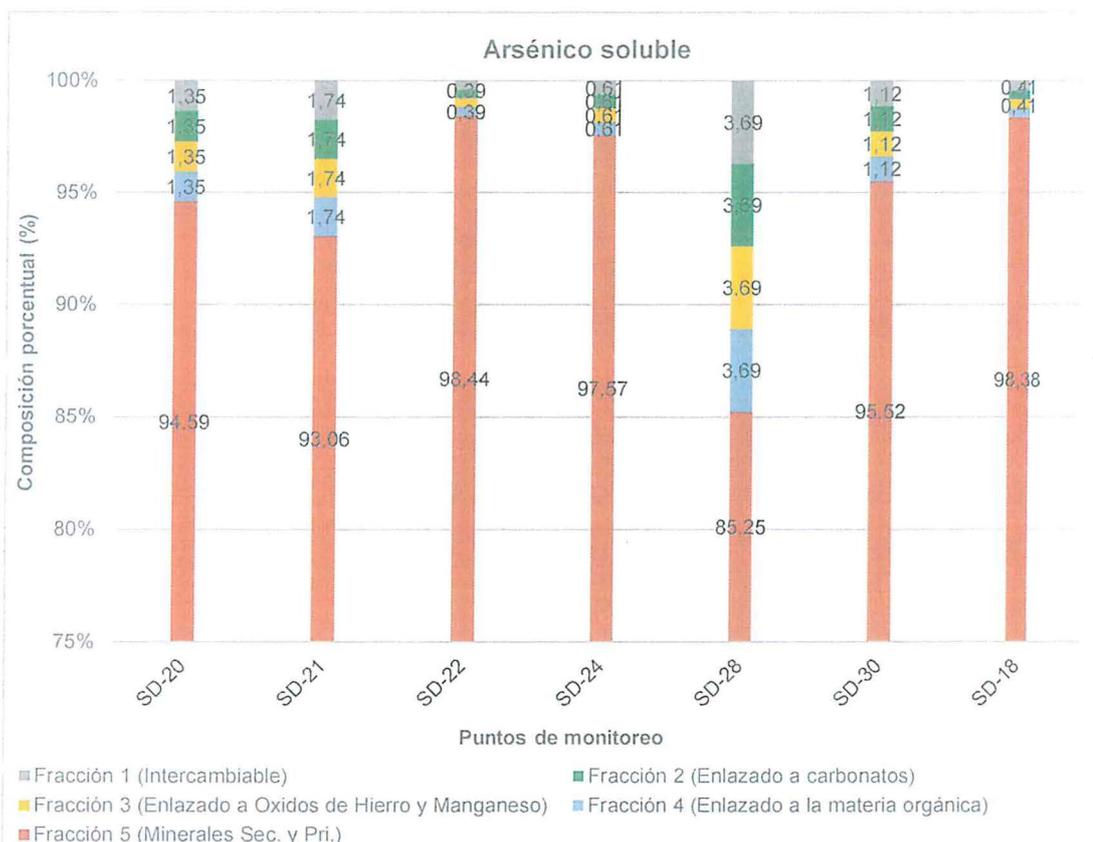


Handwritten signature and initials in blue ink.

360. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales que se han descritos en la sección anterior.

● **Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**

361. En la Figura 10-76, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para el grupo 2. Como se puede apreciar en la figura, en todos los puntos de monitoreo donde se encontraron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (ubicados en las quebradas Margaritani, Apostoloni, y en el río Margaritani), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (arsénico asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes desde 85,25 hasta 98,44% y en menor proporción a las demás fracciones.



**Figura 10-76.** Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 2.



J  
A  
B  
C

● **Cobre soluble por extracción secuencial de Tessier**

362. En la Figura 10-77, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para el grupo 2. De acuerdo a la figura, en los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones de cobre por encima de lo establecido en la norma de referencia (todos los puntos a excepción del SD-21 y SD-28), dicho metal se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (cobre asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes desde 57,95 a 86,94%, seguido de la fracción 4 con valores desde 4,24 a 19,42%, y luego en menor proporción las demás fracciones. Esto nos indica que el cobre encontrado en los puntos de monitoreo, enlazado a la fracción 4, está asociado a diversas formas de materia orgánica que en condiciones oxidantes puede ser degradada y liberar el cobre asociado.

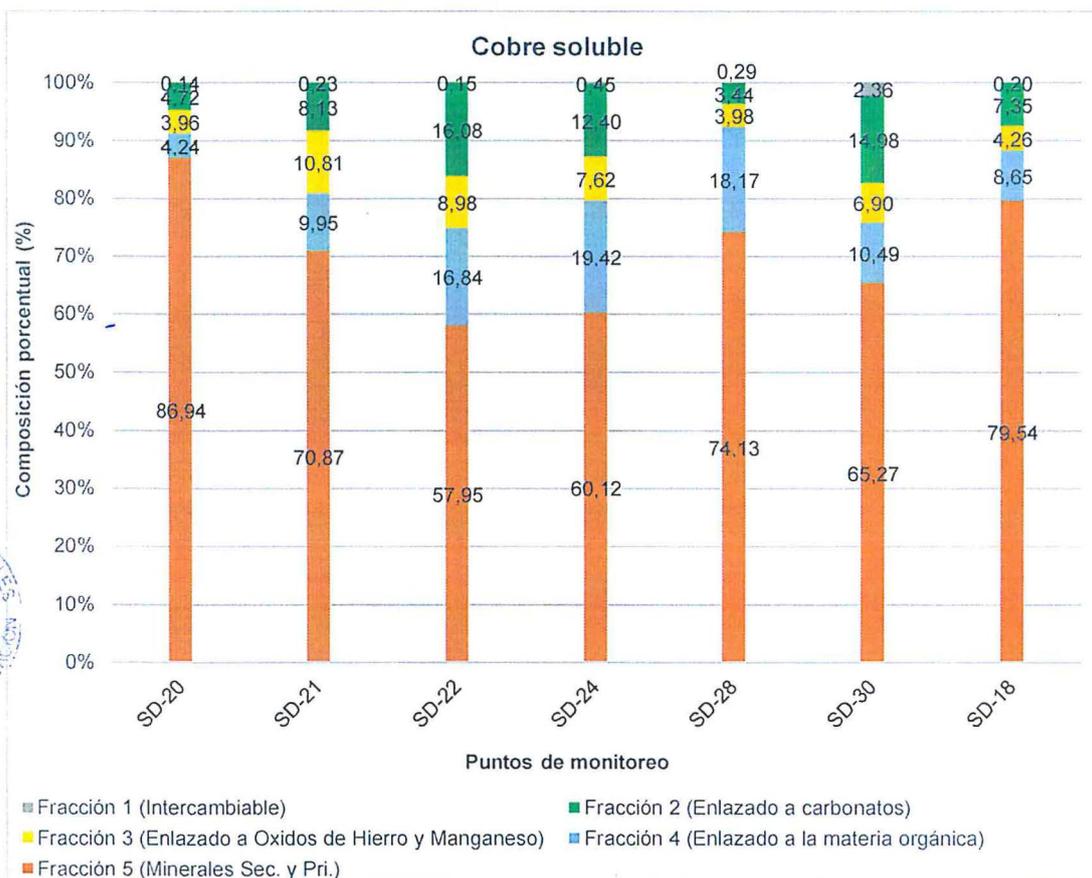


Figura 10-77. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 2.

● **Mercurio soluble por extracción secuencial de Tessier**

363. En la Figura 10-78, se muestran los resultados de la extracción secuencial de mercurio para el grupo 2. De acuerdo a la figura, en todos los puntos ubicados en las quebradas Margaritani, Apostoloni y en el río Margaritani, que presentaron concentraciones de mercurio que excedieron los valores de la norma de referencia, el mercurio se encuentra enlazado a la fracción 4 en mayor proporción

con porcentaje que van desde 50 a 77,78%; a excepción del punto SD-24 donde la mayor proporción del metal está unido a la fracción 3 (con 83,33%).

364. Esto nos indica que el mercurio encontrado en los puntos de monitoreo, enlazado a la fracción 4, está asociado a diversas formas de materia orgánica, que en condiciones oxidantes puede ser degradada y liberar el mercurio asociado. Asimismo, en el punto SD-24 (ubicado en la quebrada Apostoloni), el mercurio unido a los óxidos de hierro y manganeso (fracción 3) puede ser liberado bajo condiciones anóxicas (por ejemplo, bajos potenciales de óxido-reducción, donde los complejos de estos óxidos son inestables) que se dan en el ambiente.

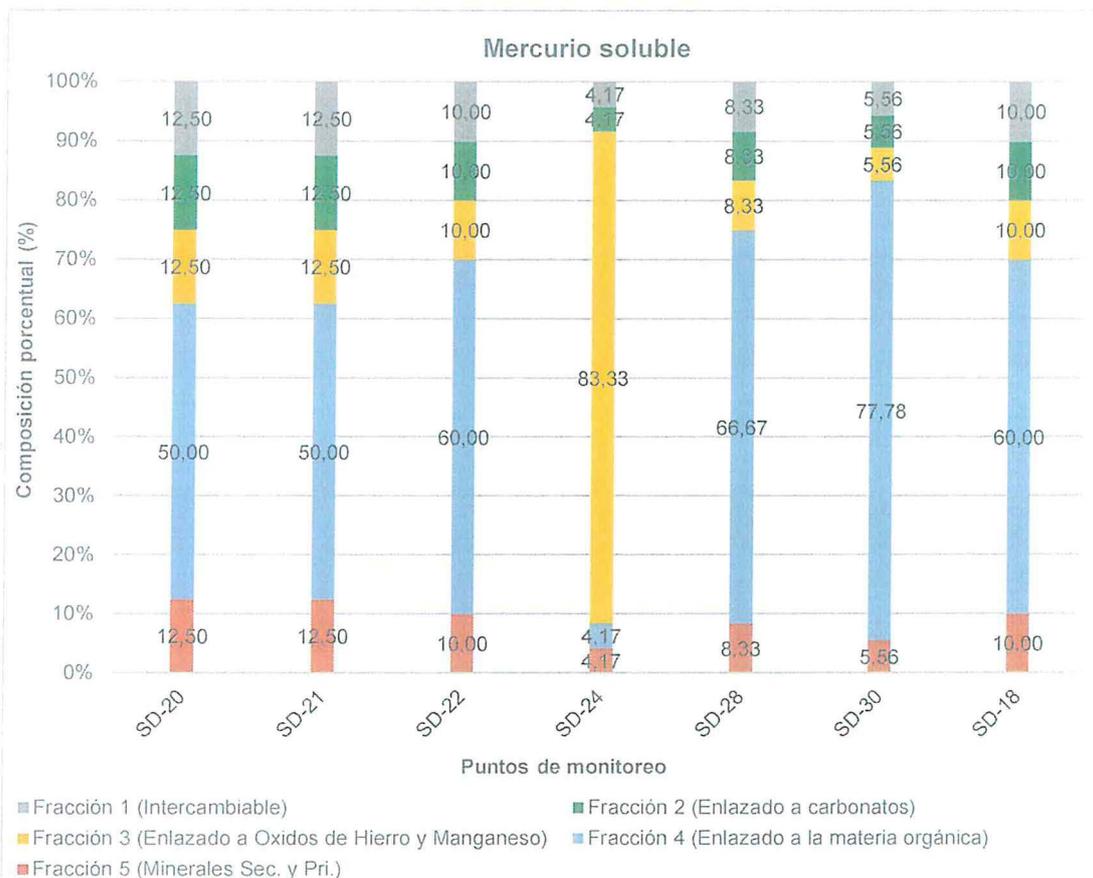


Figura 10-78. Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 2.

● **Plomo soluble por extracción secuencial de Tessier**

365. En la Figura 10-79, se muestran los resultados de la extracción secuencial de plomo para el grupo 2. Con respecto a los puntos ubicados en las quebradas Margaritani (a excepción del punto SD-21), Apostoloni y en el río Margaritani, donde la concentración de plomo excedió los valores de la norma de referencia, el plomo se encuentra unido en mayor proporción a la fracción 5 (asociado a minerales primarios y secundarios) con porcentajes que van desde 91,60 a 99,45%, seguido de la fracción 3 (enlazado a óxidos de hierro y manganeso), con porcentajes desde 2,02 a 6,27% (a excepción del punto SD-24,) y en menor proporción las demás fracciones.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL  
SUBDIRECCIÓN DE LA LINEA DE ACCIONES PRIORITARIAS  
CONSEJEROS  
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

J  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



**Figura 10-79.** Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos del grupo 2.



1  
 2  
 3  
 4  
 5

366. A continuación, en la Tabla 10-40, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento.

367. De acuerdo a los resultados de la Tabla 10-40, se observa que todos los puntos de monitoreo (ubicados en las quebradas Margaritani, Apostoloni, y en el río Margaritani), presentaron valores bajos de pH en pasta desde 3,33 hasta 3,94 unidades de pH; estos valores por debajo de 5 nos indican que el material evaluado tiene la capacidad de generar acidez. Asimismo, en relación a la prueba estática ABA, todos los puntos de monitoreo resultaron potenciales generadores de acidez, según el criterio de evaluación 2.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-40. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona II - Grupo 2**

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo						
		Quebrada Margaritani			Quebrada Apostoloni		Río Margaritani	
		SD-20	SD-21	SD-22	SD-28	SD-30	SD-18	SD-24
Azufre Total	(%)	1,75	1,02	1,12	1,31	3,12	1,15	1,44
Fizz Rating	-	0	0	0	0	0	0	0
pH Pasta	Unidades de pH	3,34	3,49	3,63	3,94	3,33	3,46	3,61
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	18,4	12,2	16,9	21,3	50	14,4	20,9
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	-18,4	-12,2	-16,9	-21,3	-50	-14,4	-20,9
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	0	0	0	0	0	0	0
Ratio Potencial de Neutralización	-	0	0	0	0	0	0	0
Sulfato Total	(%)	1,16	0,63	0,58	0,63	1,52	0,69	0,77
Sulfuro Total	(%)	0,59	0,39	0,54	0,68	1,6	0,46	0,67
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	PGA	PGA	Incertidumbre	PGA
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA

<sup>(a)</sup> Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO<sub>3</sub>/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

<sup>(b)</sup> Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido.  
PNGA: potencial no generador de ácido.  
Fuente: Elaboración propia

**c) Parámetros de laboratorio para la Zona II - Grupo 3**

368. En las Tablas 10-41 y 10-42, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partículas, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.
369. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-41, el tipo de partícula predominante en el sedimento en los puntos de monitoreo es la arena (SD-07, SD-08, SD-10, SD-31), seguida de la franco-arenosa (SD-19 y SD-11) y por último la areno-franca (SD-32 y SD-33). Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.
370. Asimismo, en la Tabla 10-42, se detallan las concentraciones obtenidas en el grupo 3, donde el arsénico, cobre, mercurio y plomo, excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales, encontrados en el sedimento. Asimismo, se presenta el análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial de Tessier.

**Tabla 10-41.** Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona II – Grupo 3.

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-19	Río	70	25	5	Franco-Arenosa
SD-07	Queullirijahuiri	95	5	0	Arenosa
SD-08	Río Aruntaya	95	5	0	Arenosa
SD-10		95	5	0	Arenosa
SD-11	Río Titire	75	20	5	Franco-Arenosa
SD-31	Río Coralaque	95	5	0	Arenosa
SD-32	Río Tambo	85	10	5	Areno Franca
SD-33		85	10	5	Areno Franca

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10-42.** Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona II - Grupo 3.

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo								CEQG	
		Río Queullirijahuiri		Río Aruntaya		Río Titire	Río Coralaque	Río Tambo		ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-19	SD-07	SD-08	SD-10	SD-11	SD-31	SD-32	SD-33		
Arsénico total (As)	mg/kg MS	379	288	268	143	78,1	25,7	15,4	14,5	5,9	17
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	0,1363	0,0588	0,0811	0,1405	0,2403	0,5276	0,4482	0,4416	0,6	3,5
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	46	28,2	30,6	44,8	82,9	86,3	11,1	25,9	35,7	197
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	5,2	7,3	9,2	6,5	6,2	6,1	7,8	9	37,3	90
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	0,74	0,2	0,21	0,06	< 0,03	0,03	< 0,03	< 0,03	0,17	0,486
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	81	24,7	28,5	20	9,933	0,198	0,18	13,6	35	91,3
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	29,5	41,4	38,9	37,7	54,9	75,3	77,4	67,9	123	315
	Excede el valor ISQG										
	Excede el valor PEL										
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.											
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.											

Fuente: Elaboración propia

● **Concentración de arsénico (As)**

371. En la Figura 10-80, se presentan las concentraciones de arsénico en sedimento para el grupo 3. Como se observa en la figura, las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya, Titire, Coralaque y Tambo, excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg) y CEQG-PEL (17 mg/kg) con valores que van desde 14,5 a 379 mg/kg, a excepción de los puntos SD-32 y SD-33 que sólo excedieron el valor ISQG. Cabe mencionar que la mayor concentración fue encontrada en el río Queullirijahuiri (punto SD-19), con un valor de 379 mg/kg, y luego se aprecia una disminución de los valores de arsénico hasta el río Tambo (donde se presentaron las menores concentraciones).

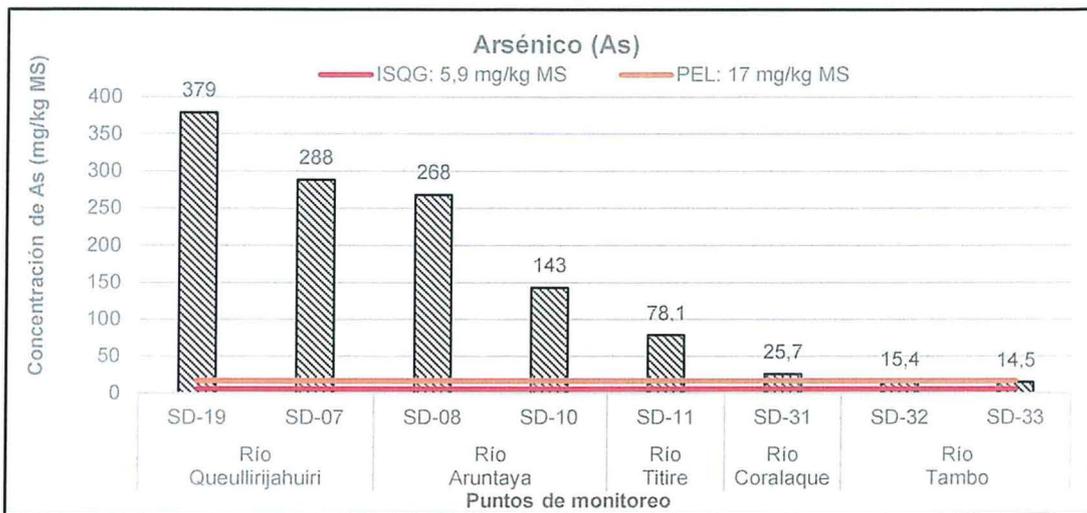


Figura 10-80. Concentraciones de arsénico en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense.

● **Concentración de cobre (Cu)**

372. En la Figura 10-81, se presentan las concentraciones de cobre en sedimento para el grupo 3.

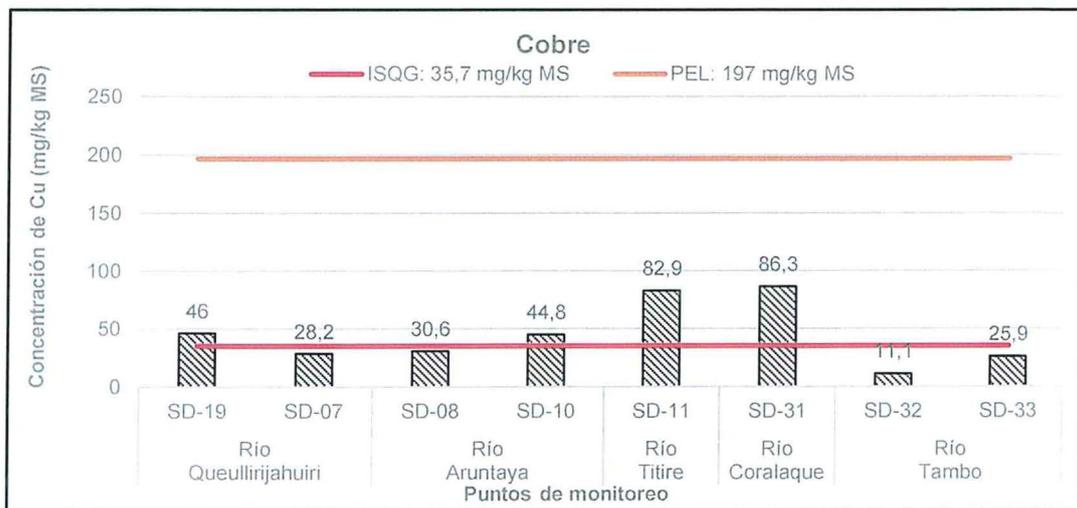


Figura 10-81. Concentraciones de cobre en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense.



1  
A  
4  
2

373. Según lo mostrado en la Figura 10-81, los puntos de monitoreo SD-07 y SD-08 (río Queullirijahuiri), además, de los puntos SD-32 y SD-33 (río Tambo), presentaron concentraciones de 28,2; 30,6; 11,1 y 25,9 mg/kg, respectivamente, que estuvieron por debajo de los valores establecidos en la norma de referencia CEQG-ISQG (35,7 mg/kg) y CEQG-PEL (197 mg/kg). Por otra parte, en los demás puntos (SD-19, SD-10, SD-11, SD-31), se presentaron concentraciones que van desde 44,8 a 86,3 mg/kg, que excedieron sólo el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la norma canadiense de referencia.

