



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



---

# EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA TAMBO DURANTE EL AÑO 2016



---

COORDINACIÓN DE EVALUACIONES  
AMBIENTALES INTEGRALES

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

Diciembre de 2016



✓  
A  
29  
2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL  
SUBDIRECCIÓN DE LA LÍNEA DE BASE Y AGENTES CONTAMINANTES  
**RECIBIDO**  
Dirección de Evaluación 29 DIC 2016  
VºBº *g. ray* Hora: .....  
Firma *g. ray*

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

**INFORME N° 00123-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI**

**A :** LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS  
Subdirector (e) de la Línea de Base y Agentes Contaminantes

**DE :** LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA  
Coordinador (e) de Evaluaciones Ambientales Integrales

**JORGE KELVIN ÁLVAREZ TEJADA**  
Tercero Evaluador

**JESSICA ADELA ESPINO CIUDAD**  
Tercero Evaluador

**GERALDINE MILAGROS GUERRERO QUESQUÉN**  
Tercero Evaluador

**ZULAY VANESSA GUILLERMO PACCORI**  
Tercero Evaluador

**ASUNTO :** Evaluación ambiental de la cuenca Tambo durante el año 2016.

**REFERENCIA:** Planefa 2016

**FECHA :** Lima, 29 DIC 2016

*2016-104-52865*

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted con relación al asunto de la referencia, a fin de informar lo siguiente:

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

**1. Detalles de la evaluación ambiental:**

a.	Zona evaluada	Unidades hidrográficas Ichuña, Coralaque, Medio Tambo, Bajo Tambo y el Santuario Nacional Lagunas de Mejía.		
b.	Ámbito de influencia	Cuenca Tambo		
c.	Problemática de la zona evaluada	Existencia de conflictos socio ambientales basado en el desarrollo de actividades mineras.		
d.	¿A pedido de qué se realizó la actividad?	Planefa 2016		
e.	¿Se realizó en el marco de un espacio de diálogo, mesa de diálogo o mesa de desarrollo?	SI	NO	X



*X  
A  
4  
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"

## 2. Detalles del diagnóstico ambiental:

a.	Salidas y fechas de monitoreo	Visita de reconocimiento	10/12/15 al 20/12/15
		Visita de reconocimiento (flora y fauna)	07/03/16 al 18/03/16
		Monitoreo de agua, sedimento e hidrobiología	04/05/16 al 22/05/16
b.	Componentes y puntos de monitoreo evaluados	Agua superficial	127 puntos de monitoreo
		Sedimento	84 puntos de monitoreo
		Hidrobiología	90 puntos de monitoreo
		Flora	14 sitios de evaluación
		Fauna	16 sitios de evaluación

## 3. Equipo profesional:

Los profesionales encargados de la ejecución de la Evaluación ambiental de la cuenca Tambo durante el año 2016 se detallan en la siguiente tabla:

Ítem	Apellidos y Nombres	Profesión	Actividad	Periodo de realización
01	Caleb Pérez Quispe	Ing. Agrónomo	Visita de reconocimiento	10 al 20 de diciembre de 2015
02	Jorge Álvarez Tejada	Biólogo		
03	Raúl Santos Ramírez	Ing. Pesquero		
04	Jean Pierre Bazán Alguar	Ing. Agrícola		
05	Patricia Núñez Ramírez	Ing. Ambiental		
06	Zulay Guillermo Paccori	Bióloga		
01	Víctor Chama Moscoso	Biólogo	Visita de reconocimiento del componente flora	07 al 18 de marzo de 2016
02	Segundo Crespo	Biólogo	Visita de reconocimiento del componente fauna	
01	Caleb Pérez Quispe	Ing. Agrónomo	Monitoreo de agua, sedimento e hidrobiología	04 al 22 de mayo de 2016
02	Jorge Álvarez Tejada	Biólogo		
03	Raúl Santos Ramírez	Ing. Pesquero		
04	José Huamani Buitron	Ing. Químico		
05	Patricia Núñez Ramírez	Ing. Ambiental		
06	Zulay Guillermo Paccori	Bióloga		
07	Jessica Espino Ciudad	Bióloga		
08	Jhon Inuma Olivería	Biólogo		

## II. OBJETIVO

4. Evaluar el estado actual de la calidad ambiental de la cuenca Tambo, con énfasis en las áreas de influencia de las actividades de los administrados fiscalizables por el OEFA, el cual se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1, que se adjunta y forma parte del presente informe.

## III. ANTECEDENTES

5. El presente informe se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del OEFA, establecida en la ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), cuyo ejercicio permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua, con énfasis en aquellas actividades fiscalizables por el OEFA, comprendiendo acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares según sus



8  
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"

competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales. Asimismo, obedece a lo establecido en el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2016 (en adelante, Planefa 2016) aprobado mediante resolución de consejo directivo N° 050-2015-OEFA/CD, publicada el 22 de diciembre de 2015.

#### IV. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6. El análisis se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1, denominado Evaluación ambiental de la cuenca Tambo durante el año 2016 que se adjunta y forma parte del presente informe.

#### V. CONCLUSIÓN

7. En vista que el informe de Evaluación ambiental de la cuenca Tambo durante el año 2016 cuenta con el sustento técnico requerido, el equipo profesional que elaboró el informe se sirve elevar dicho documento a la Coordinación de Evaluaciones Ambientales Integrales a efectos que se proponga su aprobación ante la Dirección de Evaluación.

Atentamente,

**LUIS ANGEL ANCCO PICHUILLA**  
Coordinador (e) de Evaluaciones Ambientales Integrales  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**JORGE KELVIN ÁLVAREZ TEJADA**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**JESSICA ADELA ESPINO CIUDAD**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**GERALDINE MILAGROS GUERRERO QUESQUÉN**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**ZULAY VANESSA GUILLERMO PACCORI**  
Tercero Evaluador  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



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"

Lima, 29 DIC 2016

Visto el Informe N° 00123-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI y habiéndose verificado que su contenido se encuentra enmarcado en el ejercicio de la función evaluadora, así como su coherencia normativa; el Subdirector (e) de la Línea de Base y Agentes Contaminantes recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por la cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

**LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**

Subdirector (e) de la Línea de Base y Agentes Contaminantes  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Visto el Informe N° 00123-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI y en atención a la recomendación de la Coordinación de Evaluaciones Ambientales Integrales, así como de la Subdirección de la Línea de Base y Agentes Contaminantes, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

**FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**

Director de Evaluación  
Dirección de Evaluación  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



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"

### ÍNDICE GENERAL

1.0.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.0.	ANTECEDENTES .....	2
3.0.	JUSTIFICACIÓN .....	2
4.0.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
5.0.	OBJETIVOS .....	4
6.0.	ALCANCE .....	4
7.0.	ÁREA DE ESTUDIO .....	5
8.0.	MARCO CONTEXTUAL .....	8
9.0.	METODOLOGÍA .....	23
9.1.	Calidad de agua .....	23
9.2.	Calidad de sedimento .....	33
9.3.	Hidrobiología .....	41
9.4.	Flora .....	50
9.5.	Fauna (Avifauna).....	53
9.6.	Hidrogeológica .....	57
10.0.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	58
11.0.	DISCUSIONES .....	290
12.0.	CONCLUSIONES .....	317
13.0.	RECOMENDACIONES.....	327
14.0.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	328
15.0.	ANEXOS .....	341



X  
X  
ey  
2



### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6-1. Total de muestras colectadas en la cuenca Tambo en mayo de 2016 ..... 4

Tabla 6-2. Total de evaluaciones realizadas en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía ..... 5

Tabla 7-1. Unidades Hidrográficas en la cuenca Tambo ..... 6

Tabla 7-2. Zonas de estudio por administrado fiscalizable por el OEFA ..... 7

Tabla 8-1. Instrumentos de gestión ambiental del sector Minería ..... 9

Tabla 8-2. Resultados de calidad ambiental – Aruntani S.A.C. .... 13

Tabla 8-3. Resultados de calidad ambiental – Southern Peru Copper Corporation..... 14

Tabla 8-4. Resultados de calidad ambiental – Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú ..... 14

Tabla 8-5. Resultados de calidad ambiental – Minera Pampa de Cobre S.A..... 14

Tabla 8-6. Resultados de calidad ambiental – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. .... 15

Tabla 8-7. Resultados de calidad ambiental – Minera Hampton Perú S.A.C. .... 15

Tabla 8-8. Resultados de calidad ambiental – Fresnillo Perú S.A.C. .... 15

Tabla 8-9. Denuncias ambientales atendidas por el SINADA – Sector Minería ..... 16

Tabla 8-10. Reportes públicos emitidos el año 2013 para el sector minería ..... 16

Tabla 8-11. Estudios de instituciones públicas en la cuenca Tambo ..... 17

Tabla 8-12. Matriz de casos de tratamiento de conflictos – cuenca Tambo ..... 17

Tabla 8-13. Conflicto activo en el departamento de Arequipa ..... 18

Tabla 8-14. Conflictos latentes en el departamento de Moquegua ..... 19

Tabla 8-15. Compuestos de cianuro presentes en las soluciones de lixiviación y residuos en la minería de oro..... 22

Tabla 8-16. Impactos del cianuro en la calidad del agua superficial..... 22

Tabla 9-1. Red de monitoreo de calidad de agua..... 24

Tabla 9-2. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona I ..... 24

Tabla 9-3. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona II ..... 25

Tabla 9-4. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona III ..... 27

Tabla 9-5. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona IV ..... 27

Tabla 9-6. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona V ..... 29

Tabla 9-7. Equipos usados en el monitoreo de la calidad de agua ..... 30

Tabla 9-8. Métodos de ensayo usado por el laboratorio para el análisis de muestras de agua ..... 31

Tabla 9-9. Estándar de comparación – Calidad de agua ..... 32

Tabla 9-10. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona I..... 33

Tabla 9-11. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona II..... 34

Tabla 9-12. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona III..... 35

Tabla 9-13. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona IV ..... 36

Tabla 9-14. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona V ..... 37

Tabla 9-15. Equipos y materiales utilizados para el monitoreo de sedimentos ..... 40

Tabla 9-16. Métodos de ensayo usados por el laboratorio para el análisis de muestras de sedimentos ..... 40

Tabla 9-17. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona I..... 42

Tabla 9-18. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona II..... 43

Tabla 9-19. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona III..... 44

Tabla 9-20. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona IV ..... 45

Tabla 9-21. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona V ..... 46

Tabla 9-22. Método de análisis de agua por parámetros ..... 48

Tabla 9-23. Interpretación de los resultados del AMBI..... 50

Tabla 9-24. Sitios para evaluación de estudios especializados de flora silvestre ..... 51

Tabla 9-25. Coordenadas de sitios de evaluación – Fauna ..... 53



1  
1  
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 10-1. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los Zona I - Grupo 1 - Sector Itapallone.....	58
Tabla 10-2. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Itapallone .....	61
Tabla 10-3. 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 I - Grupo 1 sector Itapallone. ....	63
Tabla 10-4. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 2 sector Agani.....	68
Tabla 10-5. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Agani.....	71
Tabla 10-6. 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 I - Grupo 1 sector Agani.....	73
Tabla 10-7. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa. ....	75
Tabla 10-8. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa. ....	77
Tabla 10-9. 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 I - Grupo 1 sector Tassa. ....	79
Tabla 10-10. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 2 - Laguna Tinquicocha.....	81
Tabla 10-11. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 2 – Laguna Tinquicocha .....	81
Tabla 10-12. Resultados de los metales totales en la laguna Tinquicocha de la Zona I - Grupo 2.....	82
Tabla 10-13. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 1 sector Itapallone.....	83
Tabla 10-14. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone. ....	83
Tabla 10-15. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone .....	90
Tabla 10-16. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 1 sector Agani.....	91
Tabla 10-17. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 1 sector Agani.....	92
Tabla 10-18. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 1 sector Agani.....	97
Tabla 10-19. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 1 sector Tassa.....	98
Tabla 10-20. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 1 sector Tassa. ....	98
Tabla 10-21. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.....	104
Tabla 10-22. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 2 laguna Tinquicocha.....	106
Tabla 10-23. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 2 laguna Tinquicocha.....	106
Tabla 10-24. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 2 laguna Tinquicocha.....	106
Tabla 10-25. Valores de la diversidad alfa .....	118



X  
X  
ey  
z



Tabla 10-26. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 1. .... 119

Tabla 10-27. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 1. .... 122

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. .... 124

Tabla 10-29. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 2. .... 130

Tabla 10-30. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 2. .... 133

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. .... 136

Tabla 10-32. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 3. .... 142

Tabla 10-33. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona II - Grupo 3. .... 144

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. .... 146

Tabla 10-35. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona II - Grupo 1. .... 153

Tabla 10-36. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona II - Grupo 1. .... 154

Tabla 10-37. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona II - Grupo 1. .... 160

Tabla 10-38. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona II - Grupo 2. .... 161

Tabla 10-39. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona II - Grupo 2. .... 162

Tabla 10-40. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona II - Grupo 2. .... 169

Tabla 10-41. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona II - Grupo 3. .... 170

Tabla 10-42. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona II - Grupo 3. .... 170

Tabla 10-43. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para el grupo 3. .... 178

Tabla 10-44. Valores de la diversidad alfa. .... 184

Tabla 10-45. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona III. .... 192

Tabla 10-46. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona III. .... 194

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. .... 196

Tabla 10-48. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona III. .... 200

Tabla 10-49. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona III. .... 200

Tabla 10-50. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona III. .... 205