• **Concentración de mercurio (Hg)**

374. En la Figura 10-82, se presentan las concentraciones de mercurio en sedimento para el grupo 3.

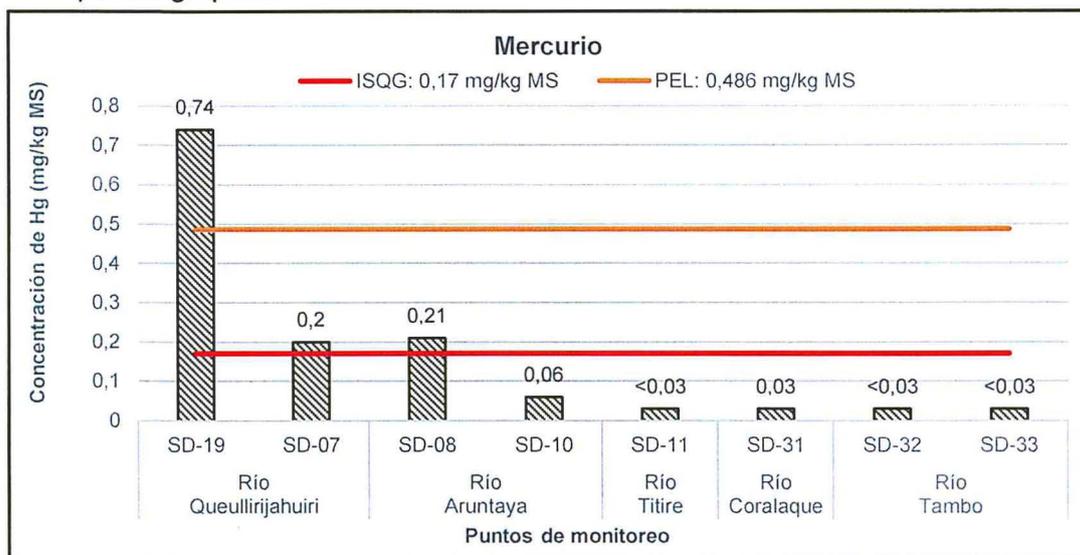


Figura 10-82. Concentraciones de mercurio en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense

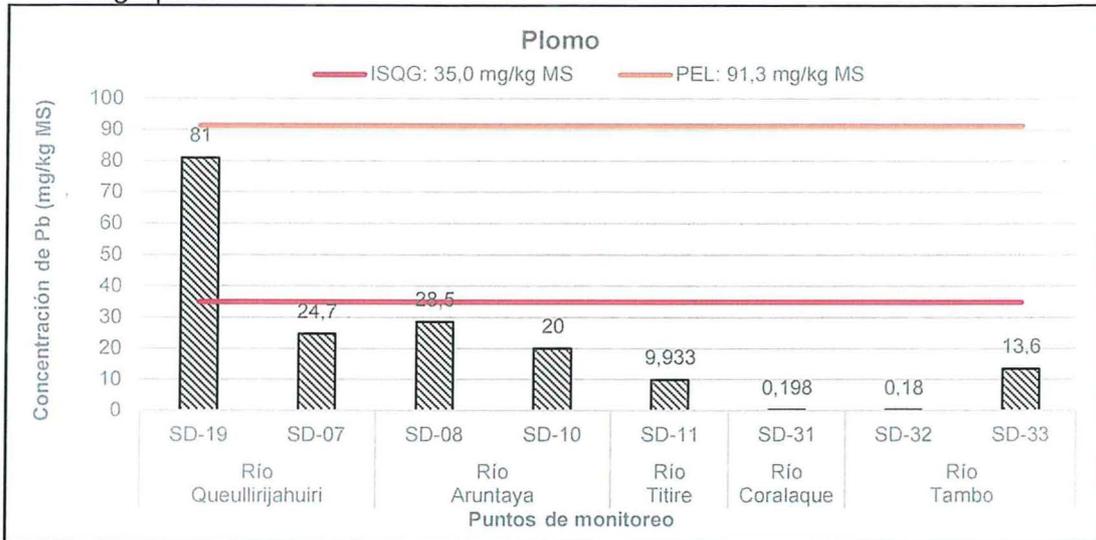
375. En la Figura 10-82, se presentan las concentraciones de mercurio en sedimento para el grupo 3. De acuerdo a la figura, las concentraciones de mercurio en los puntos SD-19, SD-07 (río Queullirijahuiri) y SD-08 (río Aruntaya) excedieron el valor CEQG-ISQG (0,17mg/kg) de la norma de referencia. Adicionalmente, el punto SD-19 (río Queullirijahuiri) presentó una concentración de 0,74 mg/kg, que excedió el valor CEQG-PEL (0,486 mg/kg) de la norma referida. Cabe mencionar que, se observa una concentración de mercurio elevada en el río Queullirijahuiri, ésta decrece a través de los cuerpos de agua, hasta el río Tambo.



X  
X  
4  
2

● **Concentración de plomo (Pb)**

376. En la Figura 10-83, se presentan las concentraciones de plomo en sedimento para el grupo 3.



**Figura 10-83.** Concentraciones de plomo en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense

377. Según los resultados presentados en la Figura 10-83, el punto SD-19 (ubicado en el río Queullirijahuiri) presentó una concentración de plomo de 81 mg/kg que excedió el valor ISQG (35,0 mg/kg) de la norma de referencia. En los demás puntos de monitoreo ubicados en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya, Titire, Coralaque y Tambo, las concentraciones fueron desde 0,18 hasta 28,5 mg/kg; dichos valores se encuentran por debajo de los valores CEQG-ISQG y CEQG-PEL de la norma empleada referencialmente. Es importante señalar que se observa una concentración de plomo elevada en el río Queullirijahuiri, ésta decrece a través de los cuerpos de agua, hasta el río Tambo.

378. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales que se han descritos en la sección anterior.

● **Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**

379. En la Figura 10-84, se muestran los resultados de la extracción secuencial de arsénico para el grupo 3. De acuerdo a los resultados presentados en todos los puntos de monitoreo donde se encontraron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (ubicados en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya, Titire, Coralaque y Tambo), el arsénico está enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (asociado a minerales primarios y secundarios) con porcentajes que van desde 70,16 a 97,71% y en menor proporción en las demás fracciones. Ya que dicho metal está asociado a la fracción 5, se espera que no sea liberado de manera fácil bajo las condiciones que se dan normalmente en la naturaleza



5  
A  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



**Figura 10-84.** Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3.

• **Cobre soluble por extracción secuencial de Tessier**

380. En la Figura 10-85, se muestran los resultados de la extracción secuencial de cobre para el grupo 3. De acuerdo a la figura, en aquellos puntos de monitoreo ubicados en los ríos Queullirijahuiri, Aruntaya, Titire y Coralaque (a excepción de los puntos SD-07 y SD-08), que presentaron concentraciones de cobre por encima de los valores de la norma de referencia; el cobre se encuentra unido en mayor proporción a la fracción 5 (asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 41,31 hasta 67,74%. Asimismo, en los SD-19 y SD-10, el cobre se encuentra unido a la fracción 4 con porcentajes de 17,22 y 17,50% seguido de las demás fracciones. Además, los puntos SD-11 y SD-31 dicho metal esta enlazado a la fracción 3 con porcentajes de 16,51 y 22,89% respectivamente. Esto nos indica que el cobre encontrado en los puntos de monitoreo, enlazado a la fracción 4, está asociado a diversas formas de materia orgánica que en condiciones oxidantes puede ser degradada y liberar el cobre asociado.



X  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

381. También se observa que en los puntos SD-19, SD-10, SD-11 y SD-31, hay presencia de cobre en la fracción 2 (enlazado a carbonatos en el sedimento), con porcentajes que van desde 12,17 a 26,65%. Esta fracción puede ser susceptible a los cambios de pH (por ejemplo, una disminución en los valores de pH, provocaría la liberación del cobre enlazado).

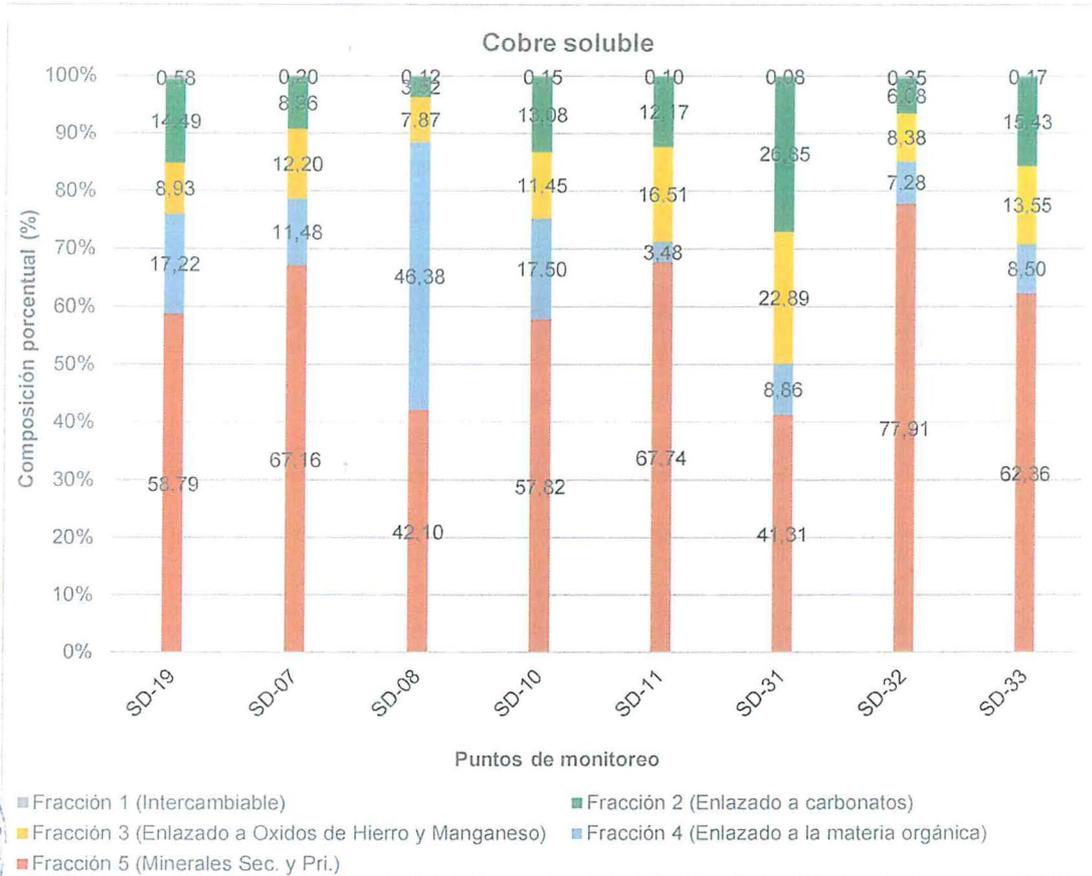


Figura 10-85. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3.

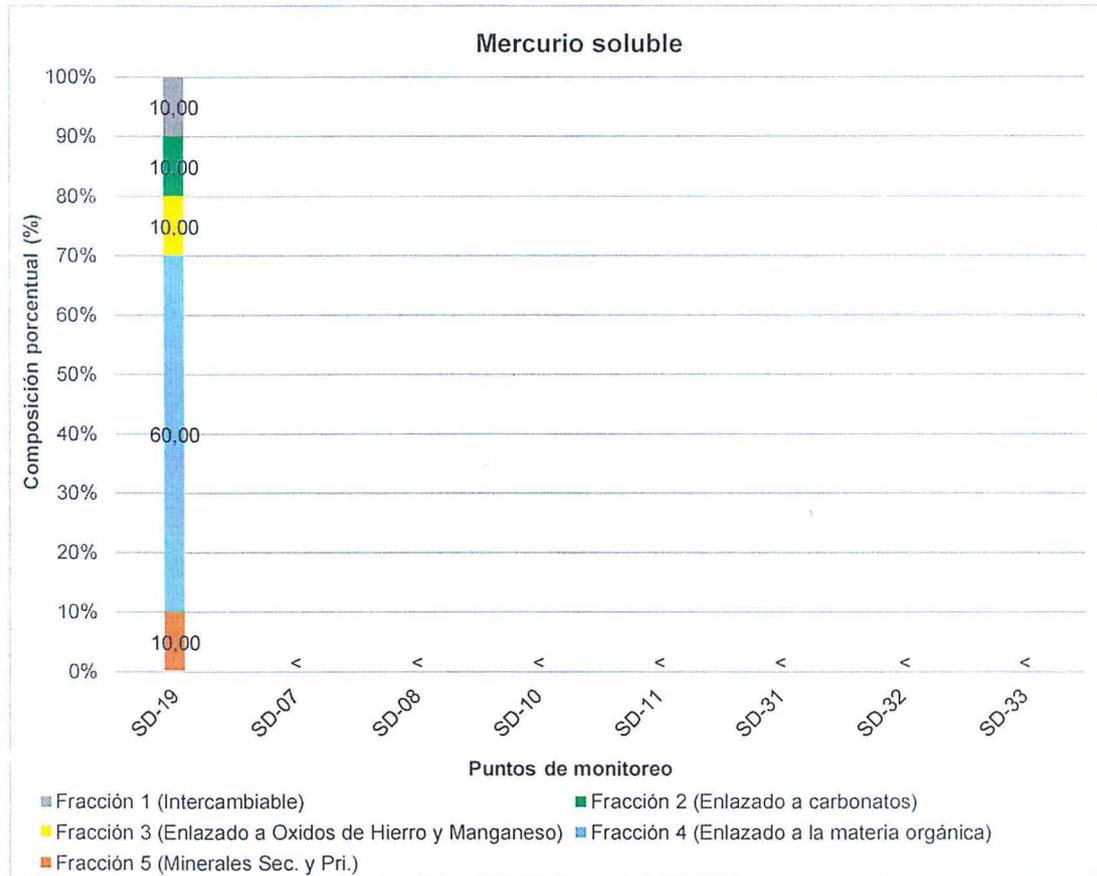
● **Mercurio soluble por extracción secuencial de Tessier**

382. En la Figura 10-86, se muestran los resultados de la extracción secuencial de mercurio para el grupo 3. De acuerdo a la figura, en el punto de monitoreo SD-19 (ubicado en el río Queullirijahuiri), que presentó una concentración de mercurio que excedió los valores de la norma de referencia, el mercurio se encuentra asociado en mayor proporción a la fracción 4, con un porcentaje de 60%. Esto nos indica que dicho metal está asociado a diversas formas de materia orgánica, que en condiciones oxidantes puede ser degradada y liberara el mercurio asociado.



J  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



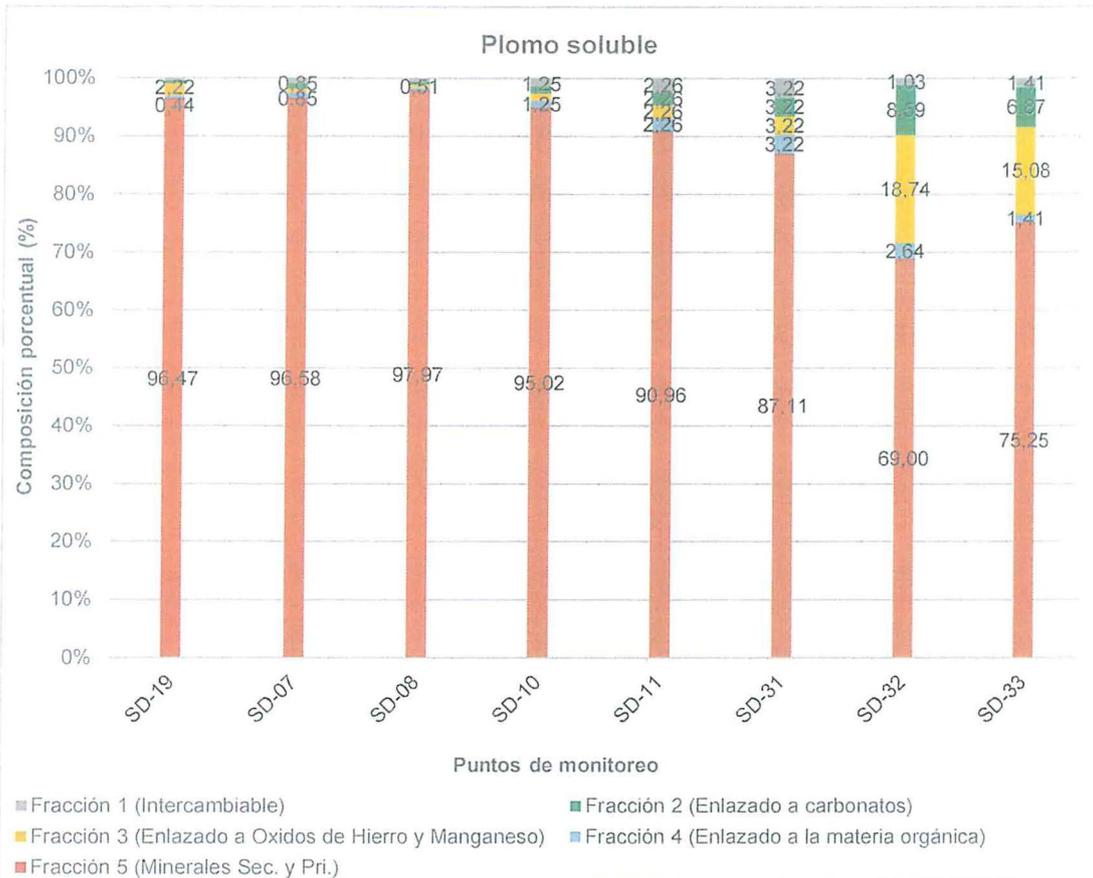
<: Valor por debajo del límite de cuantificación

**Figura 10-86.** Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3

### • Plomo soluble por extracción secuencial de Tessier

383. En la Figura 10-87, se muestran los resultados de la extracción secuencial de plomo para el grupo 3. Con respecto al punto SD-19 (ubicado en el río Queullirijahuri), donde la concentración de plomo excedió los valores de la norma de referencia, el plomo se encuentra asociado en mayor proporción a la fracción 5 (enlazado a minerales primarios y secundarios), con un porcentaje de 96,47%, seguido de las demás fracciones. Debido a que el plomo está asociado principalmente a esta fracción, se espera que no sea liberado de manera fácil bajo las condiciones que se dan normalmente en la naturaleza.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



**Figura 10-87.** Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3



8  
 \*  
 4  
 2

384. A continuación, en la Tabla 10-43, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de acidez en el sedimento.

385. De acuerdo a los resultados de la Tabla 10-43, se observa que los puntos de monitoreo SD-19 y SD-07(ubicados en el río Queullirijahuri), así como el punto SD-08 (en el río Aruntaya), presentaron valores de pH en pasta desde 3,71 a 3,76 unidades de pH; estos valores por debajo de 5 nos indica que el sedimento evaluado tiene la capacidad de generar acidez. Por otra parte, en el punto SD-10, se registró un valor de pH en pasta de 5,05, mientras que en los demás puntos SD-11, SD-31, SD-32 y SD-33, se obtuvieron valores de pH en pasta desde 7,64 hasta 8,67 unidades de pH. Valores por encima de 7 nos sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento evaluado y por lo tanto que tienen la capacidad de neutralizar la acidez.

386. Con respecto a la prueba estática ABA, los puntos SD-19, SD-07 y SD-08, resultaron potenciales generadores de acidez, mientras que los demás puntos de monitoreo (SD-10, SD-11, SD-31, SD-32 y SD-33) son potenciales no generadores de acidez, según el criterio de evaluación 2.

**Tabla 10-43. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para el grupo 3**

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo							
		Río Queullirijahuiri		Río Aruntaya		Río Titire	Río Coralaque	Río Tambo	
		SD-19	SD-07	SD-08	SD-10	SD-11	SD-31	SD-32	SD-33
Azufre Total	(%)	0,99	0,44	0,53	0,18	0,03	0,03	0,05	0,06
Fizz Rating	-	0	0	0	0	0	0	1	2
pH Pasta	Unidades de pH	3,76	3,71	3,75	5,05	7,64	8,47	8,6	8,67
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	13,8	6,25	5,938	0,625	0,313	0,313	0,313	0,313
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	-13,7	-6,249	-5,938	2,575	11,2	10,7	27,7	37,7
Potencial de Neutralización Sobek (PN) -	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	0	0	0	3,2	11,5	11	28	38
Ratio Potencial de Neutralización	-	0	0	0	5,12	36,8	35,2	89,6	122
Sulfato Total	(%)	0,55	0,24	0,34	0,16	0,02	0,02	0,04	0,05
Sulfuro Total	(%)	0,44	0,2	0,19	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup></b>		<b>Incertidumbre</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>PNGA</b>	<b>PNGA</b>
<b>Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup></b>		<b>PGA</b>	<b>PGA</b>	<b>PGA</b>	<b>PNGA</b>	<b>PNGA</b>	<b>PNGA</b>	<b>PNGA</b>	<b>PNGA</b>

<sup>(a)</sup> Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO<sub>3</sub>/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

<sup>(b)</sup> Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido.

PNGA: potencial no generador de ácido.

Fuente: Elaboración propia



Handwritten signature and date: J. A. 04/2

### 10.2.3. Hidrobiología

387. En esta sección se presentan y analizan los resultados de la zona II correspondientes a los grupos 1, 2 y 3, obtenidos luego de aplicar la metodología descrita en la sección 9.3, con el propósito de alcanzar los objetivos planteados en la presente evaluación.

#### 10.2.3.1. Grupo 1: Ambientes no influenciados por actividades mineras

388. Para un mejor análisis de los resultados de este grupo fueron divididos para ambientes lóticos (i.e. ríos y quebradas) y lénticos (i.e. laguna).

##### 10.2.3.1.1. Ambientes lóticos

389. Se evaluaron 11 puntos de monitoreo distribuidos de la siguiente manera: HB-01 en la quebrada Hualcani, HB-02, HB-03 y HB-04 en la quebrada Queñuani, HB-12, HB-13 y HB-14 en la quebrada Queullirijahuri, HB-17 en el río Queullirijahuri, HB-05 y HB-06 en el río Aruntaya y HB-09 en el río Titire. Debido a que no se cuenta con una información previa de las comunidades hidrobiológicas de la zona de evaluación, los resultados obtenidos nos brindan información de lo que acontece en la dinámica de las comunidades en el momento de la evaluación por lo que solo se realizan comparaciones espaciales entre los puntos de monitoreo. Seguidamente, líneas abajo se detalla lo encontrado en la comunidad de perifiton.

#### I. Perifiton

390. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. Para una mejor comprensión de la dinámica de esta comunidad, el análisis de resultados se enfocó en dos grupos: microalgas y microorganismos.

##### a. Microalgas

391. Son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos capaces de transformar la energía luminosa en energía química, su importancia radica en su papel como productores primarios de la cadena trófica, que las constituyen en las primeras formadoras de materia orgánica. A continuación, se detalla el análisis de las microalgas mediante la composición, riqueza y abundancia de especies; así como, los índices de diversidad alfa y beta.