X  
A  
e  
2



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

Tabla 10-51. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 1. 210
Tabla 10-52. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 1. 213
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. 215
Tabla 10-54. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 2. 218
Tabla 10-55. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 2. 221
Tabla 10-56. Resultados de los metales totales que excedieron los ECA para agua en al menos uno de los puntos de monitoreo de la Zona IV - Grupo 2. 224
Tabla 10-57. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 3. 226
Tabla 10-58. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona IV - Grupo 3. 228
Tabla 10-59. Resultados de los metales totales comparados con los ECA en los puntos de monitoreo de la Zona IV - Grupo 3. 229
Tabla 10-60. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona IV-Grupo 1. 230
Tabla 10-61. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona IV-Grupo 1. 231
Tabla 10-62. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona IV-Grupo 1. 235
Tabla 10-63. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona IV-Grupo 2. 236
Tabla 10-64. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona IV-Grupo 2. 236
Tabla 10-65. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona IV-Grupo 2. 239
Tabla 10-66. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona IV-Grupo 3. 240
Tabla 10-67. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona IV-Grupo 3. 240
Tabla 10-68. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona IV-Grupo 3. 245
Tabla 10-69. Resumen de la riqueza de especies y abundancia en el área de muestreo. 262
Tabla 10-70. Riqueza de especies y abundancia en el complejo de lagunas. 264
Tabla 10-71. Riqueza de especies y abundancia en la Playa Arenosa. 265
Tabla 10-72. Riqueza de especies y abundancia en el Estuario. 266
Tabla 10-73. Riqueza de especies y abundancia en el Monte Ribereño. 267
Tabla 10-74. Riqueza de especies y abundancia en el Salicornial. 268
Tabla 10-75. Riqueza de especies y abundancia en el Gramadal. 268
Tabla 10-76. Riqueza de especies y abundancia en el Salicornial. 269
Tabla 10-77. Índices de diversidad de aves para las estaciones de muestreo. 270
Tabla 10-78. Valores de similitud de las comunidades de aves en los sitios evaluados. Índice de Sorensen. Mayo 2016. 271
Tabla 10-79. Registros reproductivos de las aves en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía. Mayo 2016. 273
Tabla 10-80. Especies incluidas en categorías de conservación y endémicas encontradas en el área de estudio. 274



Handwritten mark

Handwritten mark

Handwritten mark



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 10-81. Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona V. .... 275

Tabla 10-82. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona V. .... 277

Tabla 10-83. 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 V. .... 279

Tabla 10-84. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona V. .... 284

Tabla 11-1. Resultados de los valores de pH reportados por otras instituciones en los puntos de los grupos 1, 2 y 3. .... 298

Tabla 11-2. Concentración de Arsénico en sedimentos afectados por drenaje ácido de mina ..... 307

Tabla 11-3. Concentración de arsénico, cobre y plomo en sedimentos en áreas afectadas por actividad minera ..... 307



J  
A  
4  
2



### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7-1. Mapa de ubicación de la cuenca Tambo. .... 6

Figura 7-2. Distribución de zonas y grupos para la evaluación ambiental de la cuenca Tambo. .... 8

Figura 9-1. Valores de comparación para el potencial neto de neutralización (PNN). 39

Figura 9-2. Valores de comparación para la proporción PN/PA. .... 39

Figura 10-1. Resultados de potencial de hidrógeno (pH) en la zona I - Grupo 1 - sector Itapallone. .... 59

Figura 10-2. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone. .... 60

Figura 10-3. Resultados de cloruros en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone. .... 62

Figura 10-4. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone: a. aluminio, b. boro y c. cadmio. .... 65

Figura 10-5. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone: a. hierro, b. manganeso y c. cobalto. .... 66

Figura 10-6. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone: a. cobre, b. plomo y c. zinc. .... 67

Figura 10-7. Resultados de potencial de hidrógeno (pH) en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani. .... 69

Figura 10-8. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani. .... 69

Figura 10-9. Resultados de cloruros en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani. .... 72

Figura 10-10. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona I - Grupo 1 -sector Agani. .... 74

Figura 10-11. Resultados de las concentraciones de manganeso en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani. .... 74

Figura 10-12. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Tassa. .... 76

Figura 10-13. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Tassa. .... 76

Figura 10-14. Resultados de cloruros en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa. .... 77

Figura 10-15. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa. .... 80

Figura 10-16. Concentraciones de arsénico en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense. .... 84

Figura 10-17. Concentraciones de cadmio en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense. .... 85

Figura 10-18. Concentraciones de mercurio en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense. .... 85

Figura 10-19. Concentraciones de plomo en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense. .... 86

Figura 10-20. Concentraciones de zinc en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense. .... 86

Figura 10-21. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone. .... 87



Handwritten initials and marks in blue ink



Figura 10-22. Distribución en porcentaje del cadmio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone..... 88

Figura 10-23. Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone..... 88

Figura 10-24. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone..... 89

Figura 10-25. Distribución en porcentaje de zinc soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone..... 90

Figura 10-26. Concentraciones de arsénico en la Zona I - Grupo 1 sector Agani comparados con la norma canadiense..... 93

Figura 10-27. Concentraciones de mercurio en la Zona I - Grupo 1 sector Agani comparados con la norma canadiense..... 94

Figura 10-28. Concentraciones de plomo en la Zona I - Grupo 1 sector Agani comparados con la norma canadiense..... 94

Figura 10-29. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani..... 95

Figura 10-30. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani..... 96

Figura 10-31. Concentraciones de arsénico en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense..... 99

Figura 10-32. Concentraciones de cobre en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense..... 100

Figura 10-33. Concentraciones de cadmio en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense..... 100

Figura 10-34. Concentraciones de plomo en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense..... 101

Figura 10-35. Concentraciones de zinc en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense..... 101

Figura 10-36. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa..... 102

Figura 10-37. Distribución en porcentaje del cadmio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa..... 103

Figura 10-38. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa..... 103

Figura 10-39. Distribución en porcentaje del zinc soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa..... 104

Figura 10-40. Riqueza (A) y Abundancia (B) de microalgas en las estaciones de monitoreo de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone..... 109

Figura 10-41. Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de la zona I - Grupo 1 sector Itapallone..... 110

Figura 10-42. Riqueza (A) y Abundancia (B) de microalgas en las estaciones de monitoreo de la Zona I - Grupo 1 sector Agani..... 112

Figura 10-43. Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de la zona I - Grupo 1 sector Agani..... 113

Figura 10-44. Riqueza (A) y Abundancia (B) de microalgas en las estaciones de monitoreo de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa..... 115

Figura 10-45. Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de la zona I - Grupo 1 sector Tassa..... 116

Figura 10-46. Riqueza (A) y Abundancia (B) de fitoplancton en las estaciones de monitoreo de la Zona I..... 117

Figura 10-47. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona II - Grupo 1..... 120



X  
A  
24  
2



Figura 10-48. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona II - Grupo 1.
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.
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. manganeso.
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.
Figura 10-52. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona II - Grupo 2.
Figura 10-53. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona II-Grupo 2.
Figura 10-54. Resultados de la concentración de sulfatos en los puntos de la Zona II - Grupo 2.
Figura 10-55. Resultados de la concentración de cianuro wad en los puntos de la Zona II - Grupo 2.
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.
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.
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.
Figura 10-59. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona II - Grupo 3.
Figura 10-60. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona II - Grupo 3.
Figura 10-61. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona II-Grupo 3.
Figura 10-62. Resultados de la concentración de sulfatos en los puntos de la Zona II - Grupo 3.
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.
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.
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.
Figura 10-66. Concentraciones de As en la Zona II - Grupo 1 comparados con la norma canadiense.
Figura 10-67. Concentraciones de Hg en la Zona II - Grupo 1 comparados con la norma canadiense.
Figura 10-68. Concentraciones de Pb en la Zona II - Grupo 1 comparados con la norma canadiense.
Figura 10-69. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 1.



Handwritten marks: a large 'X', a smaller 'X', and the number '2'.



Figura 10-70. Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 1. .... 158

Figura 10-71. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II – Grupo 1..... 159

Figura 10-72. Concentraciones de arsénico en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense..... 162

Figura 10-73. Concentraciones de cobre en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense..... 163

Figura 10-74. Concentraciones de mercurio en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense..... 164

Figura 10-75. Concentraciones de Pb en la Zona II - Grupo 2 comparados con la norma canadiense..... 164

Figura 10-76. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 2..... 165

Figura 10-77. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 2..... 166

Figura 10-78. Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 2..... 167

Figura 10-79. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos del grupo 2..... 168

Figura 10-80. Concentraciones de arsénico en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense..... 171

Figura 10-81. Concentraciones de cobre en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense..... 171

Figura 10-82. Concentraciones de mercurio en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense..... 172

Figura 10-83. Concentraciones de plomo en la Zona II - Grupo 3 comparados con la norma canadiense..... 173

Figura 10-84. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3..... 174

Figura 10-85. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3..... 175

Figura 10-86. Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3..... 176

Figura 10-87. Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona II - Grupo 3..... 177

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..... 180

Figura 10-89. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona II - Grupo 1..... 181

Figura 10-90. Fitoplancton: Riqueza (A) y abundancia (B) de fitoplancton por phylum en los puntos de la zona II – Grupo 1..... 183

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..... 186

Figura 10-92. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona II – Grupo 2..... 187

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..... 189

Figura 10-94. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de zona II – Grupo 3..... 190

Figura 10-95. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona III..... 192

Figura 10-96. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona III..... 195



Handwritten marks: a downward arrow, the letter 'A', and the number '2'.



Figura 10-97. Resultados de las concentraciones de arsénico en los puntos de la Zona III.
Figura 10-98. Resultados de las concentraciones de boro en los productos de la zona III
Figura 10-99. Resultados de las concentraciones de litio en los puntos de la Zona III.
Figura 10-100. Resultados de las concentraciones de manganeso en los puntos de la Zona III.
Figura 10-101. Concentraciones de arsénico en la Zona III comparados con la norma canadiense.
Figura 10-102. Concentraciones de cobre en la Zona III comparados con la norma canadiense.
Figura 10-103. Concentraciones de mercurio en la Zona III comparados con la norma canadiense.
Figura 10-104. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona III.
Figura 10-105. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona III.
Figura 10-106. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona III.
Figura 10-107. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona 3.
Figura 10-108. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-109. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-110. Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-111. Resultados de demanda química de oxígeno en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-112. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-113. Resultados de las concentraciones de arsénico en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-114. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-115. Resultados de las concentraciones de magnesio en los puntos de la Zona IV - Grupo 1.
Figura 10-116. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona IV - Grupo 2.
Figura 10-117. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona IV - Grupo 2.
Figura 10-118. Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de la Zona IV - Grupo 2.
Figura 10-119. Resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en los puntos de la zona IV - Grupo 2.
Figura 10-120. Resultados de la concentración de sólidos totales suspendidos en los puntos de la zona IV - Grupo 2.
Figura 10-121. Resultados de la concentración de fósforo en los puntos de la zona IV - Grupo 2.
Figura 10-122. Resultados de la concentración de nitrógeno total en los puntos de la zona IV - Grupo 2.



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



Figura 10-123. Resultados de las concentraciones de plomo en los puntos de la Zona IV-Grupo 2. .... 225

Figura 10-124. Resultados de las concentraciones de zinc en los puntos de la Zona IV-Grupo 2. .... 225

Figura 10-125. Concentraciones de arsénico en la Zona IV-Grupo1 comparados con la norma canadiense. .... 231

Figura 10-126. Concentraciones de cobre en la Zona IV-Grupo1 comparados con la norma canadiense. .... 232

Figura 10-127. Concentraciones de mercurio en la Zona IV-Grupo1 comparados con la norma canadiense. .... 232

Figura 10-128. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 1. .... 233

Figura 10-129. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 1. .... 234

Figura 10-130. Concentraciones de arsénico en la Zona IV-Grupo 2 comparados con la norma canadiense. .... 237

Figura 10-131. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 2. .... 238

Figura 10-132. Concentraciones de arsénico en la Zona IV-Grupo 3 comparados con la norma canadiense. .... 241

Figura 10-133. Concentraciones de cobre en la Zona IV-Grupo 3 comparados con la norma canadiense. .... 242

Figura 10-134. Concentraciones de mercurio en la Zona IV-Grupo 3 comparados con la norma canadiense. .... 242

Figura 10-135. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 3. .... 243

Figura 10-136. Distribución en porcentaje del cobre soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona IV-Grupo 3. .... 244

Figura 10-137. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona IV ..... 247

Figura 10-138. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona IV ..... 248

Figura 10-139. Fitoplancton: Riqueza (A) y abundancia (B) de fitoplancton por phylum en los puntos de la zona IV ..... 250

Figura 10-140. Fitoplancton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona IV ..... 252

Figura 10-141. Macroinvertebrados bentónicos: Riqueza (A) y abundancia (B) de macroinvertebrados bentónicos por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos. .... 254

Figura 10-142. Macroinvertebrados bentónicos: Índices de diversidad alfa encontrados en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos. .... 255

Figura 10-143. Macroinvertebrados bentónicos: Histograma de los macroinvertebrados bentónicos encontrados en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos. .... 256

Figura 10-144. Macroinvertebrados bentónicos: Desviación estándar de los macroinvertebrados bentónicos encontrados en los puntos de monitoreo de la parte submareal de los ambientes marinos ..... 257

Figura 10-145. Número de especies (riqueza) en los sitios evaluados en el SNLM 259

Figura 10-146. Análisis de cobertura en los sitios evaluados en el SNLM ..... 260

Figura 10-147. Representatividad de familias de las aves del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, Arequipa. Mayo 2016. .... 262

Figura 10-148. Riqueza de especies de aves en el complejo de lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, Arequipa. Mayo 2016. .... 263



X  
A  
y  
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"

Figura 10-149. Dendrograma de similitud de Sorensen entre los sitios evaluados.... 272

Figura 10-150. Resultados de potencial de hidrogeno (pH) en los puntos de la Zona V. .... 276

Figura 10-151. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona V... 276

Figura 10-152. Resultados de la concentración de cloruros en los puntos de la Zona V. .... 278

Figura 10-153. Resultados de las concentraciones de arsénico en los puntos de la Zona V. .... 280

Figura 10-154. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona V. .... 281

Figura 10-155. Resultados de las concentraciones de cobre en los puntos de la Zona V. .... 281

Figura 10-156. Resultados de las concentraciones de litio en los puntos de la Zona V. .... 282

Figura 10-157. Resultados de las concentraciones de manganeso en los puntos de la Zona V. .... 282

Figura 10-158. Concentraciones de arsénico en la Zona V comparados con la norma canadiense. .... 285

Figura 10-159. Concentraciones de cobre en la Zona V comparados con la norma canadiense. .... 286

Figura 10-160. Concentraciones de mercurio en la Zona V comparados con la norma canadiense. .... 286

Figura 10-161. Perifiton: Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas por phylum encontrada en los puntos de monitoreo de la zona V. .... 288

Figura 10-162. Perifiton: Índices de diversidad alfa (A) y beta (B) encontrados en los puntos de monitoreo de la zona 5..... 289

Figura 11-1. Manantial ácido (tipo Al-H-SO<sub>4</sub>, 60-20-99 %eq) aflorando al pie del domo Chucapaca..... 291

Figura 11-2. Típica distribución de aguas termales volcanogénicas alrededor del Cerro Chucapaca en la cuenca Tambo, (1) manantiales ácidos en la parte alta Quebradas Juctaiccaca, sin nombre, Corire; (2) Manantiales con presencia de bicarbonatos en la quebrada Itapallone; y (3) Aguas termales en río Ichuña. .... 291

Figura 11-3. Fuente termal ubicada a la margen izquierda del río Tassa. .... 293

Figura 11-4. Pasivo ambiental (bocaminas) en la parte alta del río Tassa..... 295

Figura 11-5. Utilización de cal en el proceso de neutralización de agua. .... 297

Figura 11-6. Comparación de resultados de la concentración de sulfatos entre grupos: a. Grupos 1, 2 y 3, b. Grupos 1 y 3. .... 299

Figura 11-7. Manantial Quihuire ubicado en la parte alta quebrada Queullirijahuri... 299

Figura 11-8. Comparación de resultados de la concentración de metales (Al, As, Ba y Cd) en puntos de confluencia del agua proveniente de zonas con y sin influencia de actividades mineras: a, b, c y d. cuerpos de agua directamente influenciados y a', b', c' y d'. cuerpos de agua indirectamente influenciados..... 301

Figura 11-9. Comparación de resultados de la concentración de metales (Co, Cu, Fe y Mn) en puntos de confluencia del agua proveniente de zonas con y sin influencia de actividades mineras: a, b, c y d. cuerpos de agua directamente influenciados y a', b', c' y d'. cuerpos de agua indirectamente influenciados..... 302

Figura 11-10. Comparación de resultados de la concentración de metales (Ni, Pb y Zn) en puntos de confluencia del agua proveniente de zonas con y sin influencia de actividades mineras: a, b, y c. Cuerpos de agua directamente influenciados y a', b', y c'. Cuerpos de agua indirectamente influenciados..... 303

Figura 11-11. Confluencia de los ríos Aruntaya y Queullirijahuri (obsérvese el recubrimiento del lecho debido a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro) ..... 304

Figura 11-12. Concentraciones de arsénico y mercurio en los grupos 1 y 3..... 305



J  
A  
04  
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"

Figura 11-13. Concentraciones de arsénico, cobre, mercurio y plomo en los grupos 1, 2 y 3. .... 306

Figura 11-14. Burbujas de CO<sub>2</sub> y otros gases en uno de los afloramientos de aguas termales en el lecho del río Tuncane. .... 314

Figura 11-15. Fuentes termales en la zona de Ullucan – Los Meadores, que aportan sus aguas al río Agua Buena. .... 314



J  
A  
4  
2



## 1.0. INTRODUCCIÓN

1. La cuenca Tambo pertenece a la región hidrográfica de la vertiente del Pacífico, su extensión es compartida por los departamentos de Arequipa con 2 229 km<sup>2</sup> (parte de las provincias de Arequipa e Islay), Moquegua con 9 117,3 km<sup>2</sup> (provincia General Sánchez Cerro y parte de la provincia de Mariscal Nieto) y Puno con 1 371,6 km<sup>2</sup> (parte de las provincias de Puno, Lampa y San Roman)<sup>1</sup>. Esta cuenca desarrolla actividades agrícolas en la parte media y baja de la cuenca (específicamente en el valle del Tambo). Sus aguas son utilizadas principalmente para consumo humano, agrícola y minero, siendo la escasez hídrica el aspecto principal de los conflictos socioambientales existentes en esta cuenca.
2. En relación a las actividades mineras, cabe precisar que la cuenca Tambo, se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de proyectos de exploración y explotación minera, los cuales han realizado operaciones a tajo abierto y actualmente vienen aplicando métodos de lixiviación en pilas con soluciones cianuradas; además, de la existencia de pasivos ambientales mineros (PAM) en la cuenca, por lo tanto, esta evaluación atiende la problemática de la cuenca Tambo con énfasis en las actividades fiscalizables por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), contextualizada a partir de la revisión de instrumentos de gestión ambiental (en adelante IGA), reportes públicos, denuncias entre otros.
3. En consecuencia, la presente evaluación ambiental de la cuenca Tambo constituye una visión de la situación actual de sus condiciones ambientales, la cual busca evaluar la calidad de agua, sedimento e hidrobiología en el área de estudio, complementados a través de las evaluaciones de flora, fauna e hidrogeología en el área de influencia del proyecto minero Tía María.



J  
A  
e  
2

<sup>1</sup> Informe Técnico N° 005-2015-ANA-AAA I C-O/ALA T-AT MOQ/ECRH/VNCA-LVUC. Tercer Monitoreo participativo de calidad de agua superficial de la cuenca Tambo.

## 2.0. ANTECEDENTES

4. Mediante el Informe N° 00070-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI, de fecha 03 de mayo de 2016, se aprobó el Plan de Evaluación Ambiental de la cuenca Tambo (en adelante PEA cuenca Tambo), el cual entre sus objetivos principales<sup>2</sup> consideró, evaluar la calidad de agua, sedimento e hidrobiología; así como evaluar flora y fauna del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, además caracterizar los bofedales y lagunas de esta área natural protegida<sup>3</sup>. Además, describe la problemática ambiental y las actividades que se realizarán la evaluación ambiental de la cuenca Tambo, de acuerdo a los lineamientos del Plan de Evaluación y Fiscalización Ambiental para el año 2016 (en adelante, Planefa).
5. En cumplimiento del PEA cuenca Tambo, se desarrolló la primera visita de reconocimiento, realizada del 10 al 20 de diciembre de 2015, con la finalidad de establecer los puntos de monitoreo de calidad de agua, sedimento e hidrobiología; esta información fue contemplada en el Informe N° 00058-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI, de fecha 03 de mayo de 2016.
6. Para fines de identificación de puntos de evaluación de los componentes de flora y fauna, se realizó la segunda visita de reconocimiento del 07 al 18 de marzo de 2016 en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía; esta información fue contemplada en el Informe N° 00095-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI, de fecha 09 de setiembre de 2016.
7. Los profesionales de la Dirección de Evaluación realizaron tres salidas de campo; la primera salida se realizó del 18 al 24 de marzo de 2016, donde se desarrolló la prospección geofísica de las lagunas y áreas adyacentes en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía; la segunda salida se realizó del 04 al 22 de mayo de 2016, para efectos de evaluar la calidad de agua superficial, sedimento e hidrobiología a lo largo de la cuenca Tambo y la tercera salida se realizó del 16 al 22 de mayo de 2016, con la finalidad de realizar la evaluaciones de flora, fauna e hidrogeológica de las lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía.

## 3.0. JUSTIFICACIÓN

8. La presente evaluación ambiental se realizó en el marco del Planefa 2016 del OEFA, aprobado por Resolución de Consejo Directivo N° 050-2015-OEFA/CD, publicado el 24 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial "El Peruano", a fin de servir como soporte técnico a la función de supervisión directa del OEFA, en tanto le provee de información sobre los posibles impactos y riesgos de las actividades fiscalizables.

<sup>2</sup> Los objetivos de la Evaluación Ambiental de la cuenca Tambo fueron formulados y detallados en el Informe N° 00070-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI, donde se plantearon 05 objetivos, sin embargo, de acuerdo a las actividades realizadas, se cumplieron con 02 de los objetivos planteados.

<sup>3</sup> De acuerdo al Decreto Supremo N° 015-84-AG, el Santuario Nacional Lagunas de Mejía constituye refugio único en la región costera del país para las aves migrantes de otros continentes en su ruta migratoria Norte-Sur, así como hábitat para las especies endémicas en peligro de extinción y asimismo mantiene importantes asociaciones de flora silvestre propias de los ecosistemas acuáticos del litoral; que es de interés nacional declarar áreas para la conservación de especies de la fauna y flora silvestres constituyendo un valioso potencial biótico.



9. Por lo precedido, el OEFA determinó que una de las evaluaciones de calidad ambiental a ser ejecutadas por la Dirección de Evaluación para el año 2016 es la correspondiente a la cuenca Tambo, la cual concentra principalmente actividades de exploración y explotación minera, comprendidas dentro de las competencias del OEFA; atendiendo así la problemática socio ambiental existente en la zona de estudio.

#### 4.0. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

10. El planteamiento del problema para la Evaluación Ambiental de la cuenca Tambo gira en torno a la existencia de conflictos socioambientales, basados en el desarrollo de actividades mineras, las cuales se sostienen en las denuncias registradas en el Servicio de Información sobre Denuncias Ambientales (en adelante SINADA), las cuales señalan afectación del agua, suelo y otros componentes ambientales en la cuenca (cf. Tabla 8-9). A esto se suma, los informes de la Defensoría del Pueblo, la Presidencia del Consejo de Ministros y la Coordinación de Gestión de Conflictos, los cuales denotan rechazo a la explotación minera, como en el caso más emblemático correspondiente al proyecto Tía María, donde la población enfatiza que los proyectos mineros podrían agudizar las condiciones ambientales de la cuenca Tambo, afectando el desarrollo de las actividades agrícolas, acuícolas y ganaderas.

11. Entre los proyectos mineros identificados en la cuenca Tambo, se tiene a Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú (Tassa), Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. (Colquemayo) y Fresnillo S.A.C. (Amata) en etapa de exploración cerrada; otros como Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. (Chucapaca "San Gabriel") y Southern Peru Copper Corporation (Tía María) se encuentran en etapa de transición (cf. Tabla 7-2) y; finalmente Aruntani S.A.C. (Tucari – Florencia) en etapa de cierre. Sobre este último administrado, que ha venido ejecutando actividades de explotación, se tienen denuncias que señalan presunta afectación de los recursos hídricos, asociada a la mortandad de truchas; así como también presunta afectación de suelos, flora y fauna.

12. Bajo esta problemática, se consideró realizar la evaluación ambiental de la cuenca Tambo, la cual pretende mostrar el estado actual de sus condiciones ambientales, además de servir como base para identificar probables impactos producidos por el desarrollo de futuras actividades en las zonas de estudio.



X  
A  
4  
2



## 5.0. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

13. Evaluar estado actual de la calidad ambiental en la cuenca Tambo, con énfasis en las áreas de influencia de las actividades de los administrados fiscalizables por el OEFA.

### 5.2. Objetivos específicos

14. Evaluar la calidad del agua superficial de la cuenca Tambo, mediante el análisis de parámetros físico-químicos.
15. Evaluar la calidad de los sedimentos asociados a los cuerpos de agua, evaluados en la cuenca Tambo, considerando parámetros físico-químicos.
16. Realizar la evaluación hidrobiológica en los cuerpos de agua de la cuenca Tambo, considerando las comunidades de perifiton, plancton y macroinvertebrados bentónicos.
17. Caracterizar las lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía, mediante análisis físico-químicos, biológicos (flora y fauna) e hidrogeológicos.

## 6.0. ALCANCE

18. El presente estudio refleja las condiciones ambientales actuales de la cuenca Tambo en áreas circunscritas a actividades mineras fiscalizables por el OEFA. Es por ello, que el estudio se centra en la evaluación de la calidad ambiental de agua superficial, sedimento e hidrobiología a lo largo de la cuenca; además de las evaluaciones de flora, fauna e hidrogeología en la zona de influencia del proyecto minero Tía María que incluye el Santuario Nacional Lagunas de Mejía.
19. La evaluación de la calidad ambiental de agua, sedimento e hidrobiología se realizó a través de un monitoreo realizado del 04 al 22 de mayo. A continuación, en la Tabla 6-1, se presenta el número total de muestras colectadas en el monitoreo realizado durante el mes de mayo del año 2016.

Tabla 6-1. Total de muestras colectadas en la cuenca Tambo en mayo de 2016

Salida de campo	Fecha de intervención	Muestra de agua	Muestra de sedimento	Muestras hidrobiológicas			
				Plancton	Perifiton	Macroinvertebrados bentónicos	Necton
Monitoreo en mayo 2016	2016-05-04	127	84	08 <sup>(1)</sup>	73	09 <sup>(2)</sup>	07
<b>Total</b>		<b>127</b>	<b>84</b>	<b>08</b>	<b>73</b>	<b>09</b>	<b>07</b>

**Leyenda:**  
<sup>(1)</sup> Las muestras de plancton solo se realizaron en lagunas (Tinquicocha, Tucari y las lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía). El componente implica el análisis de fitoplancton y zooplancton.  
<sup>(2)</sup> Las muestras de macroinvertebrados bentónicos se realizaron por triplicado de acuerdo a la metodología; seis muestras se tomaron en la zona submareal y tres de ellas en la zona litoral.

Fuente: Elaboración propia.

20. De igual forma, la presente evaluación ambiental contempló la ejecución de evaluaciones específicas en el área natural protegida Santuario Nacional Lagunas de Mejía. A continuación, en la Tabla 6-2, se presenta el número total de transectos evaluados y perfiles considerados durante el desarrollo de actividades relacionados con estos estudios.

Tabla 6-2. Total de evaluaciones realizadas en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía

Salida de campo	Fecha de intervención	Prospección Geofísica (Líneas de Tomografía geoelectrica)	Flora (Transectos evaluados)	Fauna (Sitios evaluados)
Marzo 2016	2016-03-07	04	--	--
Mayo 2016	2016-05-16	05	14	16
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>14</b>	<b>16</b>

(-): No se evaluaron transectos.

Fuente: Elaboración propia.

## 7.0. ÁREA DE ESTUDIO

21. La cuenca Tambo (Código N° 1038<sup>4</sup>) está ubicada en la parte sur del Perú, comprendida entre los paralelos 16° 00' y 17° 15' de latitud sur, entre los meridianos 70° 30' y 72° 00' de longitud oeste. Localizada entre los departamentos Moquegua, Arequipa y Puno, comprende a las provincias de Mariscal Nieto y Sánchez Cerro en Moquegua; Arequipa e Islay en el departamento de Arequipa; Puno y San Román en el departamento de Puno. Altitudinalmente se extiende desde el nivel del mar hasta la línea divisoria de aguas entre la cuenca Tambo y las cuencas de los ríos llave, Illpa y Cabanillas a una altitud aproximada de 4 800 msnm. La cuenca tiene un área total de drenaje hasta su desembocadura de 12 953,37 km<sup>2</sup>, contando con una longitud de cauce principal desde sus nacientes de 199,04 km y una pendiente media de cauce de 1,36%.