##### i) Composición, riqueza y abundancia de especies

392. La composición, riqueza y abundancia de las microalgas en las muestras tomadas en los cuerpos de agua del grupo 1 se detallan en la Figura 10-88. La comunidad de microalgas estuvo compuesta por un total de 71 especies, correspondientes a 28 familias, 20 órdenes distribuidas en cinco phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Ochrophyta, Chlorophyta y Charophyta. El registro completo de las especies se detalla en el Anexo A.3.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

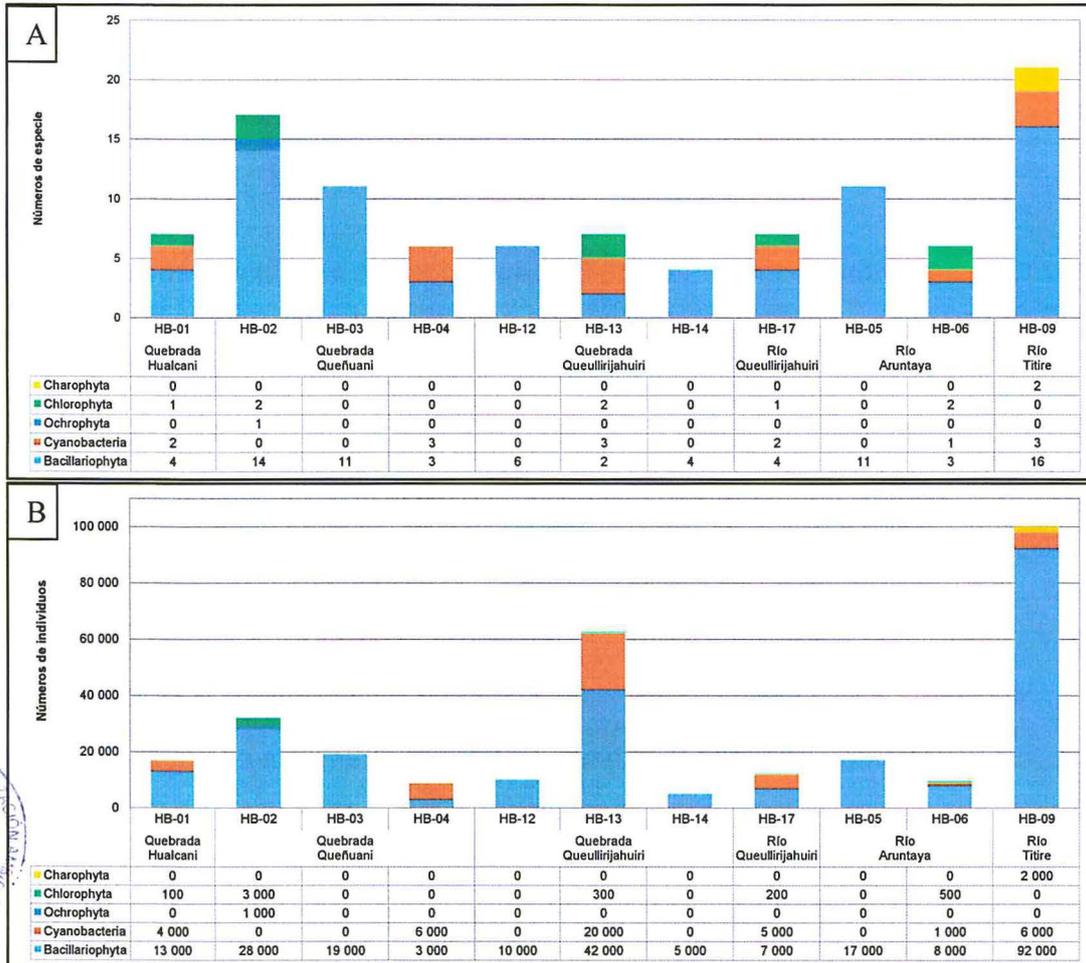


Figura 10-88. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona II – Grupo 1.

393. El phylum Ochrophyta solo está presente en el punto HB-02 con una sola especie: *Chromulina sp.* Por otro lado, tenemos que en el punto HB-09 ubicado en el río Titire se encontró la mayor riqueza con 21 especies, siendo el phylum Bacillariophyta el más diverso con 16 especies y se registró la presencia de dos especies del phylum Charophyta: *Closterium acutum* y *Closterium tumidum*; seguido tenemos el punto HB-02 ubicado en la quebrada Queñuani con 17 especies y se observó la presencia del phylum Ochrophyta con la especie: *Stigeoclonium lubricum*. Además, se apreció que en el punto HB-03 ubicado en la quebrada Queñuani, HB-12 y HB-14 puntos ubicados en la quebrada Queullirijahuiri y en el punto HB-05 ubicado en el río Aruntaya solo se registró al phylum Bacillariophyta, en general, podemos decir que el phylum Bacillariophyta fue el más diverso en la mayoría de los puntos de monitoreo evaluados excepto en HB-13 donde predominó el phylum Cyanobacteria con tres especies. La menor riqueza se encontró en el punto HB-14 con cuatro especies. Es preciso mencionar que estos puntos se encuentran fuera del área de influencia de la zona minera y las condiciones encontradas serían las proporcionadas de acuerdo a los cambios medioambientales naturales.

394. Se registró una abundancia total de 293 100 organismos como se aprecia en la Figura 10-88. La abundancia fue mayor en el punto de monitoreo HB-09 ubicado en el río Titire con una abundancia de 100 000 organismos; seguido tenemos el punto HB-13 ubicado en la quebrada Queullijahuiri con 44 300 organismos; mientras que la menor abundancia se registró en el punto HB-14 ubicado en la quebrada Queullijahuiri con 5 000 organismos. La alta abundancia registrada en el punto HB-09 está relacionada con la presencia de las bacillariophytas *Ulnaria acus* y *Ulnaria ulna* con 14 000 y 11 000 organismos, respectivamente.

ii) Índices de diversidad alfa y beta

395. Con base a los resultados de riqueza y abundancia de especies, se muestran en la Figura 10-89, los valores de números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo evaluado en el grupo 1.

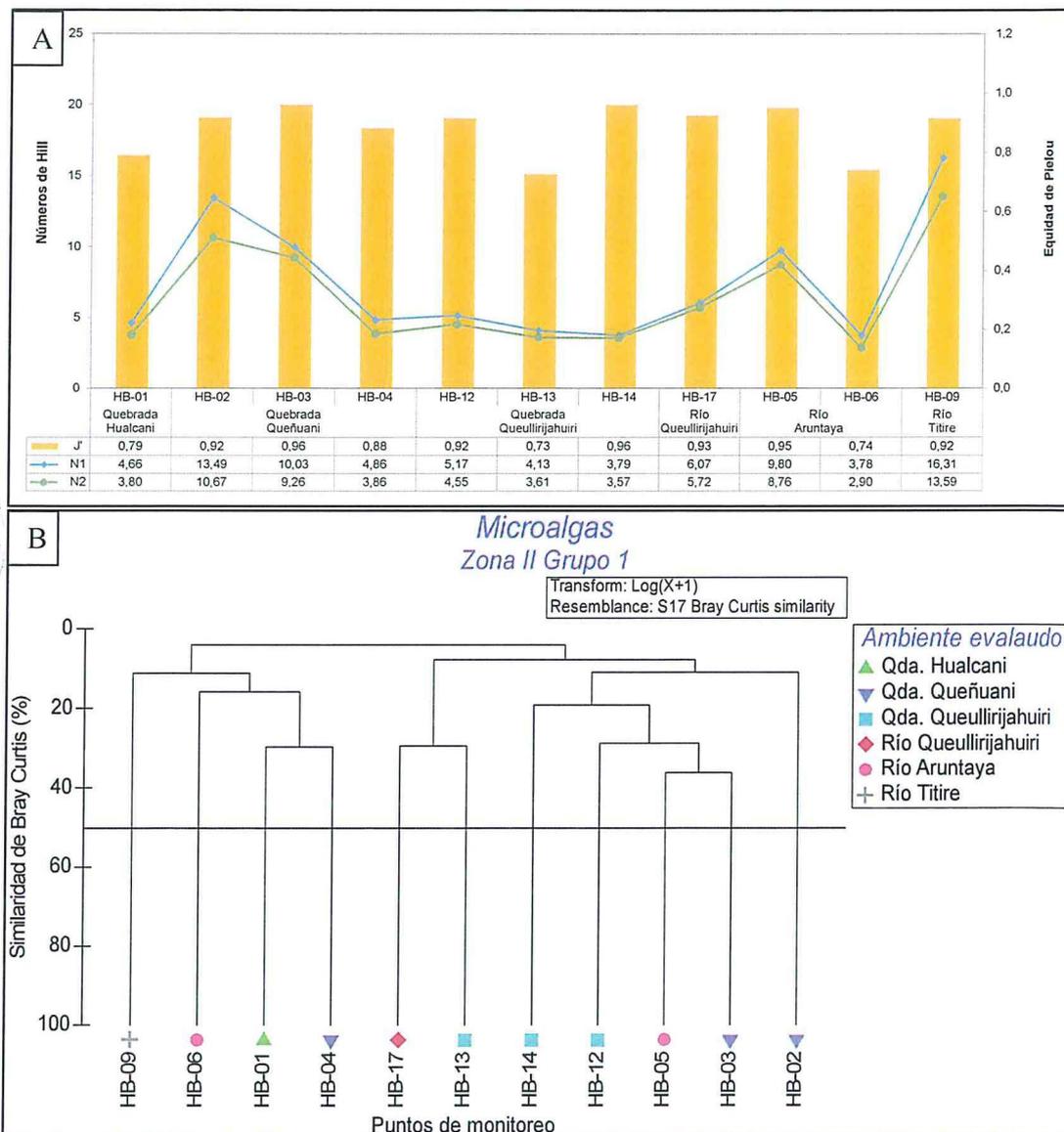


Figura 10-89. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona II - Grupo 1.

396. Se aprecia que los números de Hill N1 y N2 presentan la misma tendencia; así tenemos que N1 varió desde 3,78 especies efectivas en el punto HB-06 hasta 16,31 especies efectivas en el punto HB-09 y en los mismos puntos de monitoreo N2 varió desde 2,90 especies efectivas hasta 13,59 especies efectivas. Por otro lado, los valores de Pielou variaron desde 0,73 en el punto HB-13 hasta 0,96 en los puntos HB-03 ubicado en la quebrada Queñuani y HB-14 en la quebrada Queullirijahuiri; estos valores muestran una alta equidad ( $> 0,5$ ) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes en su mayoría.
397. El primer grupo reúne cuatro puntos de monitoreo: HB-01 ubicado en la quebrada Hualcani, HB-04 ubicado en la quebrada Queñuani, HB-06 en la quebrada Aruntaya y HB-09 en el río Titire, observándose que los puntos HB-04 y HB-01 registraron una baja similaridad de 30 %. El segundo grupo está conformado por siete puntos de monitoreo; encontrándose tres subgrupos; en el subgrupo 1 se encontró que los puntos HB-13 y HB-17 ubicados en la quebrada Queullirijahuiri presentaron una similaridad de 30 % y registraron dos especies comunes: *Achnantheidium altergracillima* y *Xenococcus sp.*, en el subgrupo 2 corresponden los puntos HB-03 ubicado en la quebrada Queñuani, HB-05 en el río Aruntaya, HB-12 y HB-14 ubicados en la quebrada Queullirijahuiri con una similaridad de 20 % y en el subgrupo 3 el único punto registrado fue HB-02 con una baja similaridad de 10 %.

## II. Necton (peces)

398. En el punto HB-09 ubicado en el río Titire se identificaron 11 individuos de la especie *Oncorhynchus mykiss* comúnmente conocida como trucha. Esta especie probablemente es usada por los pobladores que viven en áreas aledañas a la zona evaluada para consumo directo. Las tallas de los ejemplares de trucha colectados variaron entre 1,5 y 3,7 cm (ver Anexo A.3), lo que corresponde a tallas de estadio de alevinos, según el manual de crianza de trucha (Fondepes, 2014).
399. A continuación, el análisis de los resultados de la zona II, realizado en los ambientes lénticos (Laguna Tucari).

### 10.2.3.1.2. Ambientes lénticos

400. Cabe precisar que el único punto de monitoreo dentro del grupo 1 evaluado en ambiente léntico para la zona II fue el HB-16 ubicado en la laguna Tucari. A continuación, se detalla la comunidad de plancton.

#### I. Plancton

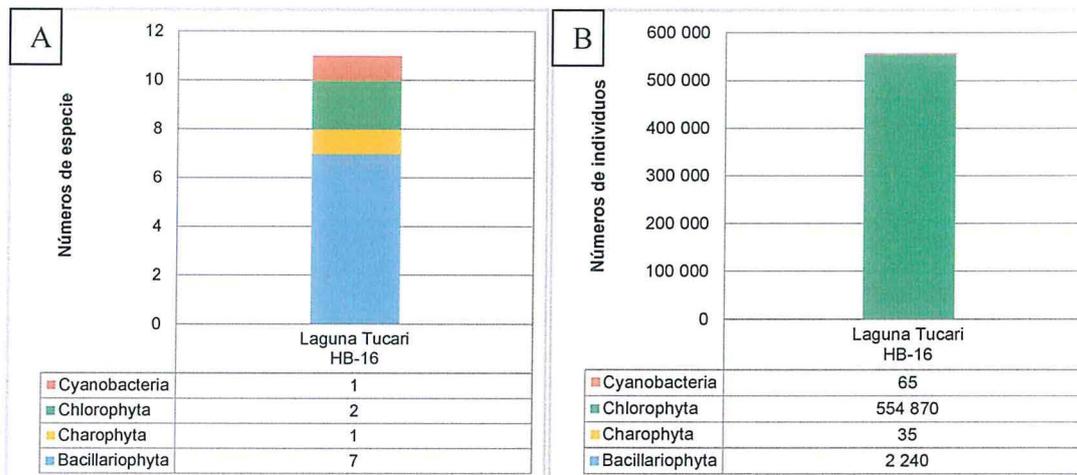
401. El plancton está conformado de organismos de pequeño tamaño (típicamente  $< 3,0$  cm) que tienen como característica principal habitar la columna de agua con limitada capacidad de contrarrestar las corrientes del agua. En este estudio, el análisis de los resultados se enfocó en dos grupos: fitoplancton y zooplancton.

##### a. Fitoplancton

402. A continuación, se analiza el fitoplancton de acuerdo a la composición, riqueza y abundancia de especies; así como los índices de diversidad alfa y beta.

**i) Composición, riqueza y abundancia de especies**

403. El registro completo de la comunidad de fitoplancton se detalla en el Anexo A.3. Esta comunidad estuvo compuesta por un total de 11 especies agrupadas en 11 familias y 9 órdenes, distribuidas en cuatro phyla: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria. Se registró que el phylum Bacillariophyta fue el más diverso con siete especies de las 11 identificadas, seguido de Chlorophyta con dos especies; mientras que los phyla Charophyta y Cyanobacteria solo registraron una especie cada una.
404. La abundancia del fitoplancton encontrada en la laguna Tucari de la zona 2 se muestran en la Figura 10-90. La abundancia total registrada fue de 557 210 organismos, evidenciándose que el phylum más abundante fue Chlorophyta con 554 870 organismos, seguido de Bacillariophyta con 2 240 organismos; mientras que Charophyta y Cyanobacteria solo obtuvieron 35 y 65 organismos, respectivamente. Dentro del grupo de las Chlorophyta, la más abundante no fue identificada hasta el nivel de especie, con 554 860 organismos.



**Figura 10-90.** Fitoplancton: Riqueza (A) y abundancia (B) de fitoplancton por phylum en los puntos de la zona II – Grupo 1.

405. Con base a los resultados de riqueza y abundancia de especies; se obtuvieron los valores de la diversidad alfa: números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') en la laguna Tucari, como se observan en la Tabla 10-44. El valor de N1 fue 1,03 especies efectivas o dominantes; mientras que el valor de N2 fue 1,01 especies efectivas; es decir más dominantes. En general no hubo diferencias entre los valores ya que los dos indican que hay una sola especie dominante. Que sería la no identificada que corresponde a las clorofitas. Por otro lado, el valor de Pielou fue de 0.76, este valor muestra una alta equidad (> 0.5) indicando que la población de fitoplancton es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

Tabla 10-44. Valores de la diversidad alfa

Índice / Ambiente evaluado		Laguna Tucari
		HB-16
Equidad de Pielou	(J')	0,76
Números de Hill	N1	1,03
	N2	1,01

Fuente: Elaboración propia

**b. Zooplancton**

406. En el zooplancton se identificaron cinco especies, de las cuales una de ellas no se pudo identificar hasta el nivel de especie denominada como "larva de nauplio". La especie mas abundante fue *Boeckella gracilipes* con 12 organismos, seguido de las larvas nauplio con seis organismos; mientras que las menos abundantes fueron *Daphnia sp.* y *Alona sp.* con 0,25 organismos.

**10.2.3.2. Grupo 2: Ambientes influenciados directamente por actividades mineras**

407. En esta sección se presentan y analizan los resultados de la zona II correspondientes al grupo 2. El análisis de los resultados fue realizado solo para ambientes lóticos (i.e. ríos y quebradas).

**10.2.3.2.1. Ambientes lóticos**

408. En esta sección se detallarán los resultados de 11 puntos de monitoreo distribuidos de la siguiente manera: en el río Margaritani, dos puntos HB-18 y HB-24; en la quebrada Margaritani, tres puntos: HB-20, HB-21 y HB-22 y en la quebrada Apostoloni, seis puntos: HB-25, HB-26, HB-27, HB-28, HB-29 y HB-30. Debido a que no se cuenta con una información previa de las comunidades hidrobiológicas de la zona de evaluación, los resultados obtenidos nos brindan información de lo que acontece en la dinámica de las comunidades en el momento de la evaluación por lo que solo se realizan comparaciones espaciales entre los puntos de monitoreo. A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la comunidad de perifiton.



Handwritten blue marks: a checkmark, the letter 'A', the number '4', and the number '2'.

**I. Perifiton**

409. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. En este estudio para una mejor comprensión de la dinámica de esta comunidad, el análisis de resultados se enfocó en dos grupos: microalgas y microorganismos.

**a. Microalgas**

410. Son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos capaces de transformar la energía luminosa en energía química, su importancia radica en su papel como productores primarios de la cadena trófica, que las constituyen en las primeras formadoras de materia orgánica. A continuación, se desarrolla la composición, riqueza y abundancia de especies; así como los índices de diversidad alfa y beta.

**i) Composición, riqueza y abundancia de especies**

411. La comunidad de microalgas del perifiton estuvo compuesta por un total de 24 especies, pertenecientes a 15 familias y 10 órdenes, distribuidas en cuatro phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Ochrophyta, siendo el phylum más diverso Bacillariophyta con 13 especies; mientras que el phylum Ochrophyta solo está presente en el punto HB-25 ubicado en la quebrada Apostoloni representada por una sola especie: *Chromulina sp.*, como se puede observar en el Anexo C.3, donde se detalla el registro completo de las especies.
412. Como se puede observar en la Figura 10-91, el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado. Así, el mayor valor se registró en los puntos HB-20 y HB-21 ubicados en la quebrada Margaritani con ocho especies cada uno y el mínimo valor se encontró en el punto HB-29 ubicado en la quebrada Apostoloni con dos especies. En el río Margaritani, se registró un máximo de seis especies en el punto HB-18 y como mínimo tres especies en el punto HB-24, siendo más diverso el phylum Cyanobacteria con cinco especies.
413. La abundancia de microalgas en los puntos de monitoreo evaluados del grupo 2 se detallan en la Figura 10-91. La abundancia total registrada fue de 261 100 organismos. En el río Margaritani se observó una baja abundancia con 8100 organismos y 4000 organismos, en los puntos HB-18 y HB-24; mientras que en los puntos de la quebrada Margaritani se encontró que en el punto HB-21 registró la mayor abundancia con 114 000 organismos, seguidamente tenemos el punto HB-20 con 35 000 organismos. Por otro lado, en los puntos de la quebrada Apostoloni la mayor abundancia se apreció en el punto HB-25 con 70 000 organismos; mientras que todos los demás puntos dentro de esta quebrada no superaron los 10 000 organismos.

J  
A  
14  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

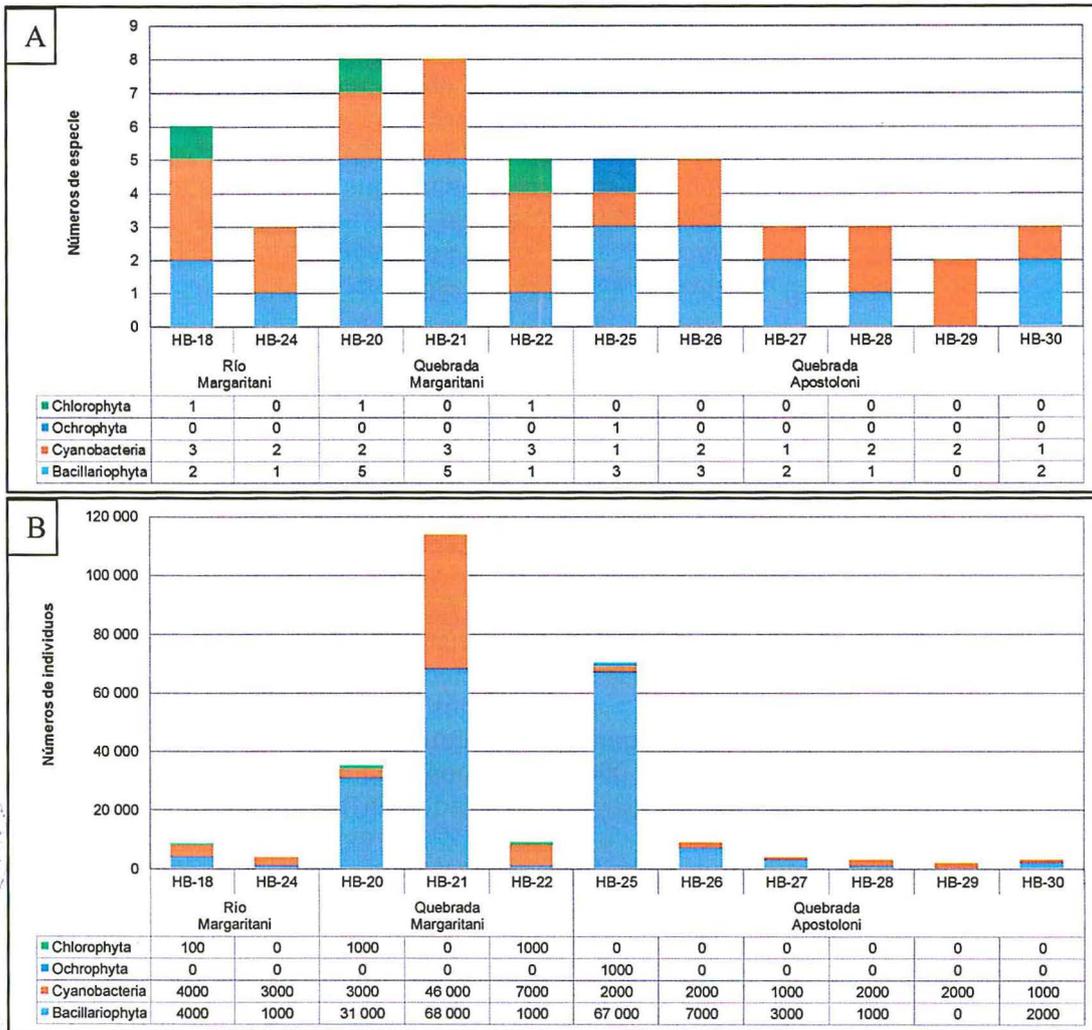


Figura 10-91. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona II – Grupo 2.