22. La cuenca Tambo, corresponde a la vertiente del Pacífico, tiene su origen en afluentes derivados de la región Puno denominados: los ríos Fundición, Tincopalca y Quemillone que dan origen al río Paltiture, posteriormente este se une con el río Ichuña y da origen al río Tambo (río principal el cual otorga la denominación a la cuenca), el cual recibe aguas de los ríos: Chojata, Omate y Puquina; llegando finalmente a la parte baja donde sus aguas desembocan al mar, en la provincia de Islay en el departamento de Arequipa, tal como se aprecia en la Figura 7-1. Hidrográficamente la cuenca Tambo limita por el norte con la cuenca del río Quilca -Vitor - Chili; por el sur con la cuenca del río Ilo - Moquegua; por el este con la cuenca del río llave y oeste con la cuenca del río Quilca-Vitor-Chili y el Océano Pacífico.

<sup>4</sup> Codificación establecida en la Resolución Ministerial N° 033-2008-AG, Aprueban Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfafstetter, Memoria Descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú.

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

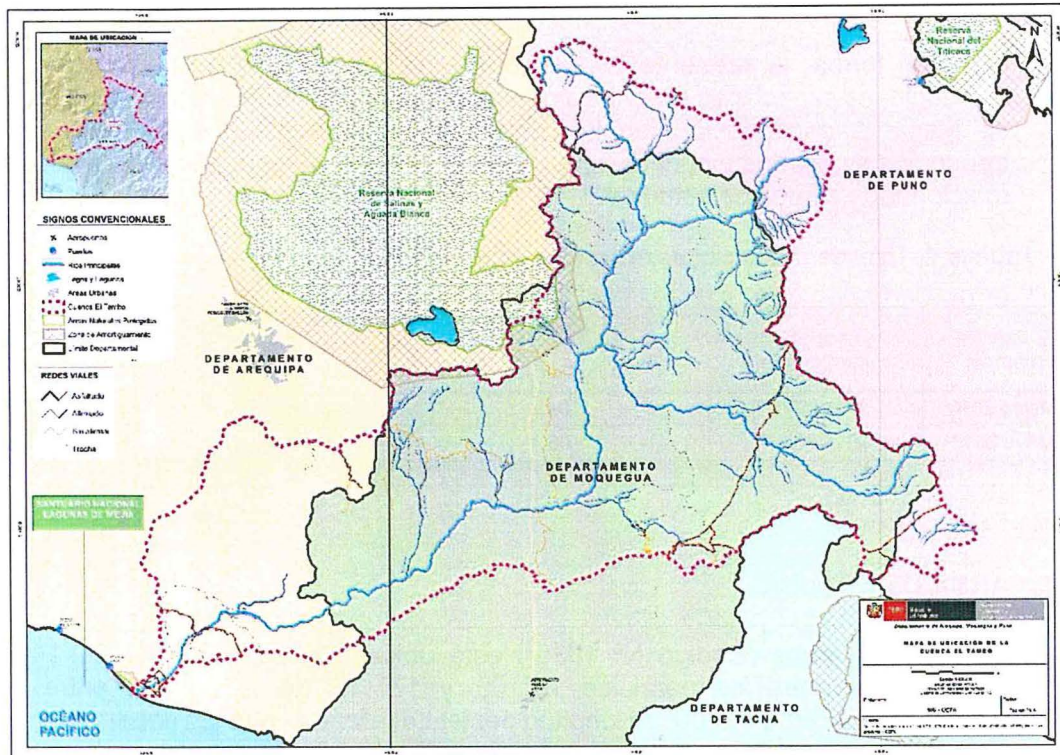


Figura 7-1. Mapa de ubicación de la cuenca Tambo

23. La cuenca se subdivide en 10 subcuencas o unidades hidrográficas; las más importantes son: Alto Tambo, Ichuña, Medio Alto Tambo, Coralaque, Huayrondo, Laguna Loriscota, Linga, Medio Bajo Tambo y Bajo Tambo. Siendo sus cursos principales a esta cuenca los ríos Coralaque, Ichuña, Tambo, Carumas y Paltutire, las cuales se detallan en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1. Unidades Hidrográficas en la cuenca Tambo

Unidad hidrográfica	Área		Curso de agua principal
	Km <sup>2</sup>	%	
Laguna Loriscota	234,48	1,81	-
Bajo Tambo	320,02	2,47	Tramo río Tambo
Linga	842,93	6,51	Quebrada Linga
Medio Bajo Tambo	111,94	0,86	Tramo río Tambo
Huayrondo	1 193,33	9,21	Quebrada Huayrondo
Medio Tambo	4 249,97	32,81	Tramo río Tambo
Coralaque	2 509,62	19,37	Río Coralaque
Medio Alto Tambo	938,39	7,24	Tramo río Tambo
Ichuña	1 263,94	9,76	Río Ichuña
Alto Tambo	1 288,75	9,95	Tramo río Tambo
<b>Total</b>	<b>12 953,37</b>	<b>100,00</b>	-

(-): No aplica.

Fuente: Informe Técnico N° 005-2015-ANA-AAA I C-O/ALA T-AT MOQ/ECRH/VNCA-LVUC.



Handwritten vertical text: X, A, 4, 2

**7.1. Delimitación del área de estudio**

24. La delimitación del área de estudio se realizó en base a 5 zonas específicas, con el fin de agrupar los puntos de monitoreo dentro de las unidades hidrográficas y áreas de influencia de las principales actividades fiscalizables por el OEFA. Asimismo, se ha considerado que la red de cuerpos de agua se encuentra circunscrita al área de influencia ambiental (directa e indirecta) de los proyectos y/o unidades mineras.<sup>5</sup>
25. A continuación, en la Tabla 7-2, se presentan las zonas de estudio y las unidades hidrográficas, unidades y/o proyectos (etapa) y administrados asignadas para cada una éstas.

**Tabla 7-2. Zonas de estudio por administrado fiscalizable por el OEFA**

Zona de estudio	Unidad Hidrográfica	Unidad minera o proyecto	Administrado	Etapas
Zona I	Ichuña	Chucapaca (San Gabriel)	Cia. De Minas Buenaventura S.A.A.	Transición <sup>(1)</sup>
		Tassa	Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú	Exploración cerrada
Zona II	Coralaque	Tucari - Florencia	Aruntani S.A.C.	Cierre Progresivo
Zona III	Medio Tambo	Colquemayo	Cia. De Minas Buenaventura S.A.A.	Exploración cerrada
		Amata	Fresnillo S.A.C	Exploración cerrada
Zona IV	Bajo Tambo	Tía María	Southern Peru Copper Corporation	Transición <sup>(2)</sup>
Zona V	Río Tambo <sup>(3)</sup>			

**Actualidad:**

(1) El proyecto San Gabriel (ex Chucapaca) llevó a cabo la audiencia pública el 18 de junio de 2016 con el fin de exponer el EIA de explotación de la mina San Gabriel.

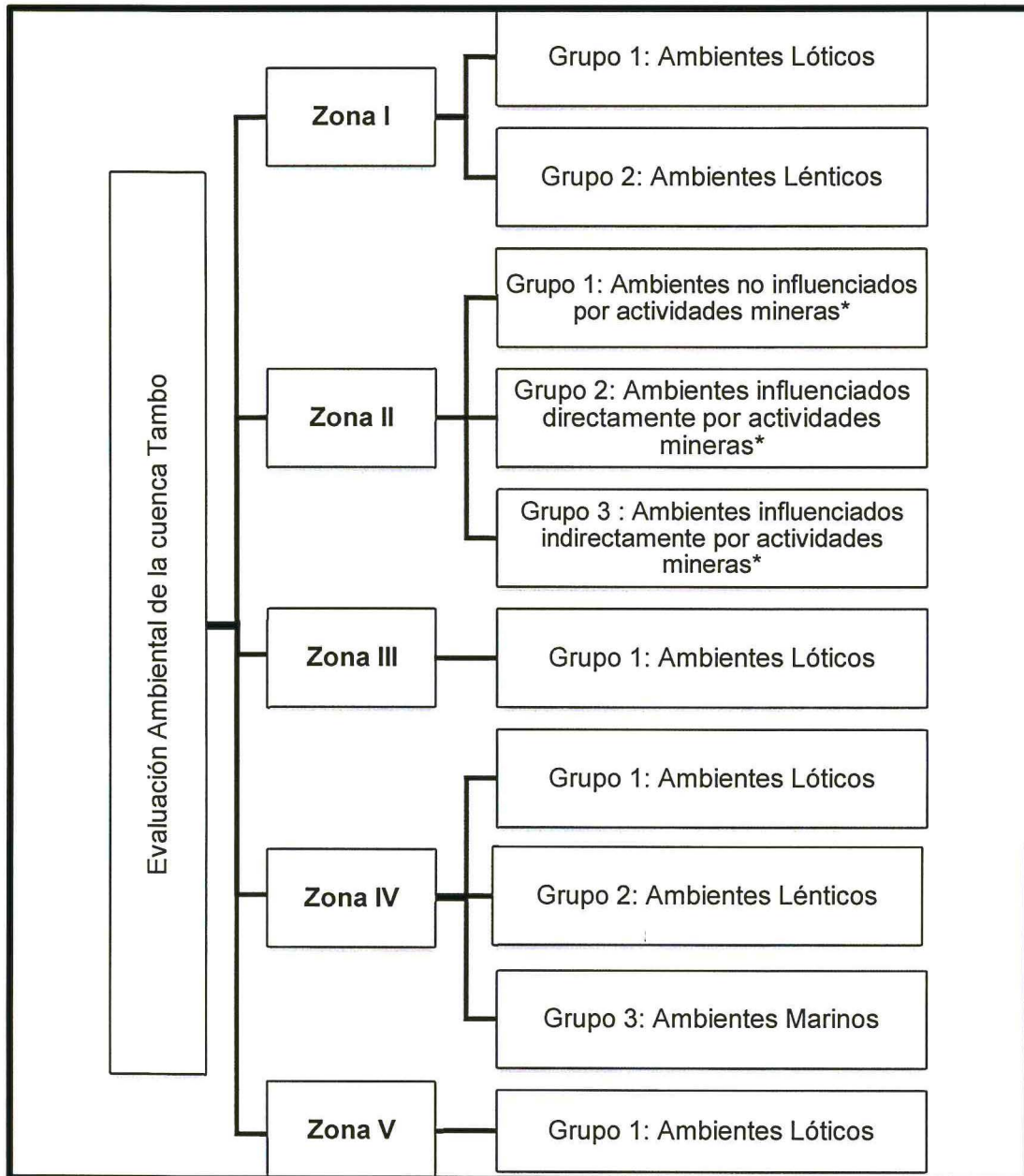
(2) Southern Peru Copper Corporation actualmente cuenta con la certificación ambiental aprobada para la explotación del proyecto minero; sin embargo, aún no cuenta con la licencia social de las poblaciones que se encuentran dentro del área de influencia.

(3) Puntos de monitoreo ubicados en los tributarios principales de cada zona, así como en el río Tambo, cuyas aguas provienen desde la naciente (confluencia del río Ichuña y Paltiture) hasta su desembocadura en el mar.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>5</sup> En el Informe 0070-2016-OEFA/DE-SLDB-CEAI se detallan los administrados considerados para el planteamiento de la red de puntos de muestreo de la Evaluación Ambiental de la cuenca Tambo, sin embargo, se tomó como criterios principales lo observado durante la visita de reconocimiento (Informe 0058-2016-OEFA/DE-SLDB-CEAI), así como la etapa en la cual se encontraba el proyecto o unidad minera; por lo cual solo se priorizaron 5 administrados principales; cuyos cuerpos de agua fueron materia de estudio en el presente informe.

26. A continuación, la Figura 7-2, presenta de forma simplificada la distribución de los grupos correspondiente a cada una de las cinco zonas de estudio.



\* Los ambientes influenciados, se refiere a puntos ubicados en el área de influencia de las actividades mineras.

**Figura 7-2.** Distribución de zonas y grupos para la evaluación ambiental de la cuenca Tambo.

## 8.0. MARCO CONTEXTUAL

27. Para mejor comprensión, se precisó identificar las principales actividades extractivas y/o productivas desarrolladas en la cuenca Tambo y; realizar una revisión y recopilación de la información ambiental disponible, la cual es presentada a continuación:

**8.1. Información ambiental**

28. Se revisó la información oficial disponible acerca de la cuenca Tambo. Esta información está referida a los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA), denuncias ambientales registrada a través del SINADA, reportes públicos de la Dirección de Supervisión del OEFA, estudios realizados por instituciones públicas y conflictos socioambientales.

**8.1.1. Instrumentos de gestión ambiental (IGA)**

29. Los instrumentos de gestión ambiental recopilados y revisados para efectos del desarrollo de la presente evaluación, son presentados en la Tabla 8-1.