Handwritten signature and initials in blue ink.

ii) Índices de diversidad alfa y beta

414. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en Figura 10-92, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo.

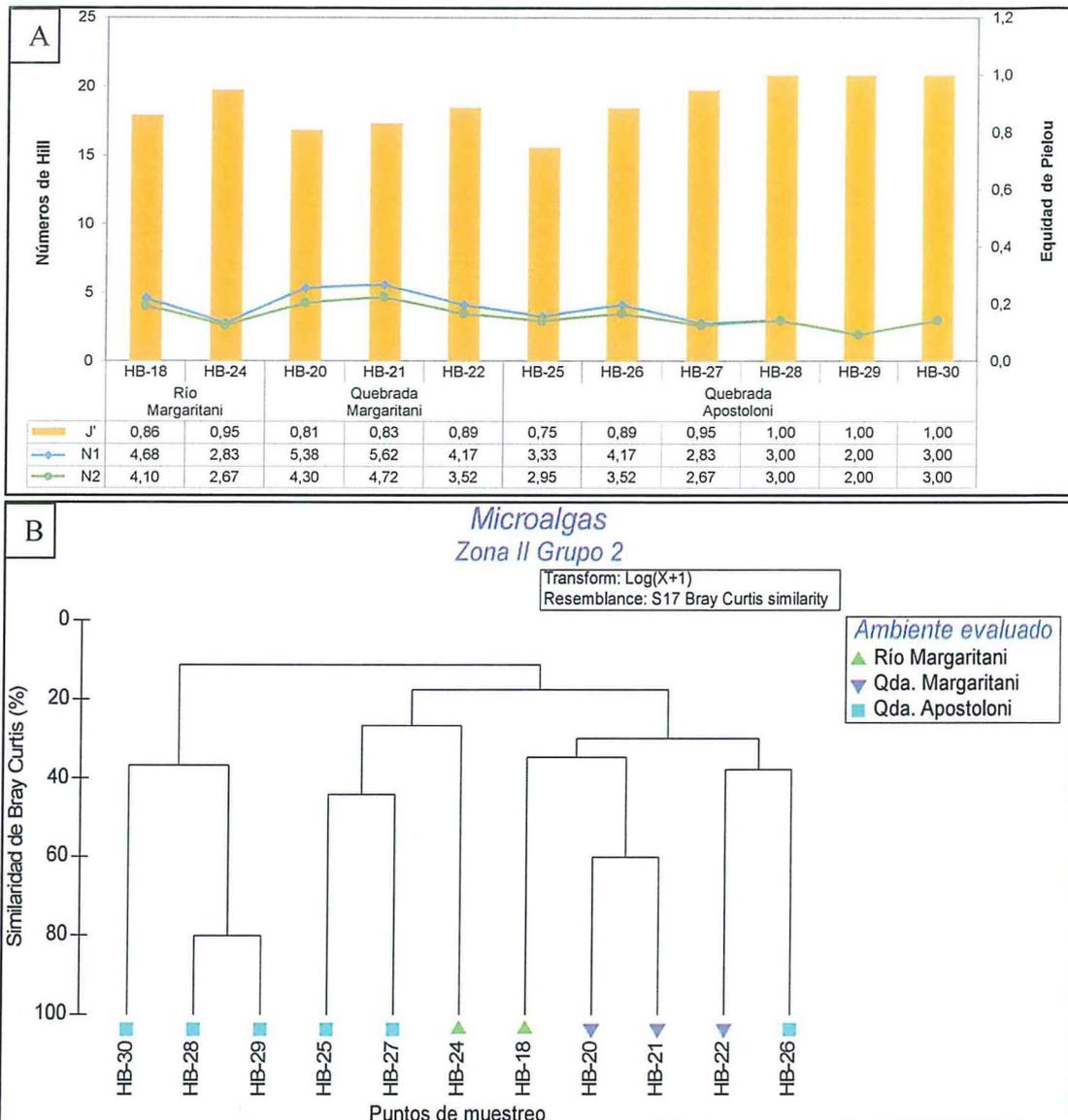


Figura 10-92. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona II – Grupo 2.

415. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran una misma tendencia, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 2,00 especies efectivas en el punto HB-29 hasta 5,62 especies efectivas en el punto HB-21; mientras que el número de Hill punto N2 varió desde 2,00 especies efectivas a 4,72 especies efectivas en los mismos puntos de monitoreo. Los valores de Pielou variaron desde 0,75 en el punto HB-25 hasta 1,00 en los puntos HB-28, HB-29 y HB-30, estos valores muestran una alta equidad (> 0,5) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

416. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similitud de Bray Curtis, dando como resultado la relación de tres grupos con una similitud menor al 20 % como se observa en la Figura 10-92.
417. El primer grupo reúne tres puntos de monitoreo: HB-30, HB-28 y HB-29 ubicados en la quebrada Apostoloni encontrándose que los puntos HB-28 y HB-29 registraron una alta similitud de 80 % con dos especies en común: *Chroococcus sp.* y *Pseudanabaena sp.1*. El segundo grupo está conformado por tres puntos de monitoreo: HB-25, HB-27 y HB-24; encontrándose que los puntos HB-25 y HB-27 ubicados en la quebrada Apostoloni registraron una similitud baja de 42 %; mientras que el punto HB-24 ubicado en el río Margaritani también se registró una similitud baja con un valor de 28% aproximadamente y el tercer grupo lo conforman cinco puntos de monitoreo: tres ubicados en la quebrada Margaritani: HB-20, HB-21 y HB-22, uno en el río Margaritani: HB-18 y otro en la quebrada Apostoloni: HB-26, observándose que los puntos HB-21 y HB-20 registraron una alta similitud de 60 % con cinco especies comunes: *Achnanthydium altergracillima*, *Achnanthydium sp. 1*, *Achnanthydium sp. 2*, *Nupela aff. elegantula* y *Xenococcus sp.*

#### 10.2.3.3. Grupo 3: Ambientes influenciados indirectamente por actividades mineras

418. En esta sección se presentan y analizan los resultados de la zona II correspondientes al grupo 3. El análisis de los resultados fue realizado solo para ambientes lóticos (i.e. ríos y quebradas).

##### 10.2.3.3.1. Ambientes lóticos

419. En esta sección se detallan los resultados de ocho puntos de monitoreo distribuidos de la siguiente manera: en el río Queullirijahuiri dos puntos: HB-07 y HB-19, en el río Aruntaya dos puntos: HB-08, HB-10, en el río Titire un punto: HB-11; en el río Coralaque un punto: HB-31 y en el río Tambo dos puntos: HB-32 y HB-33. Debido a que no se cuenta con una información previa de las comunidades hidrobiológicas de la zona de evaluación, los resultados obtenidos nos brindan información de lo que acontece en la dinámica de las comunidades en el momento de la evaluación por lo que solo se realizan comparaciones espaciales entre los puntos de monitoreo.

#### I. Perifiton

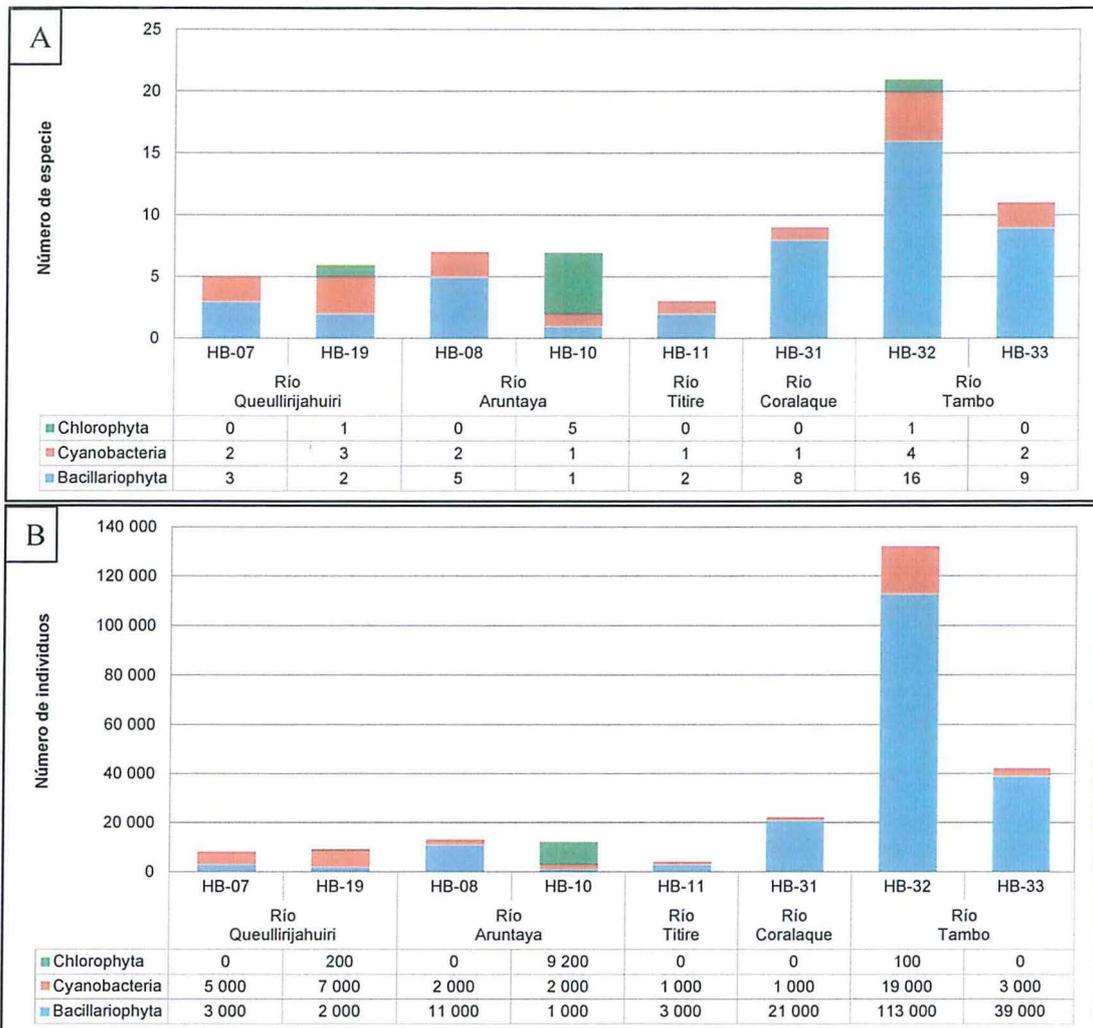
420. Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. En este estudio para una mejor comprensión de la dinámica de esta comunidad, el análisis de resultados se enfocó en dos grupos: microalgas y microorganismos.

#### a. Microalgas

421. Son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos capaces de transformar la energía luminosa en energía química, su importancia radica en su papel como productores primarios de la cadena trófica, que las constituyen en las primeras formadoras de materia orgánica. A continuación, se desarrolla la composición, riqueza y abundancia de especies; así como los índices de diversidad alfa y beta.

**i) Composición, riqueza y abundancia de especies**

422. La comunidad de microalgas del perifiton estuvo compuesta por un total de 43 especies, pertenecientes a 17 familias y 14 órdenes, distribuidas en tres phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta, siendo el phylum más diverso Bacillariophyta con 29 especies como se puede observar en el Anexo A.3, donde se detalla el registro completo de las especies.



**Figura 10-93.** Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona II – Grupo 3.

423. Como se puede observar en la Figura 10-93, el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado. En el río Queullirijahuiri la riqueza encontrada fue mínima, observándose que en el punto HB-07 se encontraron cinco especies y en el punto HB-19 seis especies. En el río Aruntaya se registró que en los puntos de monitoreo HB-08 y HB-10 tuvieron siete especies cada uno; mientras que, en el punto HB-11 ubicado en el río Titire se registró la menor riqueza con tres especies y en el punto HB-31 ubicado en el río Coralaque, la riqueza encontrada fue de nueve especies. Por otro lado, en los puntos HB-32 y HB-33 ubicados en el río Tambo se registraron los máximos valores de riqueza, donde el punto HB-32 registró la máxima riqueza con 21 especies, seguidamente el punto HB-33 con 11 especies.



Handwritten signature and date: 4/2/20

424. La abundancia de las microalgas en los puntos de monitoreo del grupo 3 de la zona II se detallan en la Figura 10-93. La abundancia total registrada fue de 242 500 organismos. En el río Queullirijahuiri la abundancia es mínima encontrándose 8000 organismos en el punto HB-07 y 9200 organismos en el punto HB-19. En los puntos de monitoreo ubicados en el río Aruntaya se observó también una mínima abundancia con 13 000 organismos en el punto HB-08 y 12 200 organismos en el punto HB-10, asimismo en el río Titire y Coralaque la abundancia fue mínima con 4000 y 22 000 organismos, respectivamente. Sin embargo, en el punto HB-32 ubicado en el río Tambo se encontró la mayor abundancia con 132 100 organismos, seguidamente en el punto HB-33 se registraron 42 000 organismos. La alta abundancia registrada en el punto HB-32 está relacionada con el phylum Bacillariophyta, en especial con la especie *Ulnaria ulna* que registró 25 000 organismos. A continuación, se muestran los valores del índice de diversidad alfa utilizados para el análisis en los puntos de monitoreo del grupo 3 de la zona II.

ii) Índices de diversidad alfa y beta

425. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en la Figura 10-94, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J')

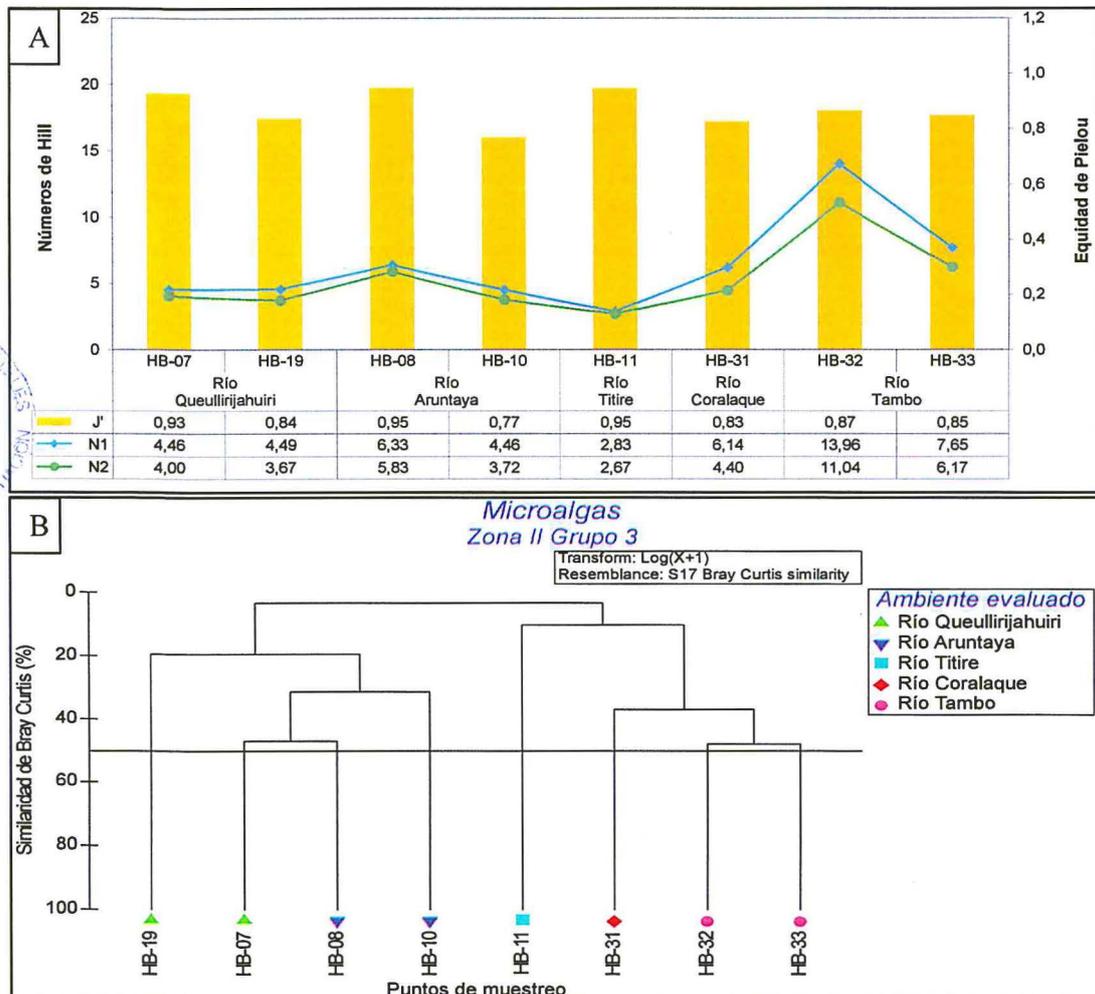


Figura 10-94. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de zona II – Grupo 3.

426. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran la misma tendencia, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 2,83 especies efectivas en el punto HB-11 hasta 13,96 especies efectivas en el punto HB-32; mientras que el número de Hill N2 varió desde 2,67 especies efectivas hasta 11,04 especies efectivas en los mismos puntos de monitoreo. Los valores de Pielou variaron desde 0,77 en el punto HB-10 hasta 0,95 en los puntos HB-08 y HB-11 ubicados en el río Aruntaya y Titire, respectivamente. Estos valores muestran una alta equidad ( $> 0,5$ ) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.
427. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similaridad de Bray Curtis, dando como resultado la relación de dos grupos con una similitud menor o igual al 20 % como se observa en la Figura 10-94. El primer grupo reúne cuatro puntos de monitoreo: dos ubicados en el río Queullirijahuri: HB-19 y HB-07 y dos en el río Aruntaya: HB-08 y HB-10 encontrándose que los puntos HB-07 y HB-08 registraron una similaridad de 48 % con tres especies en común: *Pinnularia spinosissima*, *Leptolynghya sp.2* y *Pseudanabaena sp.2*. El segundo grupo también está conformado por cuatro puntos de monitoreo: dos puntos en el río Tambo: HB-32 y HB-32, un punto en el río Titire: HB-11 y otro en el río Coralque: HB-31 encontrándose que los puntos HB-32 y HB-33 registraron una similaridad de 49 % con siete especies comunes.

### 10.3. Zona III

428. De acuerdo a lo desarrollado en la sección de área de estudio, la Zona III comprende la evaluación de los cuerpos de agua de dos exploraciones que actualmente se encuentran cerradas: Colquemayo de Cia. De Minas Buenaventura S.A.A. y Amata de Fresno S.A.C. Cabe resaltar que la zona de estudio solo contempla ambientes lóticos, tales como la quebrada Colquemayo y los ríos Agua Buena, Amarillo, Vagabundo, Omate y Tambo; ubicados aguas abajo de las áreas de influencia de los proyectos mencionados.

#### 10.3.1. Calidad de agua

##### 10.3.1.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

429. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de campo y laboratorio, de la Zona III para el componente ambiental agua.

- **Parámetros de campo en los puntos de la Zona III**

430. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en los puntos ubicados en la quebrada Colquemayo y en los ríos Agua Buena, Amarillo, Vagabundo, Omate y Tambo, se detallan en la Tabla 10-45, donde se observa que los valores de conductividad eléctrica (CE) incumplieron el ECA para agua Cat3D1, al menos en un punto de monitoreo. En el caso del oxígeno disuelto (OD) todos los puntos cumplieron con los valores establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 14,8 - 21,5 °C.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-45.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona III.

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Quebrada Colquemayo	AG-72	6,77	669	6,59	16,2
Río Agua Buena	AG-73	7,12	835	7,06	15,2
	AG-74	7,09	1249	6,95	14,8
Río Amarillo	AG-75	7,46	1442	7,02	16
	AG-76	7,3	1624	6,96	18,4
Río Agua Buena	AG-77	8,25	4120	6,48	21,5
Río Vagabundo	AG-78	8,28	3960	7,15	17,9
Río Omate	AG-79	8,10	2930	8,01	17,4
Río Tambo	AG-80	8,15	2240	7,99	19,6
<b>ECA para Agua Categoría 3 – D1<sup>(a)</sup></b>		<b>6,5 - 8,5</b>	<b>2500</b>	<b>≥4</b>	<b>(*)</b>
<b>ECA para Agua Categoría 3 – D2<sup>(b)</sup></b>		<b>6,5 - 8,4</b>	<b>5000</b>	<b>≥5</b>	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA para agua categoría 3.					
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales – D1: Riego de Cultivos de Tallo Alto y Bajo.					
(b) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales – D2: Bebida de animales.					
(*) Los ECA contemplan: Δ3, que debe interpretarse como una variación de como máximo de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada.					

Fuente: Elaboración propia.

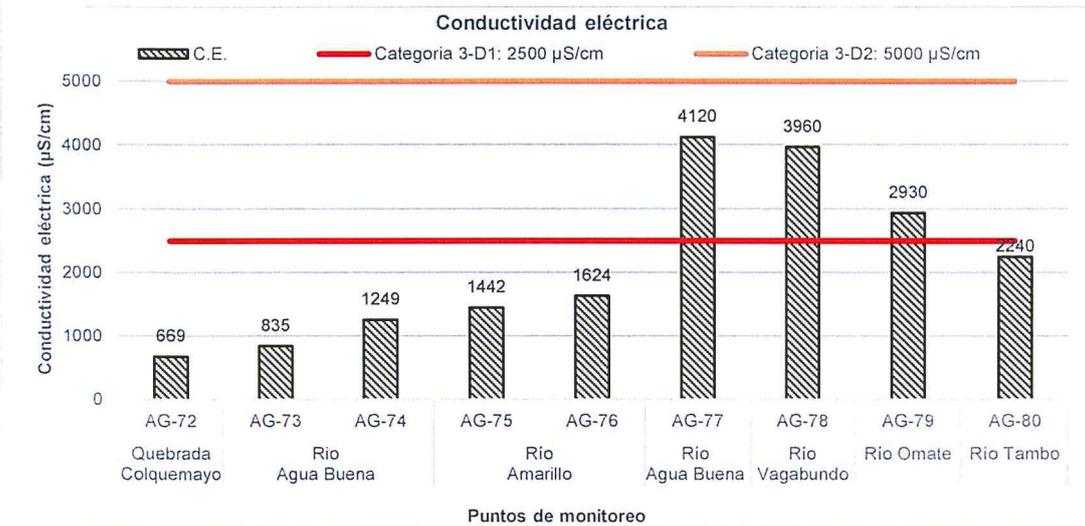
431. A continuación, se muestran los resultados de los parámetros de campo que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo de la zona III.

• **Conductividad eléctrica (CE)**

432. La Figura 10-95, muestra que todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, a excepción de los valores de CE obtenidos en los puntos AG-77 (4120 µS/cm), AG-78 (3960 µS/cm) y el AG-79 (2930 µS/cm) en los ríos Agua Buena, Vagabundo y Omate respectivamente, que excedieron el ECA para agua Cat3D1.



8  
A  
4  
2



**Figura 10-95.** Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona III.



**a. Parámetros determinados en laboratorio para los puntos de la Zona III**

433. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros  $DBO_5$ , DQO, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-46. En esta tabla se resaltan los valores del parámetro cloruros que incumplieron los ECA para agua Cat3D1, sólo en los puntos AG-78 y AG-79 ubicados en los ríos Vagabundo y Omate respectivamente. También, se muestran los resultados de  $DBO_5$  y DQO que indican que todos los puntos cumplieron con el ECA para agua de la Cat3D1 y Cat3D2, presentando incluso valores de ambos parámetros por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio (2,0 mg/L). Por otro lado, las concentraciones de bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos, obtenidas en todos los puntos evaluados presentaron valores por debajo de los establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.



JA  
4  
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-46.** Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona III

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo									ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)		
		Quebrada Colquemayo	Río Agua Buena			Río Amarillo		Río Agua Buena	Río Vagabundo	Río Omate	Río Tambo	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-72	AG-73	AG-74	AG-75	AG-76	AG-77	AG-78	AG-79	AG-80	Riego de vegetales <sup>(a)</sup>	Bebida de animales <sup>(b)</sup>	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	15	15
DQO	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	40	40
Bicarbonatos	mg/L	19,5	30,2	44,9	70,2	100,1	172,4	166,7	142,7	148	518	---	
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	0,1	
Cr VI	mg/L	*	*	<0,01	*	*	*	*	*	*	---	---	
Fosfatos	mg/L	0,057	0,185	0,433	0,021	0,074	0,14	0,16	0,193	0,074	---	---	
Cloruros	mg/L	71,8	110	228,8	16,2	126	1085	1040	622,5	462,5	500	-	
Nitritos	mg/L	<0,005	0,018	<0,005	0,006	0,01	0,008	0,008	0,009	0,09	10	10	
N-Amoniacal	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01	0,01	0,01	0,02	---	---	
Nitratos	mg/L	0,096	0,2	0,22	0,59	0,91	0,83	0,57	0,67	0,49	---	---	
Nitrógeno Total	mg/L	0,096	0,214	0,215	0,594	0,922	0,838	0,578	0,682	0,581	---	---	
Sulfatos	mg/L	165,6	184,4	187,1	634	544,4	238,4	318,4	356,5	222,8	1000	1000	
		Incumple al menos uno de los valores de los ECA.											
---		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.											
*		No se realizó la medición del parámetro en este punto.											
<		Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.											
<b>a Cat3D1</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.											
<b>b Cat3D2</b>		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.											

Fuente: Elaboración propia.

434. A continuación, se presentan los resultados de cloruros, que incumplen al menos uno de los valores del ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Concentración de cloruros**

435. En la Figura 10-96, se observa las concentraciones de cloruros, donde los puntos AG-77 (1085 mg/L), AG-78 (1040 mg/L) y AG-79 (622,5 mg/L), ubicados en los ríos Agua Buena, Vagabundo y Omate respectivamente, excedieron el ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L). Los puntos restantes presentaron valores (16,2 – 462,5 mg/L) por debajo del ECA para agua Cat3D1.

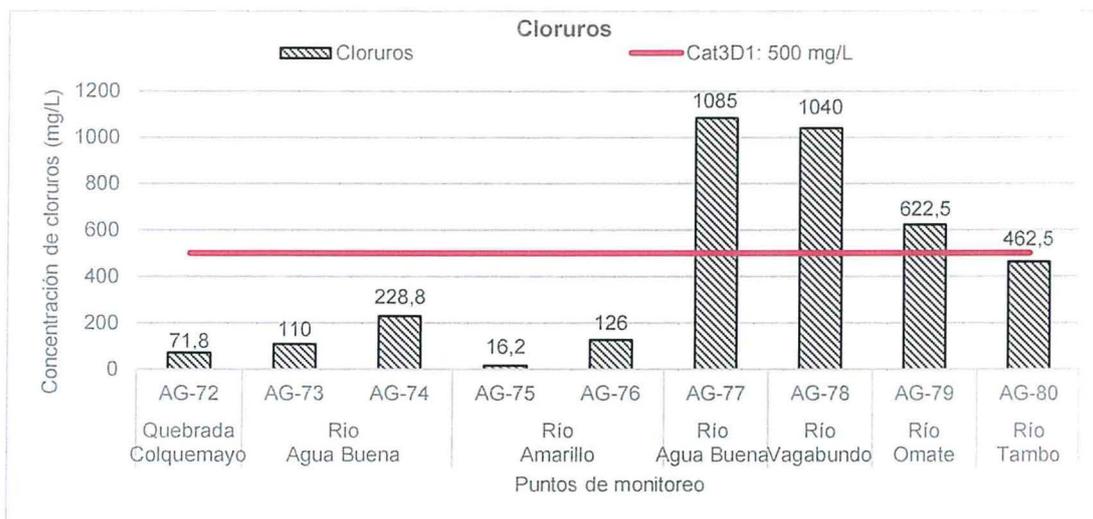


Figura 10-96. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona III.

436. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua, se muestran en el Anexo A.1. La comparación con los ECA para agua se realizó solamente para los metales totales que presentan estándares de comparación. Las concentraciones obtenidas para los metales totales y disueltos que no presentan estándares de comparación, solo se muestran con fines informativos.

437. Respecto de los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que los elementos que excedieron los estándares de comparación, al menos en un punto de monitoreo fueron: arsénico (As), boro (B), litio (Li) y manganeso (Mn). La Tabla 10-47, detalla los puntos que excedieron los estándares de comparación para metales totales considerados en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (así como los porcentajes de metales disueltos). Por otro lado, los metales totales como berilio, cadmio, magnesio, mercurio y selenio presentaron valores muy por debajo de los ECA para agua, por lo tanto, son detallados en el Anexo A.1. junto a los resultados de los parámetros (metales totales y metales disueltos) que no cuentan con estándares de comparación, con fines informativos.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

**Tabla 10-47.** Resultados de los metales totales que excedieron los ECA para agua en al menos uno de los puntos de monitoreo y metales disueltos expresados en porcentaje de la Zona III

Cuerpo de agua	Puntos de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L) y metales disueltos (%)																									
		Al		As		Ba		B		Co		Cu		Cr		Fe		Li		Mn		Ni		Pb		Zn	
		Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)		
Quebrada Colquemayo	AG-72	0,658	8	0,12	33	0,036	86	4,6	85	<0,001	<	0,005	<	<0,001	<	0,523	4	0,225	85	0,128	98	<0,002	<	0,004	75	0,017	82
Río Agua Buena	AG-73	2,183	15	0,454	40	0,019	89	7,068	86	0,006	83	0,01	<	<0,001	<	1,726	9	0,487	86	0,227	100	0,009	100	0,006	<	0,028	54
	AG-74	2,009	8	1,503	84	0,027	89	12,89	86	0,005	100	0,01	<	<0,001	<	1,681	2	1,106	89	0,244	99	0,009	100	0,007	43	0,034	35
Río Amarillo	AG-75	1,753	2	0,015	80	0,031	97	0,524	75	0,002	100	0,015	20	<0,001	<	1,751	4	0,068	79	0,384	97	0,006	100	0,012	58	0,054	54
	AG-76	1,005	2	0,141	87	0,034	76	6,648	85	<0,001	<	0,007	<	<0,001	<	1,097	2	0,332	87	0,178	72	<0,002	<	0,01	80	0,018	50
Río Agua Buena	AG-77	0,576	8	8,23	98	0,076	97	64	95	<0,001	<	0,006	50	<0,001	<	0,826	6	5,808	90	0,22	94	<0,002	<	0,002	100	0,012	50
Río Vagabundo	AG-78	0,96	5	7,546	99	0,076	91	58,01	99	<0,001	<	0,007	43	<0,001	<	1,276	4	5,217	98	0,231	83	<0,002	<	0,006	33	0,016	<
Río Omate	AG-79	2,46	2	4,398	90	0,079	77	38,09	89	<0,001	<	0,015	13	0,002	<	2,928	2	3,133	86	0,33	65	0,005	<	0,012	33	0,03	<
Río Tambo	AG-80	1,717	5	0,119	98	0,068	87	3,876	86	0,002	<	0,044	<	<0,001	<	1,1	4	0,906	89	0,185	80	<0,002	<	0,008	<	0,041	12
<b>ECA, Cat3D1</b>		<b>5</b>	<b>---</b>	<b>0,1</b>	<b>---</b>	<b>0,7</b>	<b>---</b>	<b>1</b>	<b>---</b>	<b>0,05</b>	<b>---</b>	<b>0,2</b>	<b>---</b>	<b>0,1</b>	<b>---</b>	<b>5</b>	<b>---</b>	<b>2,5</b>	<b>---</b>	<b>0,2</b>	<b>---</b>	<b>0,2</b>	<b>---</b>	<b>0,05</b>	<b>---</b>	<b>2</b>	<b>---</b>
<b>ECA, Cat3D2</b>		<b>5</b>	<b>---</b>	<b>0,2</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>5</b>	<b>---</b>	<b>1</b>	<b>---</b>	<b>0,5</b>	<b>---</b>	<b>1</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>2,5</b>	<b>---</b>	<b>0,2</b>	<b>---</b>	<b>1</b>	<b>---</b>	<b>0,05</b>	<b>---</b>	<b>24</b>	<b>---</b>
		Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.																									
		Indica que el metal se presenta mayormente en fase disuelta (>50 %)																									
		--- No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																									
		< Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																									
<b>Cat3D1</b>	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																										
<b>Cat3D2</b>	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.																										

Fuente: Elaboración propia.

438. A continuación, se presentan los resultados con las concentraciones de metales totales que excedieron los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo de la zona III.

• **Concentración de arsénico (As)**

439. En la Figura 10-97, se muestran las concentraciones de arsénico donde todos los puntos superaron el ECA para agua Cat3D1 (0,1 mg/L), a excepción del AG-75, ubicado en el río Amarillo (0,015 mg/L). Asimismo, los puntos AG-73, AG-74, AG-77, AG-78 y AG-79, ubicados en los ríos Agua Buena, Vagabundo y Omate presentaron concentraciones que exceden el ECA para agua Cat3D2 (0,2 mg/L), el resto de puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del ECA referido.

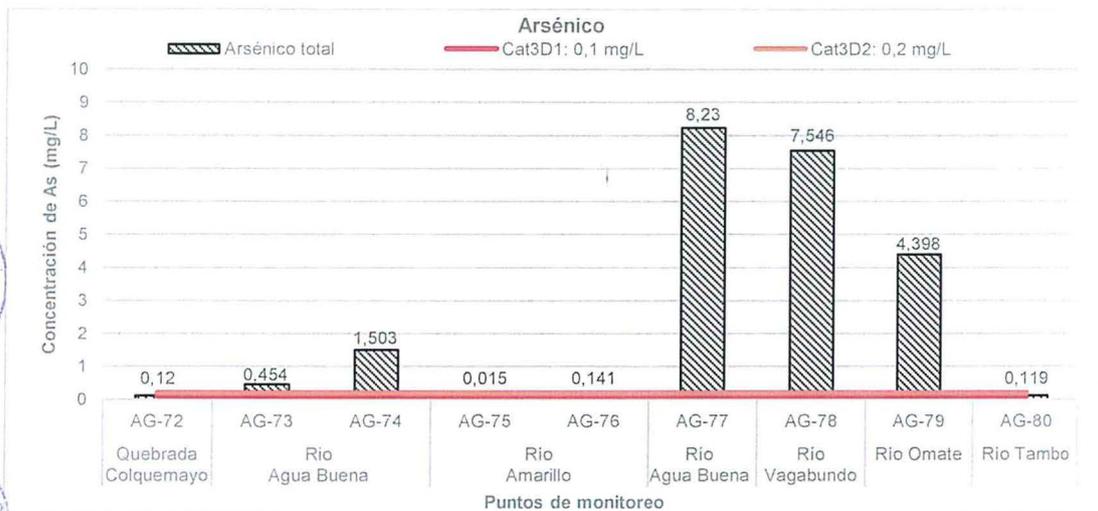


Figura 10-97. Resultados de las concentraciones de arsénico en los puntos de la Zona III

• **Concentración de boro (B)**

440. En la Figura 10-98, se aprecia las concentraciones de boro donde todos los puntos superaron el ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L), a excepción del AG-75, ubicado en el río Amarillo (0,524 mg/L). Asimismo, los puntos AG-73, AG-74, AG-76, AG-77, AG-78 y AG-79, ubicados en los ríos Agua Buena, Vagabundo y Omate presentaron concentraciones que exceden el ECA para agua Cat3D2 (5 mg/L), el resto de puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del ECA referido.



8  
★  
04  
✓

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

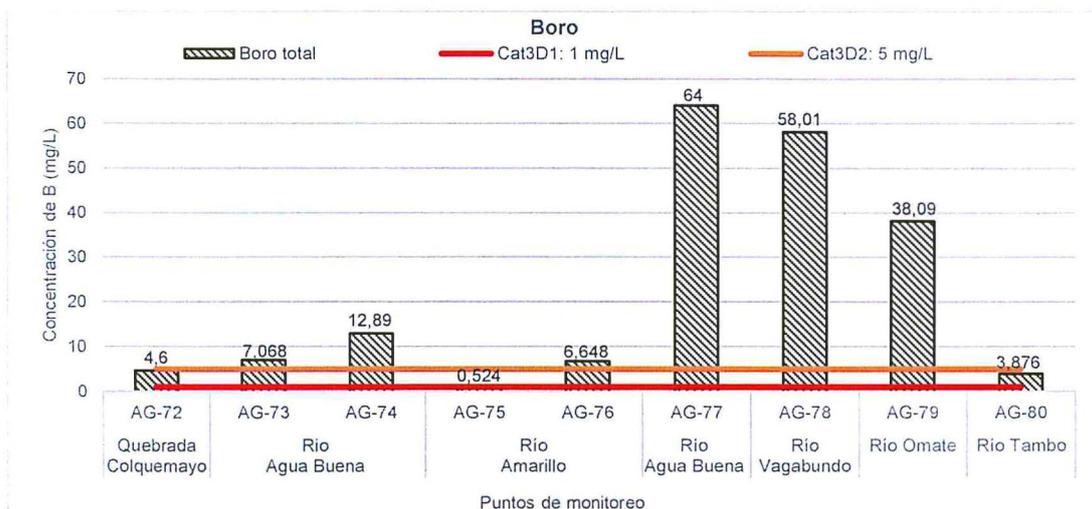


Figura 10-98. Resultados de las concentraciones de boro en los productos de la zona III

• **Concentración de litio (Li)**

441. En la Figura 10-99, se muestran las concentraciones de litio, donde sólo los puntos AG-77 (5,808 mg/L), AG-78 (5,217 mg/L) y AG-79 (3,133 mg/L), ubicados en los ríos Agua Buena, Vagabundo y Omate respectivamente, presentaron concentraciones que excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (2,5 mg/L), el resto de puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo de los ECA referido.

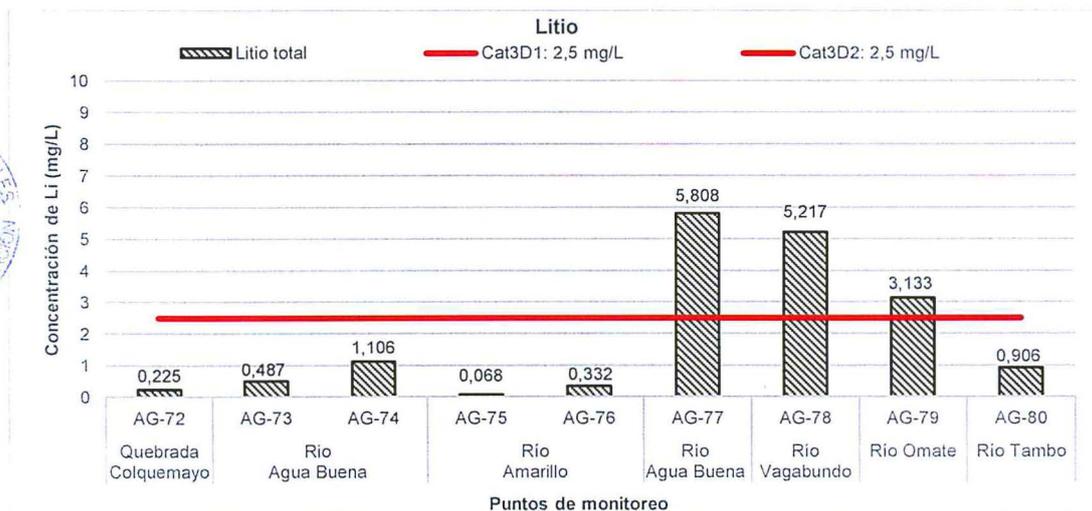


Figura 10-99. Resultados de las concentraciones de litio en los puntos de la Zona III.

• **Concentración de manganeso (Mn)**

442. La Figura 10-100, muestra las concentraciones de manganeso donde todos los puntos superaron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L) presentando concentraciones entre 0,22 a 0,384 mg/L, a excepción de los puntos AG-72 (0,128 mg/L), AG-76 (0,178 mg/L) y AG-80 (0,185 mg/L), ubicados en la quebrada Colquemayo y en los ríos Amarillo y Tambo respectivamente.



Handwritten signature and initials in blue ink.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

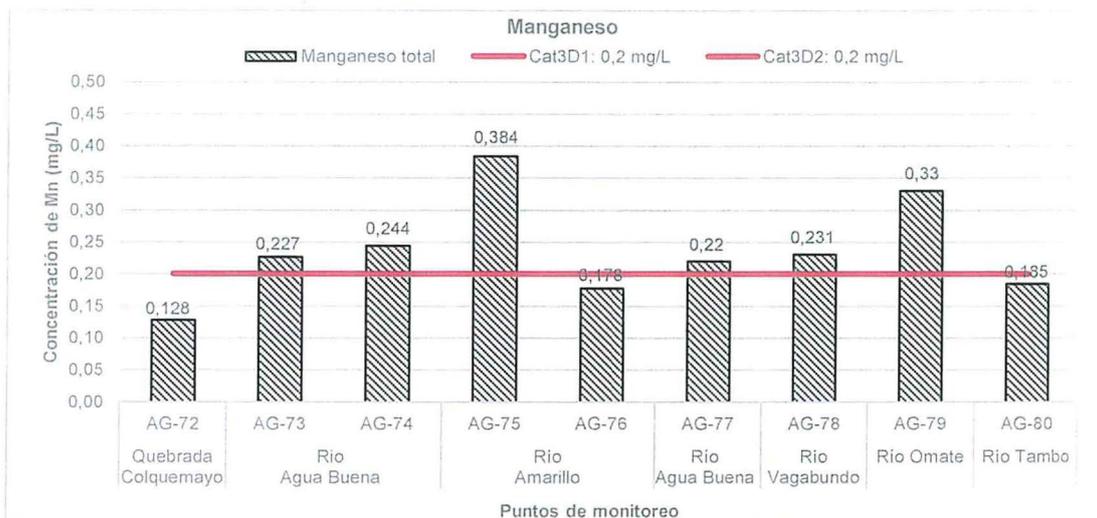


Figura 10-100. Resultados de las concentraciones de manganeso en los puntos de la Zona III.

443. Respecto a la fase en la que se encuentran los metales (disuelta o suspendida); el arsénico, boro, litio y manganeso encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados.

**10.3.2. Calidad de sedimento**

**10.3.2.1. Grupo 1: Ambientes lóticos**



444. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de laboratorio, de la Zona III para el componente ambiental sedimento.

**A. Parámetros de laboratorio para la Zona III**



J  
A  
e  
2

445. En las Tablas 10-48 y 10-49, se presentan los resultados de laboratorio de los parámetros evaluados para la calidad de sedimento estos son: predominancia de partícula, y la concentración de los metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

446. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-48, el tipo de partícula predominante en el sedimento de todos los puntos de monitoreo es la arena. Cabe mencionar que la predominancia de arcilla favorece la retención de metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de arcilla, mientras que la predominancia de arena es asociada con la carencia de capacidad de fijación de metales.

447. Asimismo, según la Tabla 10-49, las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio excedieron los valores establecidos en la norma canadiense empleada de manera referencial. En la siguiente sección se presenta el análisis de dichos metales encontrados en el sedimento. Asimismo, se presenta el análisis de los metales solubles, realizada a través del método de extracción secuencial (Tessier, Campbell & Bisson, 1979).