**Tabla 8-1. Instrumentos de gestión ambiental del sector Minería**

Administrado	Unidad Minera	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
ARUNTANI S.A.C.	CLEO	Declaración de Impacto Ambiental	CA N° 005-2014-MEM-DGAAM	10/02/2014	MEM
	MILLO	Declaración de Impacto Ambiental Proyecto de Exploración "Millo"	CA N° 049-2011-MEM-AAM	12/05/2011	MEM
	MELISSA	Declaración Jurada del Proyecto de Exploración Minera "Melissa"	RD N° 097-2007-MEM-AAM	23/03/2007	MEM
	PACHA	Declaración Jurada del Proyecto de Exploración "Pacha"	CV N° 019-2008-MEM-AAM	12/02/2008	MEM
	VALERIA	Declaración de Impacto Ambiental Proyecto "Valeria"	CA N° 033-2009-MEM-AAM	18/09/2009	MEM
	MARIELA	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (Categoría II) del proyecto de exploración "Acumulación Mariela"	RD N° 027-2012-MEM-AAM	03/02/2012	MEM
	SANTA ROSA	Segunda Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Santa Rosa	RD N° 148-2012-MEM-AAM	08/05/2012	MEM
		Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Santa Rosa	RD N° 357-2010-MEM-AAM	02/11/2010	MEM
		Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Santa Rosa	RD N° 125-2009-MEM-AAM	21/05/2009	MEM
		Estudio de Impacto Ambiental del "Proyecto Santa Rosa"	RD N° 242-2001-EM-DGAA	31/07/2001	MEM
	TUCARI	Tercera Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Florencia - Tucari	RD N° 382-2015-MEM-DGAAM	01/10/2015	MEM
		Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación de Operaciones por Ampliación de Pad 3 y Botadero de Desmonte del Proyecto Tucari	RD N° 501-2014-MEM-DGAAM	02/10/2014	MEM
		Actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Florencia-Tucari	RD N° 008-2014-MEM-DGAAM	08/01/2014	MEM
		Segunda Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Florencia - Tucari	RD N° 414-2012-MEM-AAM	14/12/2012	MEM
		Modificación del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Florencia - Tucari	RD N° 136-2012-MEM-AAM	02/05/2012	MEM
Estudio de Impacto Ambiental		RD N° 076-2012-MEM-AAM	12/03/2012	MEM	
Estudio de Impacto Ambiental Excepcional de la "Línea de Transmisión Eléctrica en 60 kV Puno - Tucari		RD N° 223-2011-MEM/AAM	22/07/2011	MEM	
Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto "Ampliación de Operaciones Proyecto Tucari"		RD N° 391-2010-MEM-AAM	25/11/2010	MEM	



Handwritten marks: a large 'X', 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"

Administrado	Unidad Minera	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó	
		Plan de Cierre de minas de la unidad minera Florencia	RD N° 188-2009-MEM-AAM	02/07/2009	MEM	
		Modificación del Estudio de Impacto Ambiental "Ampliación de Actividades PAD 03 e instalaciones sin incremento de producción UEA Florencia	RD N° 233-2008-MEM-AAM	17/09/2008	MEM	
		Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Tucari"	RD N° 403-2007-MEM-AAM	13/12/2007	MEM	
		Evaluación Ambiental - Categoría C del Proyecto de Exploración Minera "Tucari"	RD N° 444-2005-MEM-AAM	14/10/2005	MEM	
		Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la Planta de Beneficio y Campamento del Proyecto Tucari	RD N° 320-2004-EM-AAM	23/06/2004	MEM	
		Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración Minera Tucari	RD N° 337-2003-EM/DGAA	15/08/2003	MEM	
		Estudio de Impacto Ambiental del "Proyecto Tucari"	RD N° 171-2003-EM/DGAA	04/04/2003	MEM	
		ANGLO AMERICAN PERÚ S.A.	PINCO PINCO	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Pinco Pinco"	CA N° 024-2013-MEM-AAM	12/04/2013
QUINSACOLLO	Declaración de Impacto Ambiental		CA N° 050-2013-MEM-AAM	05/11/2013	MEM	
COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	CHUCAPACA	Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca"	RD N° 345-2015-MEM-DGAAM	04/09/2015	MEM	
		Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Chucapaca"	RD N° 287-2013-MEM-AAM	06/08/2013	MEM	
		Segunda Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Chucapaca"	CA N° 003-2009-MEM-AAM	14/01/2009	MEM	
		Declaración de Impacto Ambiental	RD N° 249-2009-MEM-AAM	14/08/2009	MEM	
	COLQUEMAYO	Modificación Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Chucapaca"	CA N° 007-2008-MEM-AAM	07/07/2008	MEM	
		Declaración Jurada del proyecto de exploración "Chucapaca"	CV N° 062-2008-MEM-AAM	10/04/2008	MEM	
		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Colquemayo"	RD N° 351-2011-MEM-AAM	05/12/2011	MEM	
		Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Colquemayo"	CA N° 013-2010-MEM-AAM	16/03/2010	MEM	
		Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Chaje"	CA N° 032-2010-MEM-AAM	12/06/2010	MEM	
			Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Amata"	RD N° 252-2014-MEM-DGAAM	27/05/2014	MEM
			Primera Modificatoria de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Amata"	CA N° 040-2012-MEM-AAM	11/04/2012	MEM
			Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Amata"	CA N° 052-2011-MEM-AAM	20/06/2012	MEM
			Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "AHDK"	CA N° 058-2013-MEM-AAM	12/12/2013	MEM
FUDA MINING S.A.	AHDK	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "AHDK"	CA N° 058-2013-MEM-AAM	12/12/2013	MEM	
COMPAÑÍA MINERA PAMPA DE COBRE S.A.	CHAPI	Plan de Cierre de Minas de la unidad minera "Chapi"	RD N° 190-2013-MEM-AAM	12/06/2013	MEM	
		Segunda modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Pampa de Cobre-Chapi"	RD N° 165-2013-MEM-AAM	29/05/2013	MEM	
		Plan de Cierre de la unidad minera Mina Chapi	RD N° 170-2009-MEM-AAM	18/06/2009	MEM	
		Declaración Jurada del proyecto de exploración "Chapi"	CV N° 025-2008-MEM-AAM	22/02/2008	MEM	
		Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Pampa de Cobre - Chapi"	RD N° 031-2008-MEM-AAM	13/02/2008	MEM	



✓  
 A  
 4  
 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"

Administrado	Unidad Minera	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó	
		Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Pampa de Cobre-Chapi"	R.D. N° 399-2005-MEM-AAM	09/09/2005	MEM	
		Evaluación Ambiental del proyecto de Exploración "Chapi"	RD N° 352-2005-MEM-AAM	16/08/2005	MEM	
		Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración Chapi	RD N° 105-2004-MEM-AAM	24/03/2004	MEM	
		JUSTICIA	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Justicia"	CA N° 011-2013-MEM-AAM	13/02/2013	MEM
		CAMBAR	Declaración de Impacto Ambiental	CA N° 051-2012-MEM-AAM	10/05/2012	MEM
		PAMPA NEGRA	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Pampa Negra"	RD N° 231-2013-MEM-AAM	03/07/2013	MEM
		SAN JOSE	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "San José"	CA N° 004-2013-MEM-AAM	11/01/2013	MEM
			Evaluación Ambiental del proyecto de exploración minera "San José"	RD N° 206-2008-MEM-AAM	22/08/2008	MEM
			Declaración Jurada del proyecto de exploración "San José"	CV N° 030-2008-MEM-AAM	11/02/2008	MEM
			Declaración Jurada del proyecto de exploración "San José"	CV N° 040-2007-MEM-AAM	09/07/2007	MEM
BEAR CREEK MINING COMPANY SUCURSAL DEL PERÚ	TASSA	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración "Tassa"	RD N° 281-2011-MEM-AAM	07/09/2011	MEM	
		Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Tassa"	RD N° 333-2010-MEM-AAM	14/10/2010	MEM	
		Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración "Tassa"	RD N° 243-2010-MEM-AAM	16/07/2010	MEM	
Southern Peru Copper Corporation, Sucursal del Perú	TÍA MARÍA	Estudio de Impacto Ambiental	RD N° 392-2014-MEM-DGAAM	01/08/2014	MEM	
		Modificación de la Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración "Tía María"	RD N° 169 - 2008 - MEM - AAM	14/07/2008	MEM	
		Evaluación Ambiental - Categoría C- del Proyecto de Exploración Minera "Tía María"	RD N° 069-2006-MEM-AAM	01/03/2006	MEM	
TOTAL GENIUS MINING S.A.C.	MARIELA	Informe técnico sustentatorio para la reducción de la cantidad de concesiones y reubicar los componentes del EIA Semidetallado del proyecto Mariela	RD N° 436-2014-MEM-DGAAM	21/08/2014	MEM	
		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración "Mariela"	RD N° 323-2013-MEM/AAM	02/09/2013	MEM	
		Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración "Mariela"	CA N° 047-2012-MEM-AAM	24/04/2012	MEM	
MINERA HAMPTON PERU S.A.C.	LOS CALATOS	Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de Exploración "Los Calatos"	RD N° 184-2015-MEM-DGAAM	28/04/2015	MEM	
		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado	RD N° 436-2014-MEM-DGAAM	21/08/2014	MEM	
		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado	RD N° 341-2011-MEM-AAM	14/11/2011	MEM	
		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de Exploración "Los Calatos"	RD N° 269-2009-MEM-AAM	04/09/2009	MEM	
COMPAÑÍA DE EXPLORACIONES ORIÓN S.A.C.	QUELLOHUAYCO	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Quellohuayco"	CA N° 043-2013-MEM-AAM	09/09/2013	MEM	
MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.	ROSA ROJA	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Rosa Roja"	CA N° 012-2015-MEM-DGAAM	12/05/2015	MEM	
MINERA COBRIZA METALS	ARIKEPAY	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Arikepay"	CA N° 058 - 2011 - MEM - AAM	13/07/2011	MEM	



X  
 A  
 2

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

Administrado	Unidad Minera	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
MINERA ZAHENA S.A.C.	ARIKEPAY	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Arikepay"	CA N° 015-2015-MEM-DGAAM	17/06/2015	MEM
IAMGOLD PERU S.A.C.	OYO OYO	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Oyo Oyo"	CA N° 016-2011-MEM-AAM	25/02/2011	MEM
MDH SAC	CACACHARA	Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros "Cacachara"	RD N° 346-2009-MEM-AAM	29/10/2009	MEM
MINERA GOLD FIELDS PERU S.A.	PACOSANI	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Pacosani"	CA N° 036-2011-MEM-AAM	12/05/2011	MEM
MINERA ORO VEGA S.A.C.	TAMBO	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Tambo"	CA N° 004-2010-MEM-AAM	01/02/2010	MEM
SUMITOMO METAL MINING PERU S.A.	INCASOL MATALAQUE	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Incasol-Matalaque"	CA N° 020-2010-MEM-AAM	13/04/2010	MEM
TECK PERU S.A.	COLON	Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de Exploración "Colon"	CA N° 043-2011-MEM-AAM	27/05/2011	MEM
RIO TINTO MINING AND EXPLORATION S.A.C.	TIA MARIA	Evaluación Ambiental del proyecto de Exploración "Tia María"	RD N° 034-2000-EM-DGAA	24/02/2000	MEM
	AMATA	Declaración de Impacto Ambiental	Año 2002, expediente N° 1382975		
		Declaración de Impacto Ambiental	Año 2003, expediente N° 1420303		
FRESNILLO PERÚ S.A.C.	AMATA	Declaración de Impacto Ambiental	Año 2011, expediente N° 2099573		
		Primera modificación de la Declaración de Impacto Ambiental del del proyecto de Exploración "Amata"	Año 2012, expediente N° 2179710		
		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de Exploración "Amata"	Año 2012, expediente N° 2341619		
MINERA CERRO NORTE S.A.	LOS CALATOS	Declaración Jurada del proyecto de exploración "Loa Calatos"	CV N° 072-2008-MEM-AAM	23/04/2008	MEM
CANTERAS DEL HALLAZGO S.A.C.	CHUCAPACA	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de Exploración Minera "Chucapaca"	RD N° 209-2010-MEM-AAM	17/06/2010	MEM

MEM: Ministerio de Energía y Minas.  
 Fuente: Elaboración propia.



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

- De acuerdo a la tabla anterior, se puede apreciar que en la cuenca Tambo, se han desarrollado actividades de exploración y explotación minera desde el año 2000 a la actualidad (de acuerdo a los instrumentos de gestión ambiental recopilados). Un total de 83 instrumentos de gestión ambiental pertenecientes a 23 administrados han desarrollado actividades a lo largo de estos años, representando con ello, el potencial minero de la cuenca. Por lo cual se consideraría a la misma como la actividad de principal relevancia en la cuenca, tomando como criterio adicional a los impactos ambientales que produce esta actividad.
- La revisión y recopilación de información del capítulo de Línea Base de cada instrumento de gestión ambiental de cada administrado se desarrolló tomando como principal criterio la categoría de la certificación ambiental obtenida para el desarrollo de sus actividades; ya que se tomaron aquellos proyectos que hayan obtenido su certificación ambiental mediante Estudios de Impacto Ambiental (EIA)<sup>6</sup> de tipo semidetallado y detallado, cuyos impactos son clasificados como

<sup>6</sup> La Ley N° 27446, "Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental", de acuerdo al artículo 4º indica que la categorización de proyectos de acuerdo al riesgo ambiental, en el cual las Categorías II y III incluyen a los Estudios de Impacto Ambiental Semidetallado (cuya ejecución puede originar impactos ambientales moderados y cuyos efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medidas fácilmente aplicables y los Estudio de Impacto Ambiental Detallados pueden producir impactos ambientales

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

moderados y significativos. El tipo de impacto fue la base para el modelamiento de la evaluación ambiental de la cuenca Tambo, adicional a ello, estos estudios contienen los resultados de muestreos anuales, trimestrales y/o semestrales de áreas aún no impactadas por actividades de exploración y/o explotación minera, lo que permitió plantear la red de monitoreo de calidad de agua, sedimento e hidrobiología.

32. A continuación, se realiza un breve resumen de los resultados más resaltantes en los cuerpos receptores, los mismos que han sido seleccionados tomando como base la comparación con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) vigentes de los componentes ambientales estudiados.

Tabla 8-2. Resultados de calidad ambiental – Aruntani S.A.C.