**Tabla 10-48. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona III.**

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-72	Quebrada Colquemayo	100	0	0	Arenosa
SD-73	Río Agua Buena	100	0	0	Arenosa
SD-74		100	0	0	Arenosa
SD-75	Río Amarillo	100	0	0	Arenosa
SD-76		100	0	0	Arenosa
SD-77	Río Agua Buena	95	5	0	Arenosa
SD-78	Río Vagabundo	100	0	0	Arenosa
SD-79	Río Omate	95	5	0	Arenosa
SD-80	Río Tambo	95	5	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10-49. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona III.**

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo									CEQG		
		Quebrada Colquemayo	Río Agua Buena			Río Amarillo		Río Agua Buena	Río Vagabundo	Río Omate	Río Tambo	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-72	SD-73	SD-74	SD-75	SD-76	SD-77	SD-78	SD-79	SD-80			
Arsénico (As)	mg/kg MS	294	80,7	111	15,2	16,9	231	43,2	56,1	20,2	5,9	17	
Cadmio (Cd)	mg/kg MS	0,0423	0,029	0,0399	0,097	0,0703	0,2148	0,0623	0,0838	0,1557	0,6	3,5	
Cobre (Cu)	mg/kg MS	25,2	34	34,9	38,2	20,5	58,2	22,9	30,9	29,4	35,7	197	
Cromo Total (Cr)	mg/kg MS	4,6	7,3	8,4	13,6	9,4	17	9,5	9,6	22,6	37,3	90	
Mercurio Total (Hg)	mg/kg MS	0,04	0,06	0,03	0,06	< 0,03	0,04	1,99	0,04	0,04	0,17	0,486	
Plomo Total (Pb)	mg/kg MS	2,93	8,832	2,843	10,4	6,667	17,3	16,4	16,6	17,8	35	91,3	
Zinc Total (Zn)	mg/kg MS	25,7	32,1	37	50,9	48	78,7	42,1	45,6	76,6	123	315	
		Excede el valor ISQG											
		Excede el valor PEL											
(a) Interim sediment quality guidelines (ISQG). Concentración debajo de la cual no se presentan efectos biológicos adversos.													
(b) Probable Effect Level (PEL): Concentración sobre la cual se encontrarían usualmente efectos biológicos adversos.													

Fuente: Elaboración propia.

448. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico, cobre y mercurio que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

#### - Concentración de arsénico (As)

449. En la Figura 10-101, se aprecia que las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en la quebrada Colquemayo (SD-72) y en los ríos Agua Buena (SD-73, SD-74 y SD-77), Vagabundo (SD-78), Omate (SD-79) y Tambo (SD-80), excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg MS) y CEQG-PEL (17 mg/kg MS) con valores que van desde

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

20,2 a 294 mg/kg MS. Asimismo, los puntos SD-75 y SD-76 (15,2 y 16,9 mg/kg MS), ubicados en el río Amarillo, presentaron concentraciones que excedieron únicamente el valor ISQG (5,9 mg/kg MS) de la norma referida.

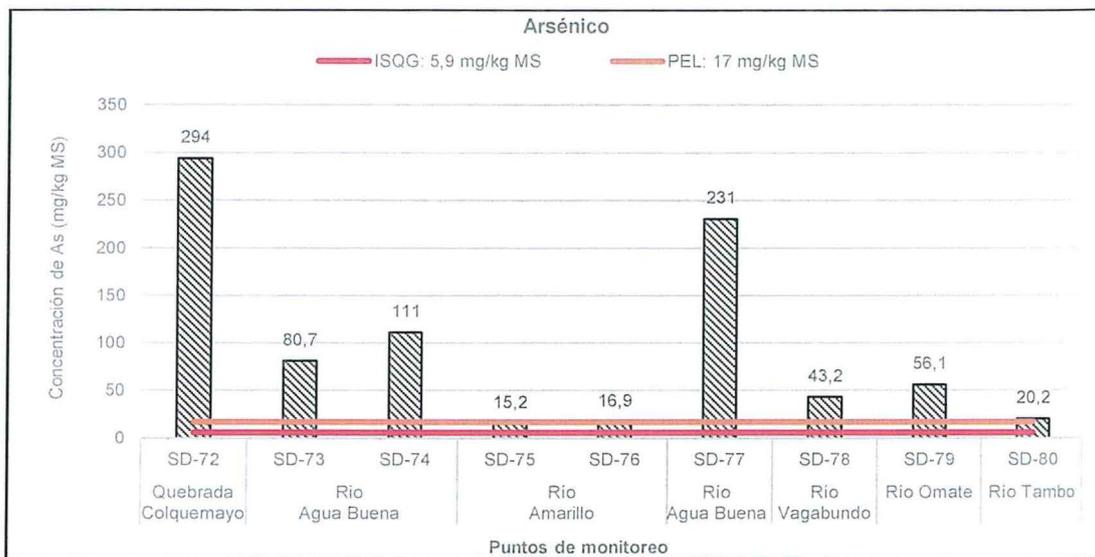


Figura 10-101. Concentraciones de arsénico en la Zona III comparados con la norma canadiense.

- Concentración de cobre (Cu)

450. En la Figura 10-102, se muestra que las concentraciones de cobre obtenidas en los puntos SD-75 (38,2 mg/kg) y SD-77 (58,2 mg/kg), ubicados en los ríos Amarillo y Agua Buena respectivamente, excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (35,7 mg/kg MS). Los demás puntos presentaron concentraciones por debajo de los valores ISQG y PEL de la norma referida.

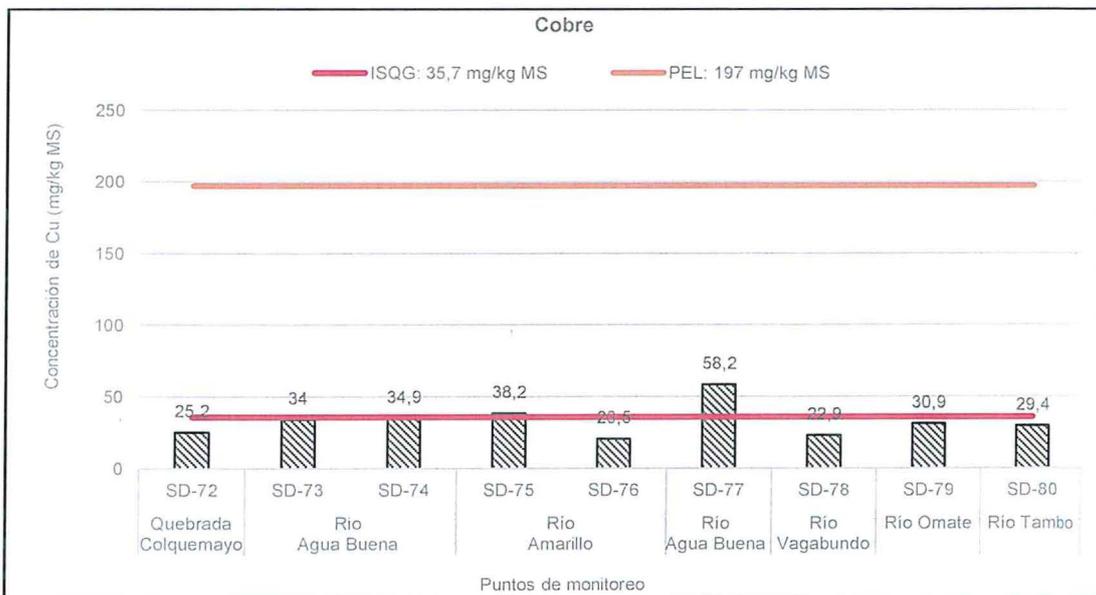


Figura 10-102. Concentraciones de cobre en la Zona III comparados con la norma canadiense.



J  
A  
4  
2

- **Concentración de mercurio (Hg)**

451. En la Figura 10-103, se muestra que la concentración de mercurio obtenida en el punto SD-78 (1,99 mg/kg MS), ubicado en el río Vagabundo, fue la única que excedió los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (0,17 mg/kg MS) y CEQG-PEL (0,486 mg/kg MS).

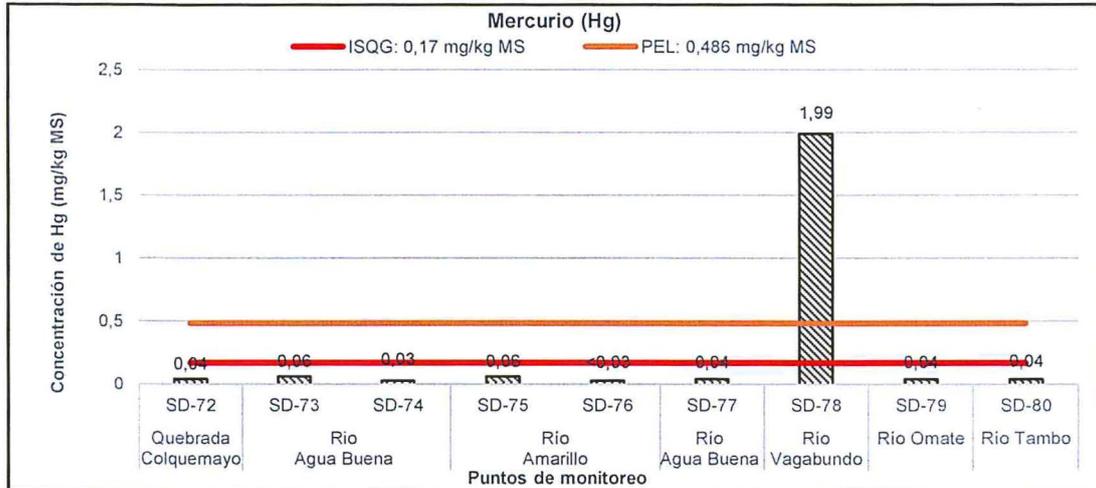


Figura 10-103. Concentraciones de mercurio en la Zona III comparados con la norma canadiense.



452. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales (arsénico y cobre) que se han descritos en la sección anterior, en el caso del mercurio, este presentó concentraciones por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, por tanto, será incluido en el anexo A.2.

• **Arsénico soluble por extracción secuencial de Tessier**



453. En la Figura 10-104, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebrada Colquemayo y en los ríos Agua Buena, Amarillo, Vagabundo, Omate y Tambo), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (arsénico asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 71,05 a 92,60% y menor proporción a las demás fracciones.

X  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

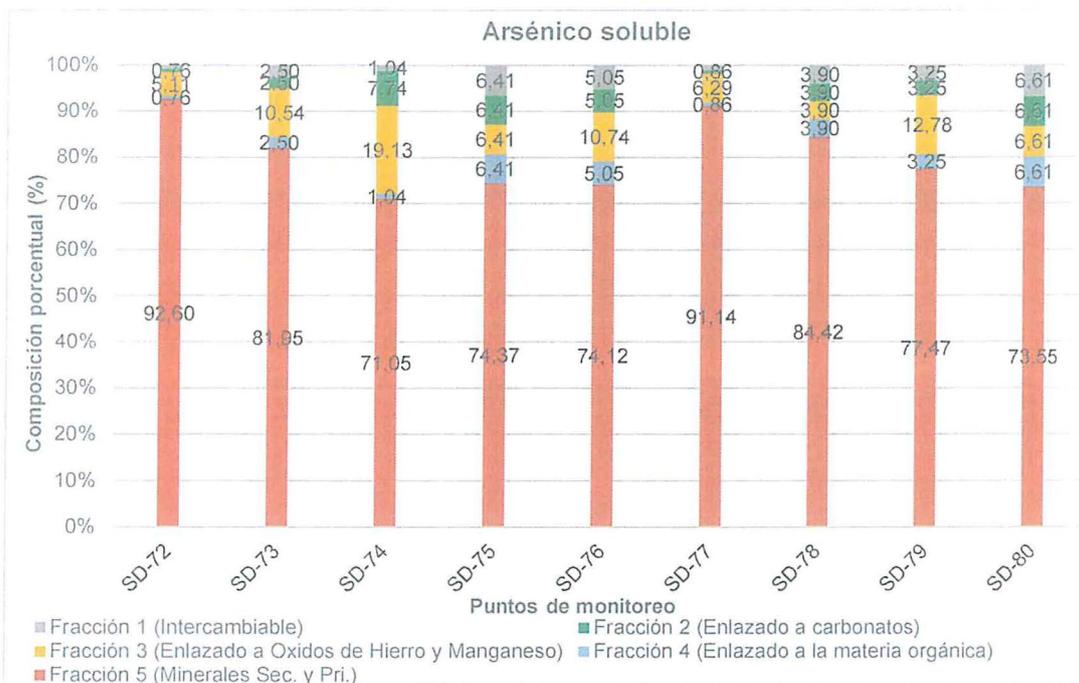


Figura 10-104. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona III.

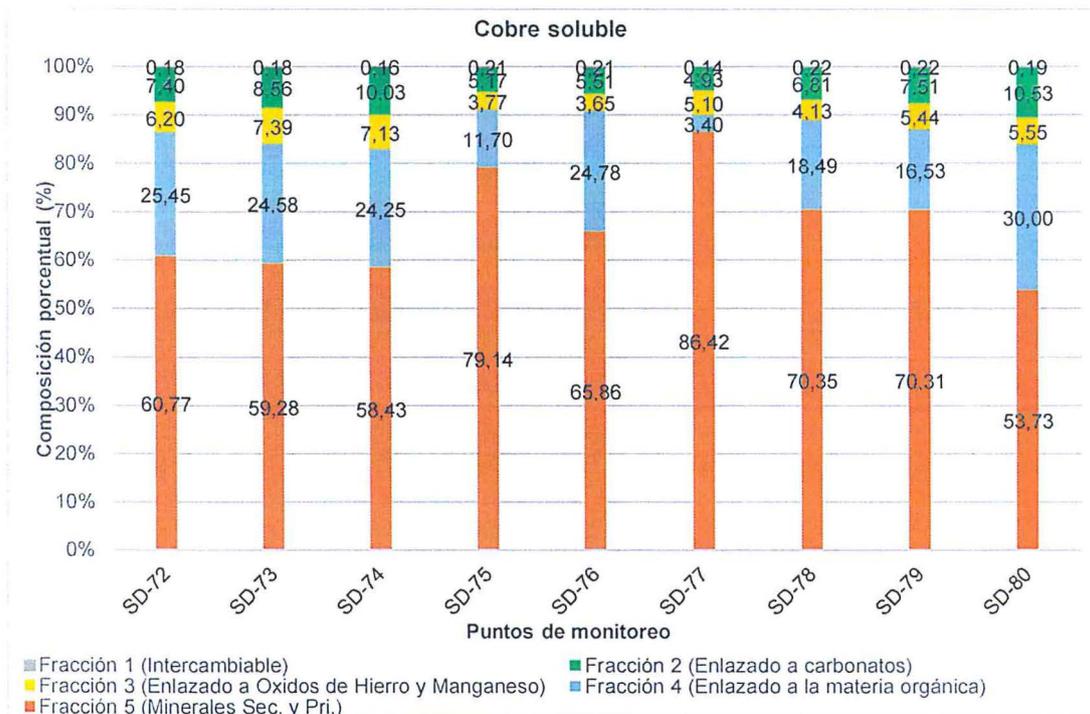
• **Cobre soluble por extracción secuencial de Tessier**

454. En la Figura 10-105, se observa que los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en los ríos Agua Buena y Amarillo), el cobre se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (cadmio asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 53,73 a 86,42%. Sin embargo, se han encontrado pequeñas proporciones en fracción 1 (cobre intercambiable) y 2 (cobre enlazado a carbonatos) en los ríos Agua Buena (SD-75) y Amarillo (SD-77). De presentarse condiciones que hagan disminuir el pH del medio, podría liberar concentraciones de este elemento en forma iónica.



1  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"



**Figura 10-105.** Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona III.



455. A continuación, en la Tabla 10-50, se presenta los resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base (en adelante ABA), para la caracterización del potencial de generación de ácido en el sedimento.



456. Según la Tabla 10-50, se observa que todos los puntos de monitoreo (ubicados en la quebrada Colquemayo y en los ríos Agua Buena, Amarillo, Vagabundo, Omate y Tambo), presentaron valores de pH en pasta ligeramente alcalinos, que fueron desde 7,68 a 8,61 unidades de pH, lo que sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez.

457. Con respecto a la prueba estática ABA, todos puntos evaluados son potenciales no generadores de ácido, según el criterio de evaluación 2.

x  
x  
y  
~



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-50. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona III

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo								
		Quebrada Colquemayo	Río Agua Buena		Río Amarillo		Río Agua Buena	Río Vagabundo	Río Omate	Río Tambo
		SD-72	SD-73	SD-74	SD-75	SD-76	SD-77	SD-78	SD-79	SD-80
Azufre Total	(%)	0,08	0,07	0,09	0,26	0,28	0,22	0,19	0,09	0,35
Fizz Rating	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1
pH Pasta	Unidades de pH	8,35	8,00	7,68	7,95	8,09	8,33	8,35	8,43	8,61
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,625	0,313	4,375
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	6,688	7,688	8,688	19,7	14,7	10,7	13,4	11,7	21,6
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	7	8	9	20	15	11	14	12	26
Ratio Potencial de Neutralización	-	22,4	25,6	28,8	64	48	35,2	22,4	38,4	5,94
Sulfato Total	(%)	0,07	0,06	0,08	0,25	0,27	0,21	0,17	0,08	0,21
Sulfuro Total	(%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,14
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	PNGA
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA	PNGA

<sup>(a)</sup> Criterio 1: Para un PNN menor a cero, la muestra es generadora neta de ácido. Sin embargo, para un PNN que varía entre -20 y +20 Kg CaCO<sub>3</sub>/Ton de muestra, pueden ser generadores de ácido, este corresponde a un rango de incertidumbre.

<sup>(b)</sup> Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un PN/PA < 1:1 es probable que se genere acidez, mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de incertidumbre.

PGA: potencial generador de ácido.  
PNGA: potencial no generador de ácido.  
Fuente: Elaboración propia.

### 10.3.3. Hidrobiología

458. En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología descrita anteriormente, con el propósito de alcanzar los objetivos planteados en la presente evaluación. El análisis de los resultados fue realizado solo para ambientes lóticos (i.e. ríos y quebradas).

#### 10.3.3.1. Ambientes lóticos

459. En esta sección se detallarán los resultados de nueve puntos de monitoreo distribuidos de la siguiente manera: quebrada Colquemayo, un punto: HB-72, río Agua Buena tres puntos: HB-73, HB-74, HB-77; los dos primeros corresponden aguas arriba y el tercero a aguas abajo, río Amarillo dos puntos: HB-75 y HB-76, un punto en el río Vagabundo HB-78, un punto en el río Omate HB-79 y un punto en el río Tambo HB-80. Debido a que no se cuenta con una información previa de las comunidades hidrobiológicas de la zona de evaluación, los resultados obtenidos nos brindan información de lo que acontece en la dinámica de las comunidades en el momento de la evaluación por lo que solo se realizan comparaciones espaciales entre los puntos de monitoreo. A continuación, se muestran los resultados de la comunidad de perifiton registrada en la zona 3.

#### I. Perifiton

Es una comunidad compleja de microbiota compuesta por algas, microalgas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos que se encuentra adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto. En este estudio para una mejor comprensión de la dinámica de esta comunidad, el análisis de resultados se enfocó en dos grupos: microalgas y microorganismos.

#### a. Microalgas

460. Son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos capaces de transformar la energía luminosa en energía química, su importancia radica en su papel como productores primarios de la cadena trófica, que las constituyen en las primeras formadoras de materia orgánica. A continuación, se desarrollará la composición, riqueza y abundancia de especies; así como los índices de diversidad alfa y beta.

#### i) Composición, riqueza y abundancia de especies

461. La comunidad de microalgas del perifiton estuvo compuesta por un total de 83 especies, pertenecientes a 29 familias y 18 órdenes, distribuidas en cuatro phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta, siendo el phylum más diverso Bacillariophyta con 63 especies; mientras que el phylum Charophyta solo está presente en el punto HB-72 ubicado en la quebrada Colquemayo representada por una sola especie: *Actinotaenium globosum*, como se puede observar en el Anexo A.3, donde se detalla el registro completo de las especies.

462. Como se puede observar en la Figura 10-106 el número de especies en los puntos de monitoreo fue variado. En el punto HB-72 ubicado en la quebrada Colquemayo se registró la mayor riqueza a nivel de phyla encontrándose los cuatro phyla identificados, asimismo se registró la mayor riqueza con 29 especies. En el río



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Agua Buena, la riqueza de especies varió desde ocho especies en el punto HB-74 hasta 23 especies en el punto HB-73. Por otro lado, en los puntos HB-75 y HB-76 del río amarillo se registraron ocho y 24 especies, respectivamente y en el río Tambo la riqueza fue de 12 especies. En el río Vagabundo y Omate la riqueza fue de 17 y 18 especies, respectivamente.

- 463. La abundancia de microalgas en los puntos de monitoreo evaluados en la zona III se detallan en la Figura 10-106. La abundancia total registrada fue de 531 900 organismos evidenciándose que el phylum Bacillariophyta fue dominante en la mayoría de los puntos de monitoreo, excepto en el punto HB-74 ubicado en el río Agua Buena donde se encontró una mayor abundancia de Cyanobacteria con 9000 organismos. En la quebrada Colquemayo se registró la mayor abundancia con 132 100 organismos, seguidamente se encontró 97 000 organismos en el punto HB-76 ubicado en el río Amarillo y la menor abundancia se registró en el punto HB-75 ubicado también en el río Amarillo con 10 000 organismos. Los puntos evaluados en el río Agua Buena variaron en un rango de 16 000 organismos en el punto HB-74 hasta 61 200 organismos en el punto HB-73; en el punto HB-78 (río Vagabundo) se registraron 45 000 organismos; donde todos los organismos corresponden al phylum Bacillariophyta, en el punto HB-79 ubicado en el río Omate se encontraron 79 400 organismos y en el punto HB-80 ubicado en el río Tambo, la abundancia fue moderada 51 200 organismos.