COMPONENTE AMBIENTAL	CUERPO NATURAL Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>PROYECTO MARIELA</b>		
Agua superficial	Quebrada Quihuire	pH, aluminio, cobalto, hierro, manganeso, zinc
	Quebrada Paccha	pH, aluminio, cobalto
	Quebrada Hualcani	pH, aluminio, cobalto, hierro, manganeso
	Quebradas Millojahuiria	pH, aluminio, cobalto, hierro, manganeso
	Quebrada Cacachara	pH, aluminio, cadmio, cobalto, hierro, zinc
	Quebrada Cotañi	pH, aluminio, manganeso, cadmio
	Quebrada Achoojo	pH, aluminio, cadmio, cobalto, cobre, manganeso, zinc
	Quebrada Jachacucho	pH, manganeso
	Quebrada Curahuara	pH
	Quebrada Aruntaya	pH, aluminio, cobalto, hierro
	Quebradas Hilacota	pH, aluminio, cobalto, hierro, manganeso, níquel
	Quebrada Palleutani	pH, aluminio, manganeso, cadmio
	Río Margaritani	pH, aluminio, cadmio, cobalto, hierro, manganeso, cianuro WAD, demanda química de oxígeno, aluminio, arsénico, cobre, selenio, mercurio
	Río Cacachara.	pH, aluminio, cadmio, cobalto, cobre, manganeso, zinc, Oxígeno Disuelto, Hierro
	Río Queullirijahuiri	pH, oxígeno disuelto, coliformes totales, aluminio, hierro, manganeso
	Río Aruntaya	pH, oxígeno disuelto, aluminio
	Quebrada Mauruma	pH, cadmio, hierro, manganeso
	Quebrada Jacosive	pH, oxígeno disuelto, aluminio, cadmio, hierro
	Quebrada Apostoloni	aluminio, hierro
Ríos Vizcachas	pH	
Río Patara	pH	
<b>UNIDAD MINERA TUCARI</b>		
Agua superficial	Quebrada Apostoloni	pH, conductividad eléctrica, sulfatos, arsénico, cadmio, cobre, níquel, plomo, zinc, aluminio, cobalto, hierro, manganeso, selenio, boro
	Quebrada Margaritani	pH, conductividad eléctrica, sulfatos, arsénico, cadmio, cobre, níquel, plomo, zinc, aluminio, cobalto, hierro, manganeso, selenio, boro
	Río Margaritani	pH, sulfato, arsénico, cadmio, cobre, plomo, aluminio, cobalto, hierro, manganeso
Agua subterránea	Poza intermedia, poza rica	pH, conductividad eléctrica, manganeso
	Al pie del PAD 1 lado derecho, centro	pH, conductividad eléctrica, cadmio, aluminio, bario, selenio, arsénico, hierro
	Al pie del PAD 2 lado centro, izquierdo y derecho	pH, conductividad eléctrica, arsénico, hierro
Aire	PAD Planta,	PM 10
	Cerca de la quebrada Apostoloni 1	PM 10
Suelo	Distrito de Carumas	arsénico, plomo

Fuente: Elaboración propia.

negativos significativos, cuantitativa o cualitativamente, requiriendo un análisis profundo para revisar sus impactos y proponer la estrategia de manejo ambiental correspondiente.



Handwritten signature or initials.



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

**Tabla 8-3. Resultados de calidad ambiental – Southern Peru Copper Corporation**

COMPONENTE ANALIZADO	CUERPO Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>PROYECTO MINERO TÍA MARÍA</b>		
Agua superficial	Laguna Iberia	Oxígeno disuelto
	Quebrada Rosa María	Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno, coliformes totales, coliformes fecales, <i>E. coli</i> , mercurio, magnesio, nitratos, sulfatos, cloruros
	Santuario Nacional Lagunas de Mejía	Conductividad eléctrica
	Río Tambo	Conductividad eeléctrica, demanda química de oxígeno, Coliformes Totales, ccoliformes fecales, <i>E. coli</i> , aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso, fósforo
	Canal de riego La Ensenada	Coliformes totales, coliformes fecales, <i>E. coli</i> , aluminio, arsénico, hierro, fósforo
	Canal de riego Cocachacra	Coliformes fecales, <i>E. coli</i> , aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso, fósforo
Agua de mar	Playa El Sombrero	Plomo
Sedimento Marino	Frente a Playa el Sombrero	Arsénico, cadmio, cobre, mercurio, zinc
Aire	Proyecto Tía María	PM 2,5, dióxido de azufre
	Cocachacra	PM 2,5, dióxido de azufre
	La Ensenada	PM 2,5, dióxido de azufre
	Playa El Sombrero	PM 2,5, dióxido de azufre
Suelo	Área de influencia del proyecto Tía María	Arsénico, plomo, cadmio

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8-4. Resultados de calidad ambiental – Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú**

COMPONENTE ANALIZADO	CUERPO Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>PROYECTO TASSA</b>		
Agua superficial	Quebrada Tassa	Cloruros, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno, pH, aluminio, hierro, cobre, boro, bario
	Laguna Clarisipesca	Demanda química de oxígeno, aluminio, boro
	Quebrada Jayac Yacu	pH, aluminio, zinc, boro
	Manantil Chuño Chuño	pH, boro
	Bocatoma canal de riego	Aluminio, plomo, mercurio, hierro, boro, aluminio
	Quebrada Pachaca	Aluminio, boro, aluminio
	Quebrada Puntayoc	Aluminio, boro
	Quebrada Tincana Pujio	Aluminio, mercurio, hierro, cobre
	Quebrada Rancho	Aluminio, hierro, boro
	Puquial Jatun Peruani	Boro, bario
Quebrada Jayac Pujio	Mercurio, hierro	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8-5. Resultados de calidad ambiental – Minera Pampa de Cobre S.A.**

COMPONENTE ANALIZADO	CUERPO Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>UNIDAD MINERA CHAPI</b>		
Agua superficial	Agua superficial	pH
<b>PROYECTO PAMPA NEGRA</b>		
Agua superficial	Río Tambo	Cloruros, arsénico, boro, manganeso
	Quebrada Seche	Manganeso

Fuente: Elaboración propia.



X  
A  
4  
2



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

Tabla 8-6. Resultados de calidad ambiental – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

COMPONENTE ANALIZADO	CUERPO Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>PROYECTO CHUCAPACA</b>		
Agua superficial	Quebrada Agani	Sulfatos, cloruros, coliformes fecales, coliformes totales, <i>Escherichia coli</i> , manganeso
	Quebrada Jamochini	Sulfatos, coliformes fecales, <i>Escherichia coli</i> , aluminio, hierro, Manganeso
	Quebrada Ceniguillayoc	Cloruros, coliformes totales
	Quebrada Quilcata,	Cloruros, coliformes totales, <i>Escherichia coli</i>
	Quebrada Ansamani	Cloruros, coliformes totales, <i>Escherichia coli</i>
	Quebrada Juctaiccca	Cloruros, hierro, manganeso
	Quebrada Itapallone	Cloruros, coliformes fecales, coliformes totales, <i>Escherichia coli</i> , aluminio, manganeso
	Quebrada Corire	Cloruros, <i>Escherichia coli</i> , aluminio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc
	Quebrada Atiñayoc	Cloruros, hierro, manganeso
	Quebrada Millahuaico	Cloruros, hierro, manganeso, plomo
	Quebrada sin nombre	Aluminio, hierro, manganeso, zinc
	Quebrada Umalso	Manganeso
	Quebrada Señoritayoc	Manganeso
Quebrada Sura	Aluminio, manganeso	
Quebrada Misalcca	Manganeso, plomo	
<b>PROYECTO COLQUEMAYO</b>		
Agua superficial	Quebrada Cairani	Oxígeno disuelto, aluminio, manganeso,
	Quebrada Pichu	Oxígeno disuelto
	Quebrada Colquemayo	Oxígeno disuelto, aluminio, boro, hierro, manganeso,
	Quebrada Yanapuquio	Oxígeno disuelto, aluminio, manganeso
	Río Vagabundo	Cloruros, arsénico, boro, litio
	Río Tambo	Cloruros, arsénico, boro,
	Río Aguada Buena	Arsénico, boro, manganeso, mercurio
	Río Vagabundo	Manganeso
Quebrada Tacune	Aluminio, hierro, manganeso	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-7. Resultados de calidad ambiental – Minera Hampton Perú S.A.C.

COMPONENTE ANALIZADO	CUERPO Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>PROYECTO AMATA</b>		
Agua superficial	Manantial Inia	Oxígeno disuelto, boro
	Quebrada Seca	Manganeso

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-8. Resultados de calidad ambiental – Fresnillo Perú S.A.C.

COMPONENTE ANALIZADO	CUERPO Y/O LUGAR	PARÁMETROS QUE NO CUMPLIERON CON EL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL VIGENTE
<b>PROYECTO LOS CALATOS</b>		
Agua superficial	Quebrada Huertas	pH, aluminio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, zinc
	sin nombre.	pH, aluminio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, zinc

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.2. Denuncias ambientales por Sinada

33. El Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales – SINADA del OEFA, en su portal institucional para los años 2012 al 2015 atendió un total de 42 denuncias ambientales, de las cuales se registrarán cinco (05) dentro del límite territorial de la cuenca Tambo. La Tabla 8-9, detalla las denuncias ambientales relacionadas al sector minería de la cuenca Tambo.

**Tabla 8-9. Denuncias ambientales atendidas por el SINADA – Sector Minería**

Razón Social del Denunciado	Código SINADA	Fecha	Resumen de Hechos
ARUNTANI S.A.C.	ODPU-0045-2015	16/06/2015	Denuncian sobre supuesta afectación de suelos, flora, fauna y aguas superficiales de la zona estarían siendo afectadas por filtraciones provenientes de la Unidad Santa Rosa de la minera Aruntani S.A.C., que se encuentra en proceso de cierre.
ARUNTANI SAC	ODMO-0048-2014	01/12/2014	Denuncia sobre mortandad de 20 mil truchas, debido a que, las lluvias han transportado sustancias tóxicas provenientes de las operaciones de la mina Aruntani S.A.C.
HATUM MINAS SAC	ODMO-0027-2014	23/07/2014	Denuncia por presunto incumplimiento de cierre y/o remediación de las vías de acceso aperturados a la empresa Minera Hatum Minas S.A.C., ocasionando daños en los animales, reducción de áreas de pastoreo, tránsito de las personas y acumulación de desmontes en terrenos de cultivo y acequias de regadío.
ARUNTANI S.A.C.	SC-0257-2013	10/10/2013	Denuncia por presunto nuevo derrame de cianuro.
CANTERAS DEL HALLAZGO S.A.C.	SC-0345-2012	08/08/2012	Denuncia por presunta afectación contaminación de recursos hídricos y vulnerabilidad al no ejecutarse los trabajos de defensa ribereña luego de los trabajos de movimientos de tierras.

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.3. Reportes públicos de la Dirección de Supervisión del OEFA

34. De acuerdo a la información recopilada, el área de supervisión del OEFA realizó 03 reportes públicos, en los cuales se realizó muestreos de calidad de aire, agua (superficial y subterránea), suelo y ruido ambiental dentro de las unidades Tucari y Santa Rosa, pertenecientes a la empresa Aruntani S.A.C. Todas fueron ejecutadas durante el año 2013, en atención a las supervisiones regulares y especiales programadas. En la Tabla 8-10, se encuentra el resumen de la información de los reportes públicos.

**Tabla 8-10. Reportes públicos emitidos el año 2013 para el sector minería**

ADMINISTRADO	UNIDAD	REPORTE PÚBLICO	FECHA DE SUPERVISIÓN	DESCRIPCIÓN
Aruntari S.A.C.	Tucari	N°232-2013-OEFA/DS-MIN	20 al 22 de abril de 2013	Informe de Supervisión Regular realizada en la unidad minera Tucari / Florencia de Aruntani S.A.C.
Aruntari S.A.C.	Tucari	N°242-2013-OEFA/DS-MIN	06 al 07 de setiembre de 2013	Informe de Supervisión especial de la unidad minera Tucari de ARUNTANI S.A.C. realizada del 06 al 07 de setiembre de 2013.

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.4. Estudios realizados por instituciones públicas

35. Los estudios realizados por instituciones públicas se listan en la Tabla 8-11, los mismos que han proporcionado información ambiental sobre el comportamiento en diferentes épocas de la cuenca Tambo, asimismo se presenta información sobre identificación de fuentes termales y vulcanismo de la zona.

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

Tabla 8-11. Estudios de instituciones públicas en la cuenca Tambo

Institución	Informe	Fecha	Descripción
Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Reporte N° 001-2013-ANA /OSNIRH	13 de setiembre de 2013	Información técnica sobre recursos hídricos de las cuencas Tambo y Quilca-Vitor-Chili, preparada como parte de las acciones de la Autoridad Nacional del Agua para la prevención, contención y mitigación de las alteraciones a los recursos hídricos a consecuencia de la erupción del volcán Ubinas.
	Reporte Situacional N° RS 011-2014	21 de abril del 2014	Se indica que en la cuenca Tambo – Alto Tambo, el valor de pH se encuentra dentro lo normal. Se observa turbidez en las aguas por las cenizas.
	Informe Técnico N° 005-2015-ANA-AAAIC-O/ALA T-ATOQ/ECRH/VNCA-LVUC	Febrero 2015	Tercer Monitoreo participativo de calidad de agua superficial de la cuenca Tambo.
	Informe consolidado	Mayo 2014	Informe Consolidado de reportes de monitoreos de la calidad del agua superficial en el ámbito de influencia del volcán Ubinas.
INGEMMET	Estudio Hidrogeológico de la cuenca Tambo	Periodo 2011 y 2012	Reporte preliminar de zonas críticas por peligros geológicos.
Centro Peruano de Estudios Sociales - CEPES	Diagnóstico de la calidad del agua de la vertiente del Pacífico	Diciembre 1994	Se recopila información sobre el diagnóstico de calidad de agua de la cuenca del río Tambo.

Fuente: Elaboración propia.

**8.1.5. Conflictos Socioambientales identificados**

- 36. Dentro de los principales conflictos socio ambientales identificados y actualizados a setiembre 2016, se presentan los siguientes asociados a los administrados Southern Peru Copper Corporation por el proyecto minero Tía María y Aruntani S.A.C. por la unidad minera Tucari; ambos identificados por la Defensoría del Pueblo.
- 37. De acuerdo al Anexo 1 del Informe N° 46 Willaqniki, emitido por la Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad de la Presidencia de Consejo de Ministros, en el mes de setiembre; uno de los conflictos mineros existentes es el del proyecto minero Tía María; cuyas acciones recientes se detallan en la Tabla 8-12.

Tabla 8-12. Matriz de casos de tratamiento de conflictos – cuenca Tambo

Nombre del caso	Ubicación	Descripción	Actores	Acciones
Proyecto Minero Tía María – Pobladores del Valle del Tambo	Distritos Punta de Bombón, Dean Valdivia y Cocachacra Provincia de Islay	Los agricultores del Valle de Tambo han solicitado reiteradamente la intervención del Gobierno Nacional a fin de solucionar el problema de disponibilidad hídrica en época de estiaje. Asimismo, el Frente de Defensoría del Valle de Tambo ejerce oposición a la ejecución del proyecto minero Quellaveco en la región de Moquegua y Tía María en la región de Arequipa, por considerar que la presencia de estos proyectos agravaría los problemas de disponibilidad hídrica de la zona.	Gobierno Regional de Arequipa, Municipalidades Provinciales de Arequipa, Municipalidades Distritales de Islay, Junta de Usuarios del Valle de Tambo, Frente de Defensa del Valle de Tambo y SPCC.	El 05.08.16 se reunieron los alcaldes del Valle de Tambo y acordaron solicitar la visita del Sr. Presidente de la República al Valle de Tambo para tratar el tema hídrico y la cancelación del proyecto Tía María. Posteriormente el 16.08.16 se reunieron los alcaldes y presidentes de tres juntas de usuarios y acordaron solicitar la creación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Tambo para atender el tema hídrico (Paltuture) y oponerse al proyecto Tía María.

SPCC: Southern Peru Copper Corporation.

Fuente: Anexo 1 del Informe Willaqniki N° 46, setiembre 2016 – Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad.

38. Asimismo, de acuerdo al Reporte Mensual de Conflictos Sociales N° 151 de setiembre 2016, emitido por la Defensoría del Pueblo, en el ítem detalle de conflictos sociales activos, se presenta para el departamento de Arequipa, el estado actual del conflicto por el proyecto minero Tía María.

Tabla 8-13. Conflicto activo en el departamento de Arequipa

Tipo: Socioambiental Descripción	Acciones NO HAY DIÁLOGO
<p><b>Caso:</b> Agricultores, pobladores y autoridades locales de la provincia de Islay se oponen al proyecto minero Tía María de la empresa minera Southern Perú Copper Corporation (SPCC). Esto debido al temor de que se generen impactos negativos al ambiente, y, en consecuencia, se afecte la actividad agrícola en la provincia. Cabe precisar que este caso fue reportado en agosto de 2009 hasta abril de 2011 en que se llega a una solución con la emisión de la Resolución Directoral N.º 105-2011-MEM-AAM del Ministerio de Energía y Minas que declara inadmisibles el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero Tía María presentado por la empresa minera SPCC.</p> <p><b>Ubicación:</b> Distritos de Deán Valdivia, Cocachacra y Punta de Bombón, provincia de Islay, región Arequipa.</p> <p><b>Actores primarios:</b> Autoridades (alcaldes de Islay, Cocachacra, Punta Bombón y Dean Valdivia), agricultores y pobladores de los distritos de Cocachacra, Dean Valdivia y Punta Bombón de la provincia de Islay, Frente de Defensa del Valle de Tambo, Junta de Usuarios Irrigación Ensenada Mejía-Mollendo, Junta de Usuarios del Valle del Tambo, empresa minera Southern Perú Copper Corporation (SPCC)</p> <p><b>Actores secundarios:</b> Pobladores de otros distritos de la provincia de Islay, Federación Departamental de Trabajadores de Arequipa (FDTA), Frentes de Defensa Macro Regional, Partido Político Tierra y Libertad, Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)/Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio del Interior (MININTER) - Policía Nacional de la Policía (PNP), Fuerzas Armadas (FF.AA.), Contraloría General de la República, Poder Judicial, Ministerio Público. Actores terciarios: Gobierno Regional de Arequipa.</p>	<p>El 2 de septiembre, la ANA, a través de la Autoridad Administrativa del Agua Caplina Ocoña, anunció que brindará asesoría técnica a las juntas de usuarios de la provincia de Islay a fin de colaborar en la aprobación del plan de disponibilidad hídrica para el valle de Tambo durante el 2016 y 2017.</p> <p>El 14 de septiembre, el abogado de las personas investigadas por la presunta comisión de disturbios y otros —esto a partir de las movilizaciones que se realizaron en el marco del conflicto Tía María— informó que el Ministerio Público archivó cuarenta denuncias. Indicó también que ochenta aún están en investigación.</p> <p>El 24 de septiembre, la ANA declaró, a través de la R. J. N.º 249-2016-ANA, el estado de emergencia de recursos hídricos por peligro inminente de déficit hídrico en el Valle del Tambo. Esto por noventa días calendario. Durante este lapso se ejecutarán las siguientes medidas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Instalar un comité de coordinación de emergencia que será presidido por la Autoridad Administrativa del Agua Caplina-Ocoña.</li> <li>2) Elaborar planes de contingencia;</li> <li>3) Establecer restricciones en el ejercicio de las asignaciones de agua;</li> <li>4) Ejecutar controles de distribución de caudales;</li> <li>5) Implementar pozos</li> <li>6) Realiza un programa de monitoreo continuo de la cantidad y calidad de los recursos hídricos en las fuentes naturales y embalses de regulación; y</li> <li>7) Realizar programas de sensibilización.</li> </ol> <p>Por su parte, la Presidencia del Consejo de Ministros publicó, el 29 de septiembre, el D.S. N.º 074-2016-PCM que declara, por sesenta días calendario, el Estado de Emergencia por peligro inminente ante el déficit hídrico en los distritos de Cocachacra, Deán Valdivia, Punta de Bombón, Mejía y Mollendo, de la provincia de Islay en el departamento de Arequipa. En dicho periodo se ejecutarán actividades destinadas a reducir el riesgo existente.</p> <p>Debido a la situación de déficit hídrico, la población de la provincia de Islay acató un paro de 48 horas. Las personas y autoridades de la provincia exigen que se continúe con los trámites para la construcción de la represa Paltuture. Debido a la medida de fuerza, las clases se suspendieron. El servicio de transporte público también se suspendió, y algunos establecimientos públicos y privados no atendieron. Cabe indicar que en el segundo día de movilización se registró un bloqueo en la carretera Costanera - Matarani.</p>
<p><b>Actores terciarios:</b> Gobierno Regional de Arequipa (GORE Arequipa), Defensoría del Pueblo.</p>	

SPCC: Southern Peru Copper Corporation.

Fuente: Reporte Mensual de Conflictos Sociales N° 151, setiembre 2016 – Defensoría del Pueblo.

39. En el Reporte Mensual de Conflictos Sociales N° 151 de setiembre 2016, en el ítem detalle de conflictos sociales latentes, se presenta para el departamento de Moquegua, el estado actual del conflicto por la empresa minera Aruntani S.A.C.; el mismo que en el mes de setiembre cambió de considerarse un conflicto activo a uno latente.

**Tabla 8-14.** Conflictos latentes en el departamento de Moquegua

Nº	Tipo: Socioambiental	Descripción
	Lugares	
1	Distrito de San Cristóbal, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua.	La comunidad campesina Aruntaya exige a la empresa minera Aruntani S.A.C. cumplir con un plan de responsabilidad social a favor de la comunidad antes de su retiro de la zona.

Fuente: Reporte Mensual de Conflictos Sociales N° 151, setiembre 2016 – Defensoría del Pueblo.

## 8.2. Base conceptual

40. Para comprender algunos procesos que forman parte de la evaluación ambiental, se hizo necesario desarrollar algunos fundamentos teóricos y técnicos, los cuales son descritos a continuación:

### 8.2.1. Drenaje ácido de Mina

41. El drenaje ácido de la mina (AMD) es el flujo del agua ácida de las operaciones mineras, el cual se produce a partir de la oxidación de minerales ricos en sulfuro, más comúnmente denominado pirita ( $FeS_2$ ), al entrar en contacto con el agua y el oxígeno. El flujo de salida resultante crea condiciones ácidas que pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Además, los metales presentes en la roca, rica en sulfuro, pueden disolverse parcialmente en aguas con pH bajo, aumentando las concentraciones de metales tóxicos y, por lo tanto, generando impacto perjudicial sobre la vida acuática y los ecosistemas (Jennings *et al.*, 2008).



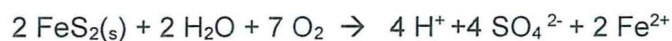
42. Las reacciones químicas y biológicas asociadas con el AMD son procesos naturales que normalmente ocurren lentamente en el mineral no perturbado, lo que representa una pequeña amenaza ecológica (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1994). Sin embargo, en las actividades mineras estos procesos se aceleran mucho por las grandes perturbaciones de la tierra, aumentando el contacto de los minerales ricos en sulfuro al agua y al oxígeno. Las reacciones responsables de AMD crean un proceso cíclico que perpetúa la creación continua de AMD (Programa de Desarrollo Sustentable para la Industria Minera, 2007). Como resultado, el drenaje ácido de la mina puede persistir a lo largo de la vida de una mina activa y mucho después de que haya sido abandonada. Por lo tanto, cualquier actividad que pudiera resultar en la alteración de materiales ricos en sulfuro debería ser precedida por una evaluación completa del potencial de la AMD.



8  
A  
4  
2

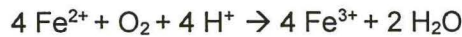
#### a. Formación de AMD

43. El drenaje ácido de la mina se puede formar de una serie de minerales del sulfuro. Las reacciones ácidas de drenaje de mina para la pirita ( $FeS_2$ ) son quizás las más conocidas y estudiadas, ya que la pirita es el mineral de sulfuro más abundante y se encuentra comúnmente en depósitos de metal y carbón en todo el mundo (Lottermoser, 2010). La pirita se oxida inicialmente por agua y oxígeno para formar iones sulfato e hidrógeno (US Environmental Protection Agency (USEPA), 1994):

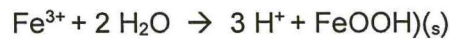




El ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) se puede oxidar posteriormente para formar hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ):



La solubilidad del hierro férrico es dependiente del pH y, por lo tanto, es la propagación de la AMD. En condiciones de pH mayor de 3, hierro férrico puede precipitar fuera de la solución como un óxido de hierro en forma de un color amarillo, naranja, rojo o depósito en las corrientes (Lottermoser, 2010; Agencia de Protección Ambiental EE.UU. (EE.UU. EPA), 1994):



44. Sin embargo, esta reacción contribuye además a la acidez de la solución, disminuyendo el pH y permitiendo que se disuelva más hierro férrico, aumentando así la oxidación de la pirita. A medida que aumenta la acidez, otros metales que se encuentran naturalmente en el mineral, como el zinc, el plomo, el níquel y el cobre se disolverán fácilmente, creando más peligros ambientales.
45. Las interacciones complejas entre factores geoquímicos, biológicos e hidrológicos afectan el potencial de AMD y las tasas de formación. Los depósitos de desmonte y los relaves tienen un gran potencial para el AMD debido a su pequeño tamaño de partícula y su gran superficie. Sin embargo, tanto agua como oxígeno son necesarios para la formación de AMD, lo que significa que la hidrología local y el clima pueden jugar un factor clave en las tasas de generación.
46. Diferentes minerales de sulfuro tienen un potencial diferente para el AMD, debido a diferentes velocidades de reacción y productos de oxidación. Minerales como la pirita, marcasita ( $\text{FeS}_2$ ) y pirrotita  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$  son muy reactivos y la oxidación resulta en aguas altamente ácidas (Lottermoser, 2010). Otros minerales como la galena ( $\text{PbS}$ ), la millerita ( $\text{NiS}$ ) y la covellita ( $\text{CuS}$ ) son menos reactivos debido a la falta de hierro liberado durante la oxidación, estructuras cristalinas estables y la encapsulación de minerales sulfurados por minerales menos solubles. Otros minerales como el cinabrio ( $\text{HgS}$ ) son menos reactivos y generalmente no generan aguas ácidas (Lottermoser, 2010; Plumlee *et al.*, 1999).

#### b. Impactos del drenaje ácido de mina

47. El drenaje ácido de las minas afecta principalmente la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. A medida que el escurrimiento de AMD entra en los arroyos y lagos, disminuye el pH, dando lugar a cambios importantes en la química del agua y afectando a los organismos acuáticos. Los niveles de pH pueden alcanzar tan bajos valores como 2,0-4,5 en las aguas receptoras; sin embargo, se sabe que muchas especies de peces tienen un impacto severo a partir de un pH de 4,5 a 5,5. Además, los metales disueltos como el zinc y el cobre son altamente tóxicos para muchos organismos acuáticos y se sabe que el drenaje ácido de mina hace que los cuerpos receptores de agua se vuelvan desprovistos de vida. Los metales pesados y la disminución del pH también pueden afectar a las comunidades aguas abajo contaminando embalses y arroyos, haciendo que los recursos hídricos no sean aptos para riego, consumo humano o uso recreativo sin tratamiento adicional.

48. El aumento de los niveles de sulfato en el AMD, aunque no suele asociarse con importantes efectos en la salud humana o ecológicos, puede afectar el sabor del agua potable y puede causar corrosión en la infraestructura del agua (Bowell, 2004). El drenaje ácido de mina también puede conducir a la contaminación de metales pesados y sulfatos de los recursos de aguas subterráneas debido a la infiltración. A medida que, el drenaje ácido de la mina entra en un cuerpo de agua, el pH puede aumentar debido a la dilución y la alcalinidad en las aguas receptoras. Si el pH sube por encima de 3, el hidróxido de hierro precipitará de la solución. Estos precipitados de hierro, conocidos como "yellow boy", la cual hacen referencia al color que toman las aguas, llegando a mancharlas de color amarillo-naranja, afectar el lecho de la corriente y el hábitat béntico.

### 8.2.2. Proceso de lixiviación en pilas y cianuro

49. En el proceso de lixiviación en pilas, se extrae oro de los minerales oxidados, a veces se tritura, y luego se apila sobre superficies acolchonadas forradas de plástico. La superficie bajo la pila de lixiviación del material debe tener una base impermeable, diseñada para prevenir la rotura del revestimiento plástico, así como la contaminación del suelo y agua superficial. Los canales y pozas que rodean las pilas deben diseñarse para contener eventos de lluvia excesivos. Durante el funcionamiento, una solución diluida de cianuro sódico se pulveriza sobre la pila y se deja percolar a través del mineral. Con el tiempo, la solución de cianuro gotea a través de la pila y disuelve el oro y la plata a lo largo de su trayectoria. La solución es capturada por la superficie de plástico o de goma subyacente a la pila. El lixiviado rico en mineral se canaliza en un estanque de espera para su posterior procesamiento y extracción de oro. Una vez que el oro y la plata son extraídos, la solución estéril de cianuro se recicla, se recarga con cianuro adicional, se devuelve a la pila, y se rocía sobre la pila de nuevo. El consumo de cianuro en una mina se reduce sustancialmente si se reutiliza el agua de proceso (Bahrami et al., 2007).