J  
A  
y  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

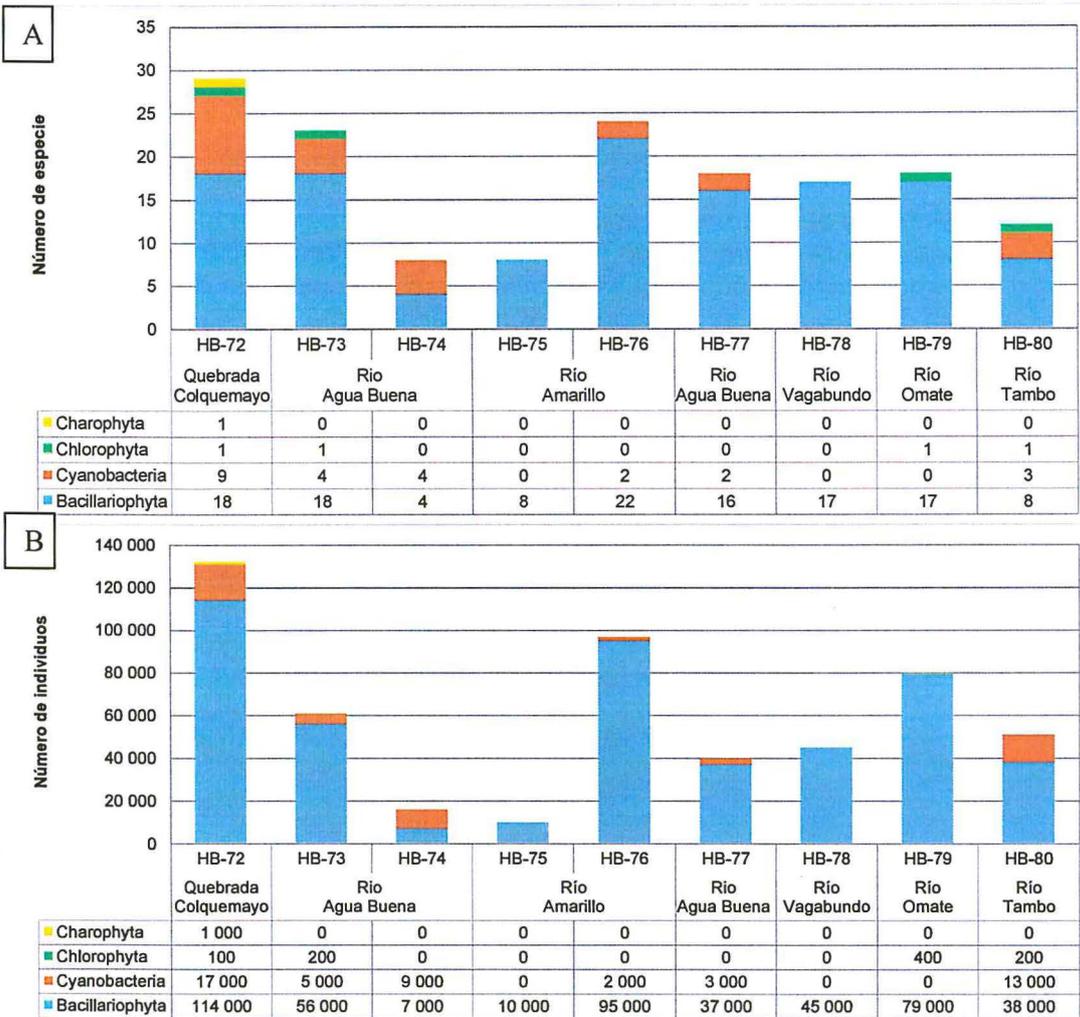


Figura 10-106. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona III.

ii) Índices de diversidad alfa y beta

464. Con base en los resultados de riqueza y abundancia se muestran en Figura 10-107, los valores de los números de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de monitoreo.



Handwritten signature and date: 12/04/2012

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

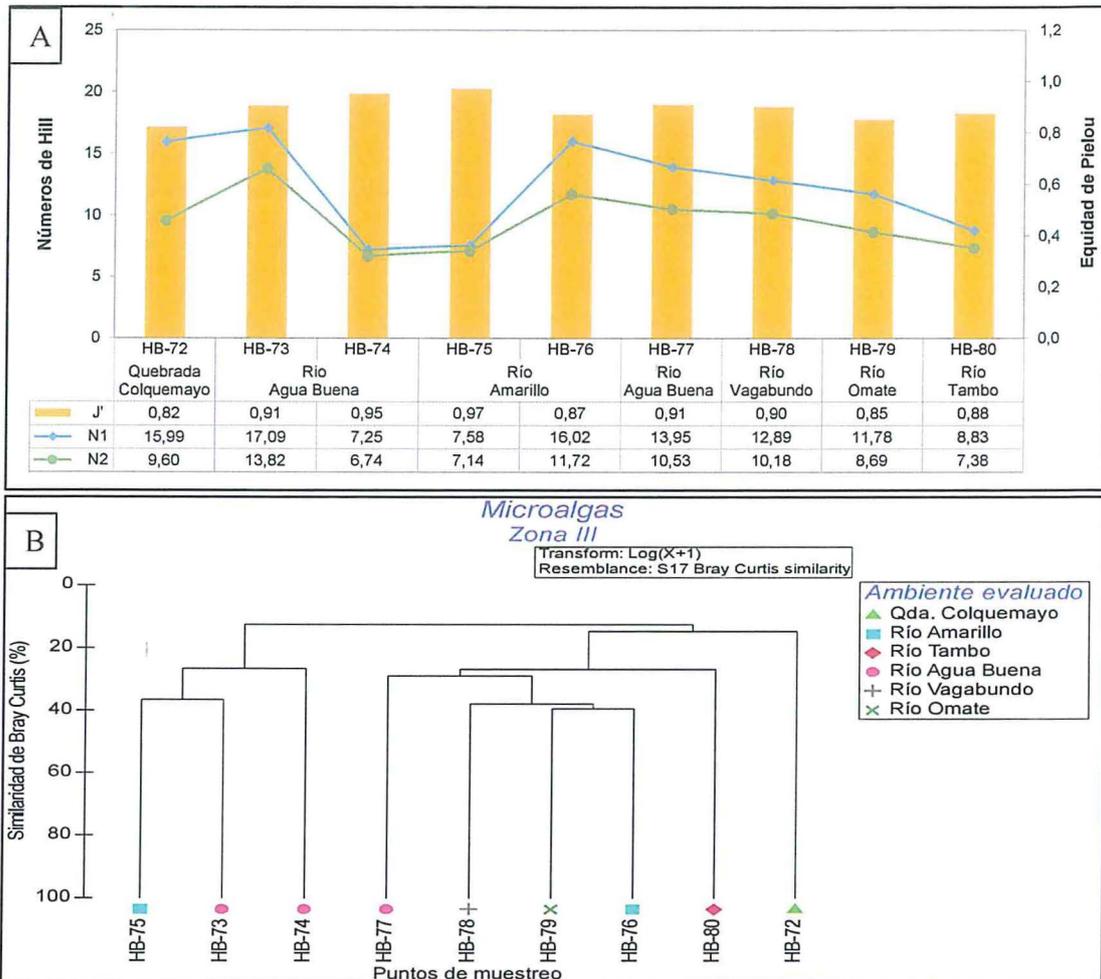


Figura 10-107. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona III

465. Se observa que los números de Hill N1 y N2 muestran una misma tendencia, encontrándose que el número de Hill N1 varió desde 7,25 especies efectivas en el punto HB-74 hasta 17,09 especies efectivas en el punto HB-73; mientras que el número de Hill punto N2 varió desde 6,74 especies efectivas a 13,82 especies efectivas en los mismos puntos de monitoreo. Los valores de Pielou variaron desde 0,82 en el punto HB-72 hasta 0,97 en el punto HB-75, estos valores muestran una alta equidad (> 0,5) lo cual indica que la población de microalgas es equitativa y las especies registradas son igualmente abundantes.

466. Con el uso del software PAST (Paleontological Statistics) se realizó el análisis del índice de similitud de Bray Curtis, dando como resultado la relación de dos grupos con una similitud menor al 20 % como se observa en la Figura 10-107. El primer grupo reúne tres puntos de monitoreo: dos ubicados en el río Aguada Buena: HB-73 y HB-74 y uno en el río Amarillo: HB-75 encontrándose que los puntos HB-73 y HB-75 registraron una similitud de 38 % con seis especies comunes. El segundo grupo está conformado por seis puntos de monitoreo: tres puntos en el río Aguada Buena: HB-77, HB-78 y HB-79, un punto en el río Amarillo: HB-76, uno en la quebrada Colquemayo: HB-72 y otro en el río Tambo: HB-80 encontrándose que los puntos HB-76 y HB-79 registraron una similitud de 39 % con ocho especies comunes.



J  
A  
y  
2

**b. Microorganismos**

467. Se registró en el punto HB-80 ubicado en el río Tambo dos especies: *Diffugia oblonga* y una no identificada hasta el nivel de especie, determinada como "Nemátodo 1" ambas especies con una abundancia de 10 organismos.

**10.4. Zona IV**

468. De acuerdo a lo desarrollado en la sección de área de estudio, la Zona IV comprende la evaluación de los cuerpos de agua en el área de influencia del Proyecto Tía María. Cabe resaltar que la zona de estudio contempla tres grupos de evaluación correspondiente a los ambientes lóticos (río Tambo), lénticos (lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía), y marinos (mar de Mejía y Punta de Bombón).

**10.4.1. Calidad de agua**

469. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de campo y laboratorio, de la zona IV realizada en ambientes lóticos, lénticos y marinos.

**10.4.1.1. Grupo 1: Ambientes lóticos**

470. Este grupo comprende a los puntos ubicados en la quebrada Rosa María y en el río Tambo.

**• Parámetros de campo en los puntos de la Zona IV- Grupo 1**

471. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en el grupo 1, ubicados en la quebrada Rosa María y en el río Tambo, se detallan en la Tabla 10-51, donde se observa que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto incumplieron los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, al menos en un punto de monitoreo. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 20,3 – 26,0 °C.

**Tabla 10-51.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 1

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Río Tambo	AG-84	8,27	2410	8,22	25,4
	AG-85	8,23	2400	8,16	21,2
	AG-86	8,29	2360	8,04	23,7
	AG-87	8,23	2410	8,17	23,1
Quebrada Rosa María	AG-88	6,72	8210	1,34	23,5
	AG-109	4,43	9500	7,07	20,3
Río Tambo	AG-89	8,11	2460	8,73	24,2
	AG-90	8,29	2460	8,74	20,5
	AG-91	8,01	2680	7,66	26,0
<b>ECA para Agua Categoría 3 – D1<sup>(a)</sup></b>		<b>6,5 - 8,5</b>	<b>2500</b>	<b>≥4</b>	*
<b>ECA para Agua Categoría 3 – D2<sup>(b)</sup></b>		<b>6,5 - 8,4</b>	<b>5000</b>	<b>≥5</b>	
Incumple al menos uno de los valores del ECA para agua categoría 3					
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales – Subcategoría D1: Riego de Cultivos de Tallo Alto y Bajo.					
(b) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales – Subcategoría D2: Bebida de animales.					
(*) Los ECA contemplan: Δ3, que debe interpretarse como una variación de como máximo de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada.					

Fuente: Elaboración propia.

472. A continuación, se muestran los resultados de los parámetros de campo que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo del Grupo 1.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

473. En la Figura 10-108, se aprecia que todos los puntos, ubicados en el río Tambo y quebrada Rosa María presentaron valores (pH: 6,72 - 8,29) que se encuentran dentro del rango establecido en los ECA para agua Cat3D1 (pH: 6,5-8,5) y Cat3D2 (pH: 6,5-8,4), a excepción del punto AG-109 (pH: 4,43), ubicado en la quebrada Rosa María, que presentó un valor por debajo de los rangos establecidos en los ECA para agua mencionados.

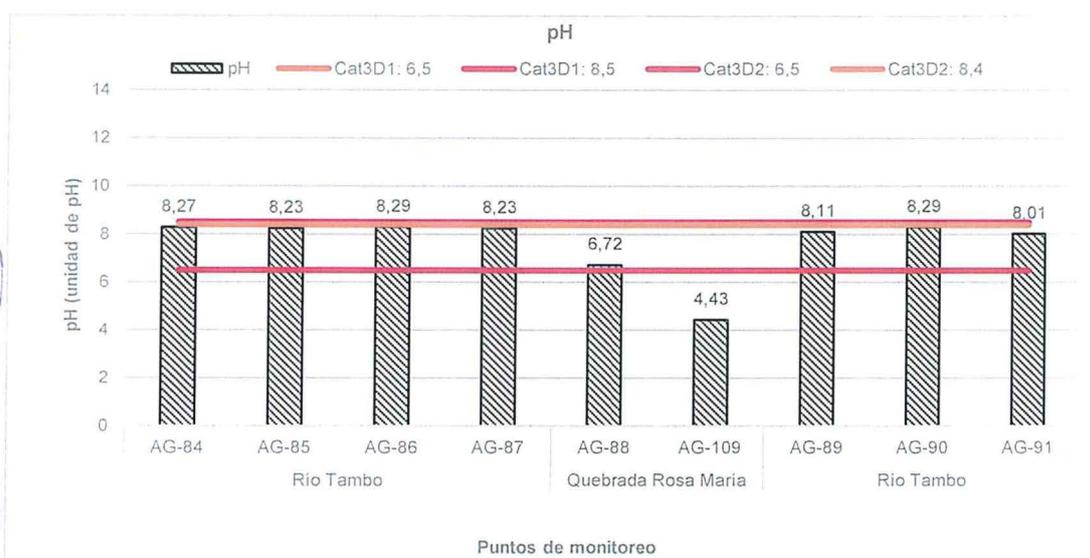


Figura 10-108. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

474. La Figura 10-109, muestra que todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, a excepción de los valores de CE obtenidos en los puntos AG-88 (8210  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y AG-109 (9500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ubicados en la quebrada Rosa María que incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y Cat3D2 (5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Asimismo, el punto AG-91 (2680  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ubicado en el río Tambo excedió el ECA para agua Cat3D1.



1  
A  
y  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

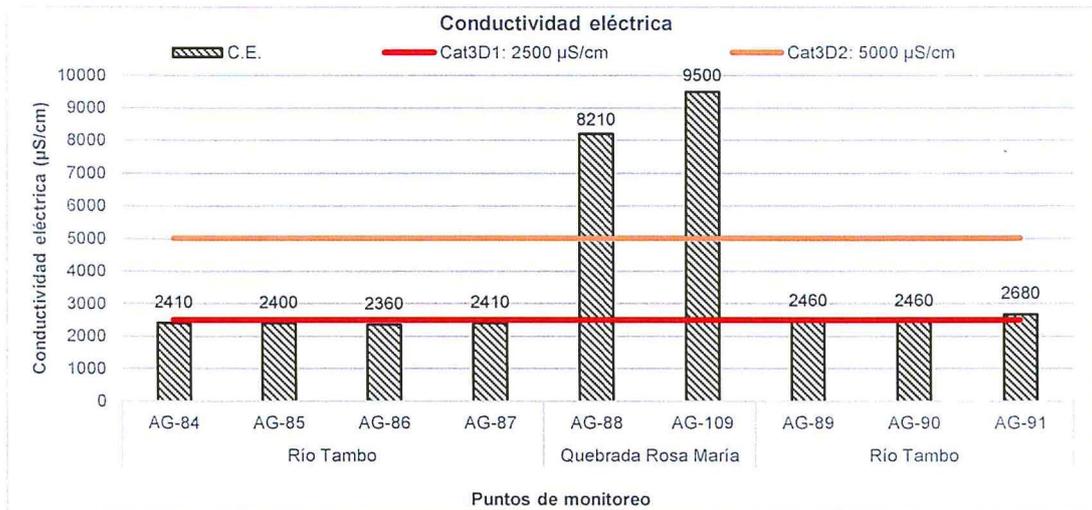


Figura 10-109. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.

• Oxígeno disuelto (OD)

475. La Figura 10-110, muestra que todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, a excepción del valor de OD obtenido en el punto AG-88 (OD: 1,34 mg/L), ubicado en un ojo de agua s/n en la quebrada Rosa María que incumplió los ECA para agua Cat3D1 (OD: 4 mg/L) y Cat3D2 (OD: 5 mg/L).

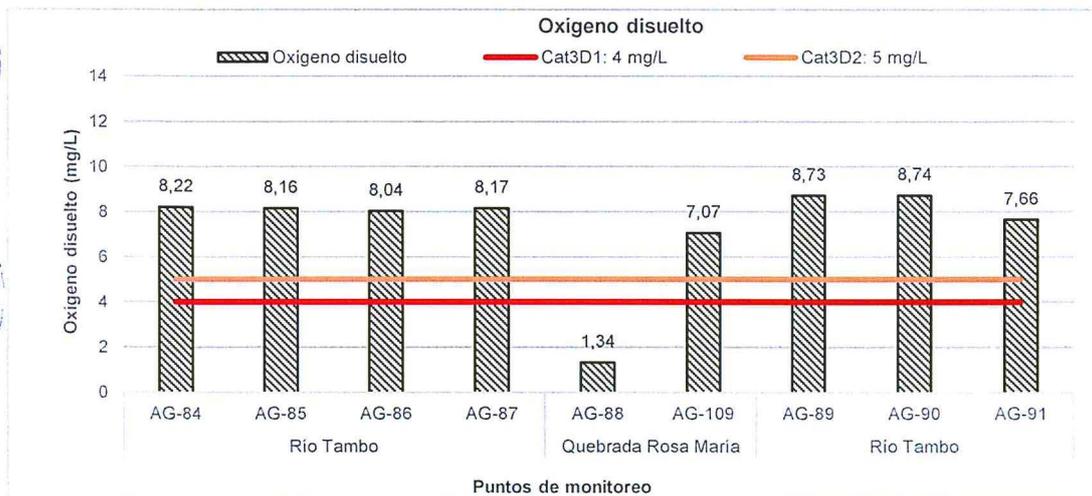


Figura 10-110. Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.

c. Parámetros determinados en laboratorio para los puntos de la Zona IV - Grupo 1.

476. Los resultados de laboratorio obtenidos en los puntos de monitoreo para DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, cloruros, sulfatos, sulfuros, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-52. Los únicos parámetros que superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 fueron, la demanda química de oxígeno (DQO) y los cloruros.



Handwritten signature and initials in blue ink.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-52. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 1

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo									ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Río Tambo				Quebrada Rosa María		Río Tambo			Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-84	AG-85	AG-86	AG-87	AG-88	AG-109	AG-89	AG-90	AG-91	Riego de vegetales <sup>(a)</sup>	Bebida de animales <sup>(b)</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	15	15
DQO	mg/L	9,7	5,8	9,7	6,5	42	60,1	14,2	13,5	12,9	40	40
Aceites y Grasas	mg/L	<1,0	<1,0	*	*	*	*	*	1	<1,0	5	10
Bicarbonatos	mg/L	132,6	127,2	136,6	147,4	108,5	7,1	170	145,8	184,7	518	---
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	0,1
Cr VI	mg/L	<0,01	<0,01	*	*	*	*	*	*	*	---	---
Fosfato	mg/L	0,101	0,129	0,033	0,041	0,024	0,051	0,048	0,077	0,088	---	---
Cloruros	mg/L	*	*	*	*	2317	2627	622,5	505	667,5	500	---
Nitritos	mg/L	0,031	0,02	<0,005	0,02	0,031	0,26	0,03	0,019	0,027	10	10
N-Amoniacal	mg/L	0,04	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	---	---
Nitratos	mg/L	0,095	0,32	0,53	0,24	26,31	25,53	0,54	0,39	0,65	---	---
Nitrógeno Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	254,5	269,7	249,4	278,8	653	864,3	242,4	273,5	220,7	1000	1000
Sulfuros	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	*	*	*	*	*	---	---
Incumple al menos uno de los valores de los ECA.												
---	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.											
*	No se realizó la medición del parámetro en este punto.											
<	Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.											
a Cat3D1	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.											
b Cat3D2	ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.											

Fuente: Elaboración propia.

477. A continuación, se muestran los resultados de la demanda química de oxígeno y cloruros que excedieron los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo del Grupo 1.

• Demanda química de oxígeno

478. En la Figura 10-111, se observa los valores de DQO, que indican que los puntos AG-88 (42 mg/L) y AG-109 (60,1 mg/L), ubicados en la quebrada Rosa María, fueron los únicos que excedieron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (40 mg/L).



Figura 10-111. Resultados de demanda química de oxígeno en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.

- **Concentración de cloruros**

479. En la Figura 10-112, se observa las concentraciones de cloruros, donde los puntos AG-88 (2317 mg/L) y AG-109 (2627 mg/L), ubicados en la quebrada Rosa María, además de los puntos AG-89, AG-90 y AG91, ubicados en el río Tambo, con concentraciones de 622,5; 505 y 667,5 mg/L respectivamente, excedieron el ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L).

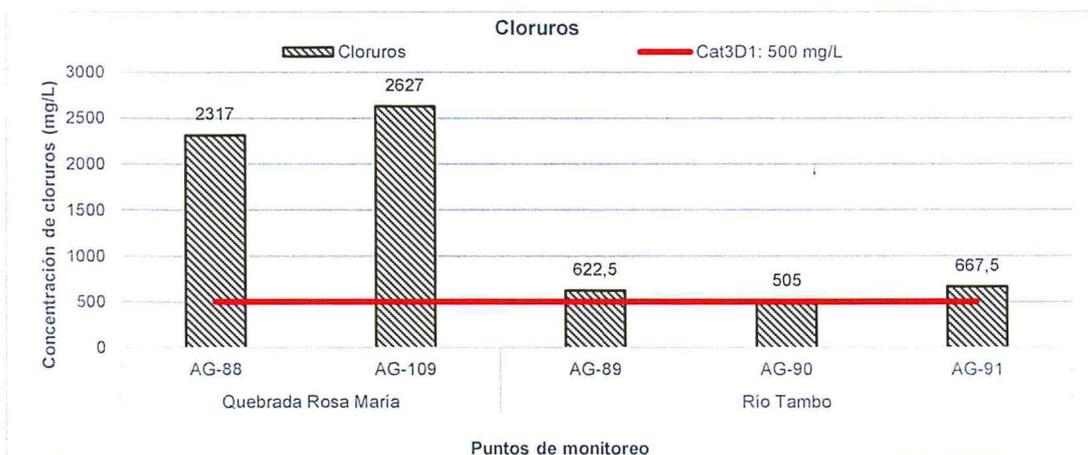


Figura 10-112. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.



480. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua, se muestran en el Anexo A.1. La comparación con los ECA para agua se realizó solamente para los metales totales que presentan estándares de comparación. Por otro lado, los metales totales como berilio, litio, magnesio, mercurio y selenio presentaron valores muy por debajo de los ECA para agua, por lo tanto, son detallados en el Anexo A.1. junto a los resultados de los parámetros (metales totales y metales disueltos) que no cuentan con estándares de comparación, con fines informativos.



481. Respecto de los resultados del parámetro metales totales (Anexo A.1), se observa que los elementos que excedieron los estándares de comparación, al menos en un punto de monitoreo fueron: arsénico (As), boro (B) y magnesio (Mg). La Tabla 10-53, detalla los puntos que excedieron los estándares de comparación para metales totales considerados en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (así como los porcentajes de metales disueltos).

X  
X  
y  
L



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-53. Resultados de los metales totales que excedieron los ECA para agua en al menos uno de los puntos de monitoreo y metales disueltos expresados en porcentaje de la Zona IV - Grupo 1

Cuerpo de agua	Puntos de monitoreo	Concentración de metales totales (mg/L) y metales disueltos (%)																											
		Al		As		Ba		B		Co		Cu		Cr		Fe		Li		Mg		Mn		Ni		Pb		Zn	
		Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)	Total	Disuelto (%)		
Río Tambo	AG-84	0,99	30	0,302	95	0,069	94	5,634	86	<0,001	<	0,018	39	<0,001	<	0,616	2	0,987	89	25,73	95	0,077	52	<0,002	<	<0,001	<	0,023	26
	AG-85	1,083	4	0,281	96	0,071	92	5,453	86	<0,001	<	0,018	33	<0,001	<	0,704	3	0,942	91	25,11	96	0,078	49	<0,002	<	<0,001	<	0,023	96
	AG-86	0,96	5	0,271	93	0,069	96	5,502	86	<0,001	<	0,017	47	<0,001	<	0,613	3	0,95	91	26,07	94	0,077	48	<0,002	<	<0,001	<	0,024	29
	AG-87	0,935	4	0,281	80	0,071	94	5,418	86	<0,001	<	0,015	40	<0,001	<	0,62	2	0,942	90	27,24	90	0,082	51	<0,002	<	<0,001	<	0,021	33
Quebrada Rosa María	AG-88	0,005	<	0,0097	<	0,038	100	1,833	99	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,004	0	0,026	92	337,10	90	0,005	100	<0,002	<	0,004	75	0,004	<
	AG-109	0,037	<	<0,007	<	0,016	88	1,965	92	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,04	13	0,022	100	315,80	95	0,005	80	<0,002	<	0,003	67	0,015	<
Río Tambo	AG-89	0,669	3	0,181	81	0,065	91	5,114	77	<0,001	<	0,011	45	<0,001	<	0,58	2	0,829	96	26,35	86	0,073	63	<0,002	<	<0,001	<	0,011	64
	AG-90	1,459	2	0,165	89	0,086	74	4,966	82	<0,001	<	0,014	36	<0,001	<	1,572	1	0,828	97	26,75	90	0,116	31	<0,002	<	0,003	33	0,015	47
	AG-91	1,554	1	0,144	85	0,078	92	5,115	78	<0,001	<	0,015	27	<0,001	<	1,614	1	0,541	83	30,38	82	0,141	81	<0,002	<	0,005	<	0,014	50
ECA, Cat3D1		5	---	0,1	---	0,7	---	1	---	0,05	---	0,2	---	0,1	---	5	---	2,5	---	---	---	0,2	---	0,2	---	0,05	---	2	---
ECA, Cat3D2		5	---	0,2	---	---	---	5	---	1	---	0,5	---	1	---	---	---	2,5	---	250	---	0,2	---	1	---	0,05	---	24	---
		Indica que no cumplió al menos en uno de los ECA para agua.																											
		Indica que el metal se presenta mayormente en fase disuelta (>50 %)																											
		---																											
		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																											
		<																											
		Indica que el valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																											
Cat3D1		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo.																											
Cat3D2		ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, Subcategoría D2: Bebida de animales.																											

Fuente: Elaboración propia.

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

482. A continuación, se presentan los resultados con las concentraciones de metales totales que excedieron los ECA para agua, en al menos uno de los puntos de monitoreo del Grupo 1.

• **Concentración de arsénico (As)**

483. En la Figura 10-113, se muestran las concentraciones de arsénico donde todos los puntos superaron el ECA para agua Cat3D1 (0,1 mg/L), a excepción de los puntos AG-88 (0,0097 mg/L) y AG-109 (<0,007 mg/L), ubicados en la quebrada Rosa María que presentaron valores por debajo del ECA para agua referido. Asimismo, los puntos AG-84, AG-85, AG-86 y AG-87 (0,302; 0,281; 0,271 y 0,281 mg/L respectivamente), ubicados en el río Tambo presentaron concentraciones que exceden el ECA para agua Cat3D2 (0,2 mg/L). El resto de puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del ECA mencionado.

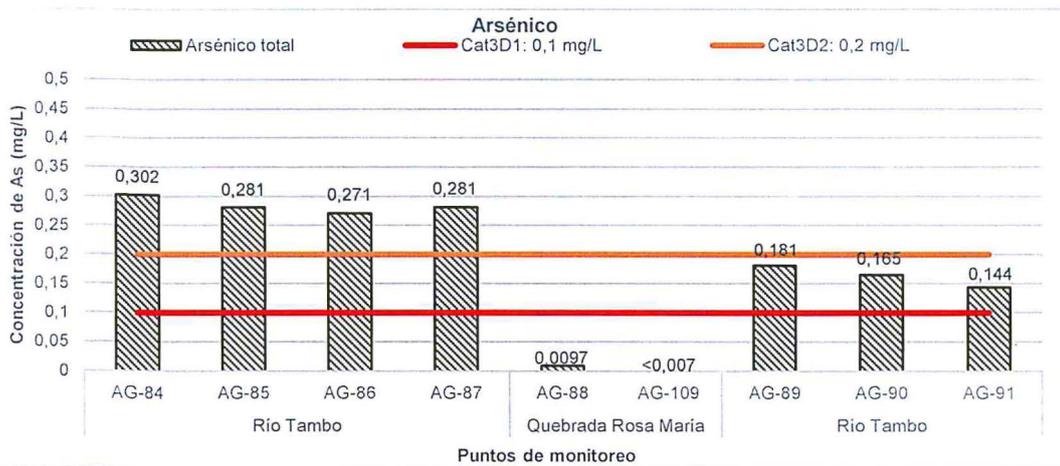


Figura 10-113. Resultados de las concentraciones de arsénico en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.

• **Concentración de boro (B)**

484. En la Figura 10-114, se aprecian las concentraciones de boro, donde todos los puntos superaron el ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L). Además, todos los puntos presentaron concentraciones que exceden el ECA para agua Cat3D2 (5 mg/L), a excepción de los puntos AG-88 (1,833 mg/L), AG-109 (1,965 mg/L) y AG-90 (4,966 mg/L), que presentaron concentraciones que se encuentran por debajo del ECA referido.



Handwritten vertical text: X, A, y, 2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

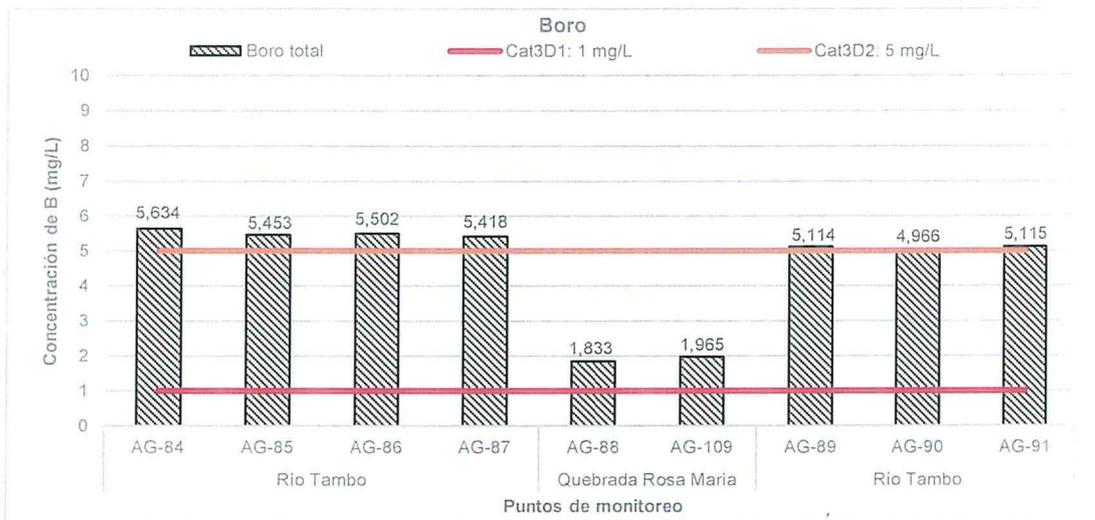


Figura 10-114. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona IV-Grupo 1.

• **Concentración de magnesio (Mg)**

485. La Figura 10-115, muestra las concentraciones de magnesio, donde se aprecia que sólo los puntos AG-88 (337,1 mg/L) y AG-109 (315,8 mg/L), ubicados en la quebrada Rosa María, excedieron el ECA para agua Cat3D2 (250 mg/L).

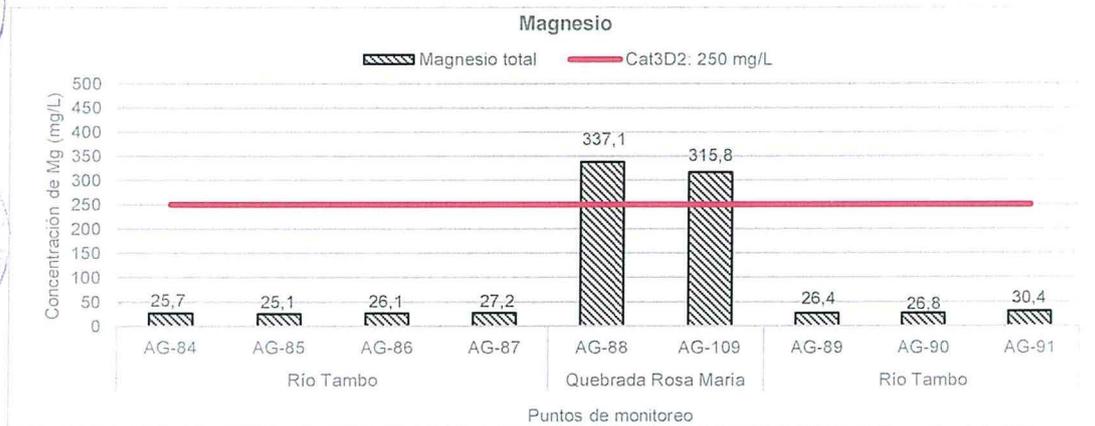


Figura 10-115. Resultados de las concentraciones de magnesio en los puntos de la Zona IV-Grupo 1.

486. Respecto a la fase en la que se encontraron los metales (disuelta o suspendida); el arsénico, boro, y magnesio se encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados.

10.4.1.2. **Grupo 2: Ambientes lénticos**

487. Este grupo comprende a los puntos ubicados en las lagunas pertenecientes al Santuario Nacional Lagunas de Mejía.



Handwritten vertical text: 2, 4, 4, 2

**a. Parámetros de campo en los puntos de la Zona IV- Grupo 2.**

488. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en los puntos ubicados en las lagunas Mejía, Iberia y Boquerón, se detallan en la Tabla 10-54, donde se observa que los valores de potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto incumplieron el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos, al menos en un punto de monitoreo. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 21,9 - 28,5 °C.

**Tabla 10-54.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona IV – Grupo 2.

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Laguna Mejía	AG-92	8,15	5580	9,18	22,2
	AG-93	8,12	5570	8,68	22,3
Lagunas Iberia	AG-94	7,59	5700	8,7	22,3
	AG-95	7,49	5690	3,81	21,9
	AG-96	7,58	5700	4,65	25,3
	AG-97	8,79	5700	8,21	22
	AG-98	8,02	5690	8,12	22,1
	AG-99	8,1	6280	12,51	21,9
	AG-100	9,07	5700	13,9	22,3
	AG-101	8,25	6290	10,65	22
	AG-102	8,95	5730	9,52	21,9
	AG-103	8,82	5850	13,09	28,5
	AG-104	8,03	5190	8,45	24,1
Laguna Boquerón	AG-105	8,83	5760	10,66	22,6
	AG-106	7,6	6930	4,3	22,9
	AG-107	8	10630	7,03	22,6
<b>ECA para Agua Categoría 4, E1: Lagunas y lagos (a)</b>		<b>6,5 - 9,0</b>	<b>1000</b>	<b>≥5</b>	<b>Δ3*</b>

(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4. E1: Lagunas y Lagos.

(\*) Los ECA contemplan: Δ3, que debe interpretarse como una variación de como máximo de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, por tratarse muestras puntuales esta variación de temperatura no será considerada

Fuente: Elaboración propia.

489. A continuación, se muestran los resultados de los parámetros de campo que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo de la zona IV-Grupo 2.

14/04/2012

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
 "Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

● **Potencial de hidrógeno (pH)**

490. En la Figura 10-116, se aprecia que todos los puntos, ubicados en las lagunas Mejía, Iberia y Boquerón, presentaron valores (pH: 7,49 - 8,95) que se encuentran dentro del rango establecido en el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (pH: 6,5-9,0), a excepción del punto AG-100 (pH: 9,07), ubicado en la laguna Iberia, que presentó un valor ligeramente por encima del rango establecido en el ECA para agua mencionado.

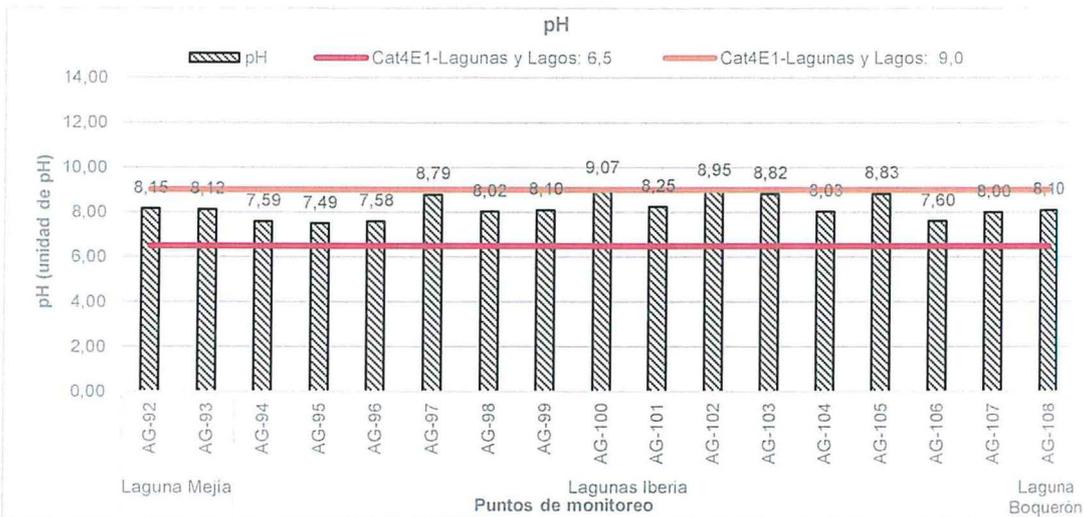


Figura 10-116. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona IV - Grupo 2.

● **Conductividad eléctrica (CE)**

491. La Figura 10-117, muestra que todos los puntos ubicados en las lagunas Mejía, Iberia y Boquerón incumplieron el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (CE: 1000 µS/cm) al presentar valores que van desde 5190 a 10990 µS/cm.

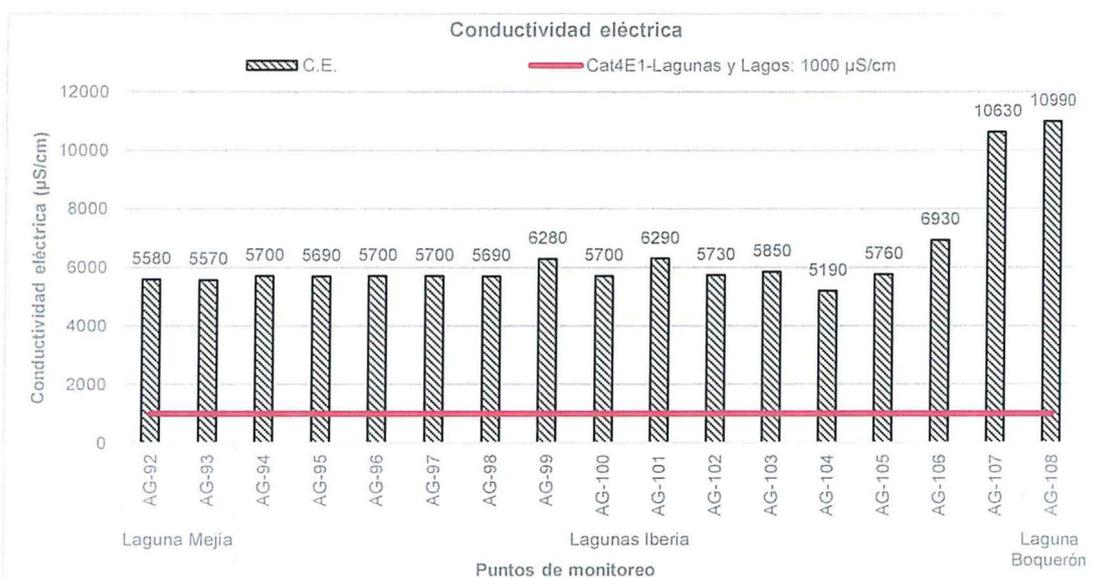


Figura 10-117. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona IV - Grupo 2.



X  
 4  
 2

• Oxígeno disuelto (OD)

492. La Figura 10-118, muestra que todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (5 mg/L), a excepción del valor de OD obtenido en los puntos AG-95 (OD: 3,81 mg/L), AG-96 (OD: 4,65 mg/L) y AG-106 (OD: 4,30 mg/L), ubicados en las lagunas Iberia que presentaron valores por debajo del establecido en el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos.

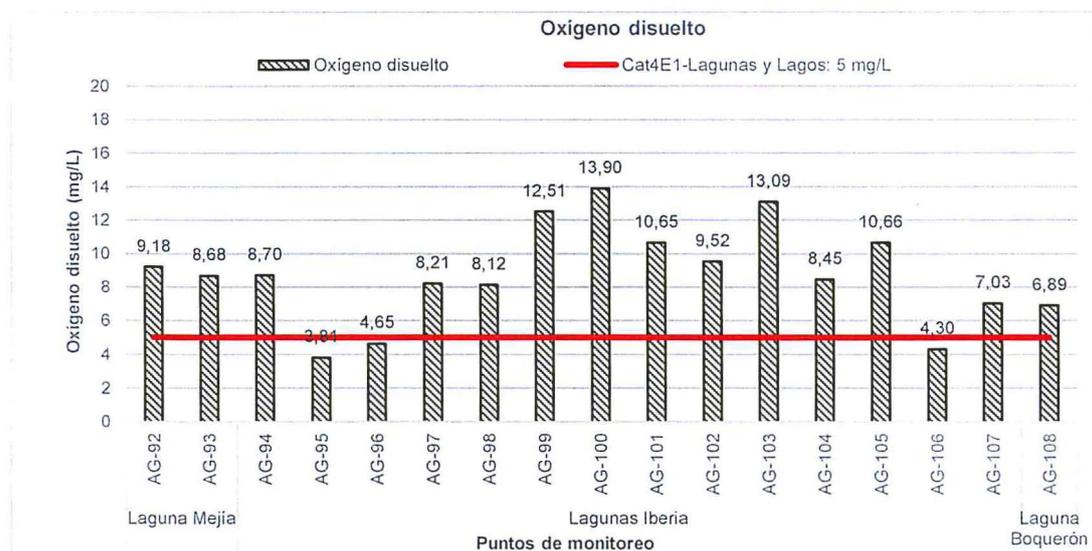


Figura 10-118. Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de la Zona IV - Grupo 2.

b. Parámetros determinados en laboratorio para los puntos de la Zona IV - Grupo 2.

493. Seguidamente se realiza el análisis de resultados de los parámetros evaluados.

i. Parámetros físico-químicos

494. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, sólidos totales suspendidos, bicarbonatos, cianuro wad, cromo hexavalente, fosfatos, fósforo total, cloruros, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total y sulfatos, se muestran en la Tabla 10-55. En esta tabla se resaltan los valores de los parámetros: DBO<sub>5</sub>, sólidos totales suspendidos, fósforo total y nitrógeno total que incumplieron al menos en un punto los ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos.



X  
A  
4  
2

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"  
"Decenio de las personas con Discapacidad en el Perú"

Tabla 10-55. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 2

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo																	ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Laguna Mejía		Lagunas Iberia															Laguna Boquerón	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
		AG-92	AG-93	AG-94	AG-95	AG-96	AG-97	AG-98	AG-99	AG-100	AG-101	AG-102	AG-103	AG-104	AG-105	AG-106	AG-107	AG-108	Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos <sup>(a)</sup>	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	14,6	14,6	8,9	9,1	6,5	3	3,2	2,7	2	2,3	2,2	3,2	2,2	3	<2,0	<2,0	<2,0	5	
DQO	mg/L	57,2	45,2	87,1	96	90,3	56	57,9	43,3	42	54,1	43,9	50,9	38,2	42	98,6	155,2	164,1	---	
Aceites y Grasas	mg/L	1,1	2,3	*	2,3	<1,0	*	1,4	*	<1,0	<1,0	*	*	<1,0	<1,0	*	<1,0	<1,0	5	
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	18	17,5	6,5	5,5	9,5	26,8	27	8,4	6,8	6,8	4	4,8	8,4	<3,0	4,8	3,2	5	≤25	
Bicarbonatos	mg/L	370,2	372,4	436,9	431,7	426,1	274,5	282,9	207,6	93,9	198,4	99,7	134,5	217,1	101,4	437,8	568,3	583,9	---	
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	*	<0,004	<0,004	*	<0,004	*	<0,004	<0,004	*	*	<0,004	<0,004	*	<0,004	<0,004	---	
Cromo hexavalente	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,011	
Fosfato	mg/L	<0,007	0,082	0,042	0,067	0,05	<0,007	<0,007	<0,007	0,04	0,082	<0,007	<0,007	0,059	0,037	0,512	0,617	0,906	---	
Fósforo total	mg/L	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,06	0,03	0,65	0,68	0,79	0,035	
Cloruros	mg/L	1152	1162	1232	1172	1252	1222	1272	1970	1472	1332	1282	1282	1342	1472	2430	2816	2916	---	
Nitritos	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	<0,005	0,044	0,215	0,32	---	
N-Amónico	mg/L	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,01	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,2	0,35	0,38	---	
Nitratos	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05	<0,05	0,12	0,16	0,23	13	
Nitrógeno Total	mg/L	<1	1,44	*	1,5	1,36	*	<1	*	<1	1,29	*	*	<1	<1	*	2,22	2,17	0,315	
Sulfatos	mg/L	622,2	597,6	488,4	394,4	518,3	632,7	562,1	772,2	632,8	737,2	742,8	401,2	555,8	657	498,9	711,7	848,5	---	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA.																				
---		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.																		
*		No se realizó la medición del parámetro en este punto.																		
<		Indica que el valor no fue determinado por estar por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.																		
<b>a Cat4E1-Lagunas y Lagos</b>		ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Subcategoría E1: Lagunas y Lagos.																		

Fuente: Elaboración propia.