50. Las operaciones de lixiviación en pilas de cianuro dan como resultado pilas de mineral agotado después de que hayan cesado las operaciones. Los desechos de la mina de lixiviación en pilas pueden contener cianuro disuelto en las fases porosas y sólidas (Sidenko et al., 2009). La oxidación de sulfuros y la generación de AMD no se encuentran comúnmente en los residuos de pilas de lixiviación debido a que los minerales de oro que contienen cantidades mayores de sulfuros no suelen ser susceptibles a la lixiviación con cianuro. Si los minerales sulfídicos son lixiviados, el proceso se lleva a cabo con una solución de alto pH (pH 10,3), lo que introduce un factor de neutralización significativo. El mineral lixiviado puede contener minerales de carbonatos y, por lo tanto, las pilas pueden ser fuertemente alcalinas una vez que la lixiviación de la pila ha cesado. Una alcalinidad fuerte no permite la siembra directa de vegetación en los residuos. Los sustratos alcalinos se caracterizan por la disponibilidad reducida de nutrientes debido a que muchos elementos son poco solubles a pH alto y pueden presentarse deficiencias de elementos traza tales como cobre, manganeso, hierro y zinc. Muchas plantas no podrán tolerar los valores de pH alcalinos superiores a 8,5. Además, el alto contenido de sodio de tales residuos debido a la aplicación de cianuro sódico tendrá impactos adversos sobre la estructura del suelo ya que el sodio promoverá la dispersión de partículas de arcilla (es decir, sodicidad). Estos residuos de cianuración fuertemente alcalinos no sólo requieren atenuación del cianuro, sino también la reducción del pH a niveles apropiados, utilizando azufre nativo como una enmienda del suelo. Alternativamente, los residuos pueden necesitar ser tapados con materiales benignos.

51. La lixiviación en pilas puede afectar la calidad del agua mediante fallas en el mantenimiento del proceso cerrado a través de fugas y derrames, así como otras descargas y vertimientos imprevistos (durante la colecta y extracción de la solución rica en metales), esto debido a que las soluciones de lixiviación, además de metales pesados, contienen cianuro, un compuesto que es altamente tóxico para los seres humanos, mamíferos, aves y peces (Jain et al., 2016). El cianuro empleado en la solución de lixiviación se obtiene a partir de la disolución de sales como el cianuro de sodio (NaCN), cianuro de potasio (KCN), y el cianuro de calcio (Ca(CN)<sub>2</sub>), o por la dilución de soluciones más concentradas. Al aplicar la solución de cianuro al mineral rico en oro se forma el complejo Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup>, un ion estable, a partir del cual el oro puede ser recuperado fácilmente. El cianuro forma complejos con muchos metales además del oro, metales que se encuentran por lo general presentes en la mayoría de yacimientos auríferos, llegándose a formar una amplia variedad de compuestos de cianuro y especies relacionadas durante el proceso de lixiviación en operaciones mineras. De manera simple, tres formas de cianuro (cianuro libre, cianuro wad, y cianuro sad), son comunes en las soluciones de lixiviación y residuos, como se muestra en la Tabla 8-15.

**Tabla 8-15.** Compuestos de cianuro presentes en las soluciones de lixiviación y residuos en la minería de oro

Compuestos de cianuro	Ejemplos
Cianuro libre	CN <sup>-</sup> , HCN
Complejos con metales de unión débil a moderada ( <i>weak-acid-dissociable</i> ) (WAD)	Zinc Zn(CN) <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cobre Cu(CN) <sub>2</sub> <sup>2-</sup> , Cu(CN) <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , incluyendo cianuro libre.
Complejos con metales de unión fuerte ( <i>strong-acid-dissociable</i> ) (SAD)	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup> , Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-</sup>

Fuente: Donato, Nichols, Possingham, Moore, Ricci & Noller, 2007.

52. El cianuro libre es el compuesto más tóxico para el hábitat acuático y los organismos presentes en él (Gensemer, DeForesr, Stenhouse, Higgins, & Cardwell, 2006). Los complejos que forma el cianuro con los metales se pueden clasificar en dos categorías: de unión débil y unión fuerte, según la tendencia que tienen a descomponerse bajo condiciones de acidez y cuando son expuestos a hipoclorito. En general, los complejos de unión fuerte se consideran de menor importancia ambiental que los de unión débil (cianuro wad), porque no se disocian fácilmente. En resumen, los efectos del cianuro en la calidad de agua superficial se presentan en la Tabla 8-16.

**Tabla 8-16.** Impactos del cianuro en la calidad del agua superficial

Compuesto	Fuente	Efectos en el ambiente y salud
Cianuro	Cianuro de sodio usado en la lixiviación de metales como el oro y plata. Pueden contaminar directamente el agua o formar el gas venenoso cianuro de hidrogeno a un pH inferior a 8 o 9.	Altamente tóxico para las aves, peces y los invertebrados acuáticos. Menos tóxico para las plantas acuáticas. Puede contaminar el agua para bebida. Puede causar daño nervioso, convulsiones, coma y muerte en humanos.

Fuente: Jain, Cui & Domen, 2016.

### 8.2.3. Metales pesados

53. Se denominan metales pesados a aquellos elementos que poseen una densidad atómica mayor a 6 g/cm<sup>3</sup> o que convencionalmente tienen propiedades metálicas, un número atómico mayor a 20, y además que causan graves problemas ambientales debido a su alta toxicidad. De hecho, esta última particularidad es la



J  
A  
4  
2

más relevante que poseen, así cualquier metal tóxico puede ser llamado metal pesado, independientemente de su masa atómica o densidad (Simate et al., 2014).

54. Una de las mayores preocupaciones de la minería y el procesamiento de minerales es la contaminación por metales pesados de los suelos en el lugar de las operaciones y alrededores. Los metales pesados se encuentran naturalmente en la mayoría de los suelos en bajas concentraciones. Sin embargo, la excavación de minerales ricos en metales y residuos de roca a la superficie proporciona una vía de contaminación. La contaminación por metales pesados no se limita a la minería de metales; El metal que contiene el mineral y la roca de desecho a menudo se excavan como un subproducto en otras operaciones de minería. La contaminación de metales pesados de la minería puede ocurrir debido a la deposición atmosférica de los gases de escape de la combustión o la erosión del viento, la trituración, la molienda y la eliminación inadecuada de desechos de metales, incluidos los relaves y las aguas residuales. La ceniza de carbón y la escoria de carbón también pueden ser fuentes de contaminación por metales pesados.
55. Históricamente, la minería no siempre ha sido estrictamente regulada y tiene un legado de contaminación generalizada de metales pesados en suelos en todo el mundo (Wuana y Okieimen, 2011). Las aguas residuales de tales operaciones han sido históricamente aplicadas a la tierra, causando la acumulación de metales pesados en los suelos durante largos períodos de tiempo. La extensa extracción y fundición de metales pesados, como el plomo y el zinc, y la eliminación inadecuada de residuos y desechos han dejado suelos contaminados que representan un riesgo para la salud humana y ambiental.

## 9.0. METODOLOGÍA

56. En esta sección se describe la metodología aplicada durante la evaluación ambiental de la cuenca Tambo. Dichos métodos fueron desarrollados para los componentes agua, sedimento e hidrobiología, así como para flora y fauna; además de una evaluación hidrogeológica.

### 9.1. Calidad de agua

57. La metodología aplicada, se enmarcó en el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales"<sup>7</sup>, el cual establece los criterios técnicos y lineamientos generales que implican el desarrollo del monitoreo de la calidad de agua, tales como el establecimiento de los puntos de monitoreo, preparación de materiales, uso de equipos de protección, procedimiento para la toma de muestras, preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros.

#### 9.1.1. Ubicación de los puntos de monitoreo

58. Los puntos de monitoreo fueron establecidos en los ríos circunscritos en las zonas de influencia de las unidades y/o proyectos mineros, así como en el río Tambo y en algunos afluentes de los ríos principales y quebradas (Tabla 9-1), con la finalidad de tener una evaluación integral de la cuenca.

<sup>7</sup> Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales". Aprobado el 11 de enero de 2016.



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 9-1. Red de monitoreo de calidad de agua

Zona	Unidad o proyecto	Unidad Hidrográfica	Ambientes lóticos	Ambientes lénticos	Ambiente marino	Total de puntos de monitoreo
Zona I	Chucapaca (San Gabriel)	Ichuña	- Río: Ichuña, Crucero, Tambo, Paltiture. - Quebrada: Agani, Ceniguillayoc, Quilcata, Jamochini, Ansamani, Juctaiccaca, sin nombre (S/N), Corire e Itapallone.	Laguna Tinquicocha	--	23
	Tassa		- Río: Tambo, Tassa - Quebrada: Pachaca	--	--	5
Zona II	Tucari - Florencia	Coralaque	- Río: Aruntaya, Titire, Margaritani, Queullirijahuiri, Coralaque y Tambo. - Quebrada: Apostoloni, Margaritani, Queullirijahuiri, Queñuani, Hualcani.	Laguna Tucari	--	31
Zona III	Colquemayo	Medio Tambo	- Río: Agua Buena, - Quebrada: Colquemayo	--	--	3
	Amata		- Río: Amarillo, Agua Buena, Vagabundo, Omate y Tambo.	--	--	6
Zona IV	Tía María	Bajo Tambo	- Río: Tambo - Quebrada: Rosa María	Lagunas Iberia, Mejía, Boquerón.	Mar: Mejía, Punta Bombón y playa El Sombrero	59*
<b>Total de puntos de monitoreo</b>						<b>127</b>

(-): No aplica.

(\*) : Puntos de monitoreo en ambiente marino realizado a tres niveles superficie, medio y fondo.

Fuente: Elaboración propia.

59. De esta manera se establecieron 127 puntos de monitoreo para evaluar la calidad ambiental del agua superficial y marina en el área de estudio. Se precisa que, los puntos considerados en la zona V, reúnen a los puntos de cada zona que tributan al río Tambo. La descripción de la ubicación de los puntos de monitoreo se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 9-2. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona I

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Código
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Ambientes lóticos</b>					
1	Naciente de la quebrada Juctaiccaca	335 685	8 205 888	4 647	AG-36
2	Quebrada sin nombre (S/N), 50 m antes de la confluencia con la quebrada Juctaiccaca	336 246	8 206 691	4 601	AG-37
3	Quebrada Corire aguas abajo del campamento Corire	336 376	8 209 853	4 390	AG-40
4	Quebrada Corire, aguas abajo de la zona de exploración (botadero Katrina).	333 841	8 207 784	4 616	AG-43
5	Quebrada Corire, aguas abajo de la zona de exploración Chucapaca.	335 043	8 208 553	4 508	AG-44
6	Quebrada Corire	335 282	8 208 790	4 486	AG-45
7	Río Crucero antes de la confluencia con la quebrada Itapallone.	341 135	8 214 785	3 839	AG-46
8	Quebrada Itapallone, antes de la confluencia con el río Ichuña	340 820	8 214 550	3 847	AG-47
9	Río Ichuña a 200 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Itapallone	340 606	8 215 138	3 828	AG-48



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"

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Código
		Este	Norte		
10	Quebrada Agani, aguas arriba de las plataformas de exploración Pachacutec.	330 434	8 205 047	4 726	AG-49
11	Quebrada Agani, aguas abajo del campamento Agani	329 964	8 206 705	4 626	AG-50
12	Quebrada Ceniguillayoc, afluente margen izquierda de la quebrada Agani	329 507	8 207 102	4 616	AG-51
13	Quebrada Quilcata, afluente margen izquierda de la quebrada Agani	329 392	8 207 932	4 539	AG-52
14	Quebrada Agani, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Quilcata	329 469	8 208 076	4 511	AG-53
15	Quebrada Jamochini, afluente margen derecha de la quebrada Agani.	330 451	8 208 254	4 628	AG-55
16	Quebrada Ansamani, aguas abajo del área de Quilcata y de la confluencia con la quebrada Jamochini.	329 268	8 210 063	4 366	AG-56
17	Quebrada Ansamani, antes de la confluencia con el río Ichuña	326 053	8 213 850	3 696	AG-58
18	Aguas arriba del río Ichuña antes de la confluencia con la quebrada Ansamani	326 160	8 214 376	3 796	AG-59
19	Aguas abajo de la confluencia de la quebrada Ansamani con el río Ichuña.	325 553	8 213 926	3 663	AG-60
20	Río Ichuña, 200 metros antes de la confluencia con el río Paltiture.	322 140	8 211 534	3 559	AG-61
21	Río Paltiture 200 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña.	322 100	8 211 584	3 594	AG-62
22	Río Tambo 200 metros aguas abajo de la confluencia entre el río Ichuña con el Paltiture.	321 997	8 211 494	3 550	AG-63
23	Parte baja Quebrada Pachaca (a 100 metros antes de unión con el río Tassa).	318 610	8 210 534	3 746	AG-66
24	Parte baja del río Tassa.	318 423	8 210 584	3 761	AG-68
25	Río Tassa 200 metros antes de la confluencia con el río Tambo.	319 919	8 209 453	3 534	AG-69
26	Río Tambo aguas arriba antes de la confluencia con el río Tassa.	320 013	8 209 462	3 521	AG-70
27	Río Tambo aguas abajo de la confluencia con el río Tassa.	320 005	8 209 224	3 516	AG-71
<b>Grupo 2: Ambiente léntico</b>					
28	Laguna Tinquicocha, naciente del río Jayumayo	333 597	8 203 808	4 760	AG-35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-3. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona II

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Agua
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Puntos no influenciados por actividades mineras</b>					
1	Quebrada Hualcani ubicado en la parte superior de los bofedales (zona de recarga).	376 507	8 156 218	4 621	AG-01
2	Parte alta de la Quebrada Queñani, rama izquierda.	375 593	8 157 509	4 730	AG-02
3	Parte alta de la Quebrada Queñani, rama derecha.	375 238	8 157 244	4 711	AG-03
4	Ubicado en la parte superior de los bofedales de Queñani (zona de recarga), a 120 metros aguas abajo de la confluencia de los ramales derecho e izquierdo.	375 538	8 156 167	4 612	AG-04
5	Ramal izquierdo de la quebrada Queullirijahuiri, donde se encuentra el límite superior del bofedal pequeño de la quebrada Queullirijahuiri.	372 452	8 169 969	4 840	AG-12
6	Naciente de la Quebrada Queullirijahuiri, rama derecha.	373 035	8 169 682	4 919	AG-13
7	Ubicado en el límite superior del bofedal grande de la quebrada Queullirijahuiri, Alrededor del bofedal grande.	370 979	8 170 120	4 760	AG-14



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"

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Agua
		Este	Norte		
8	Río Queullirijahuiri 200 metros antes de la confluencia con el río Margaritani.	367 820	8 168 287	4 630	AG-17
9	Ubicado en la parte alta del río Aruntaya (cerca de la naciente).	368 822	8 162 888	4 605	AG-05
10	Ubicado en el río Aruntaya, a 30 metros aguas arriba del puente con alcantarillas.	361 603	8 164 443	4 431	AG-06
11	Ubicado en el río Titire, a 120 metros aguas arriba de la confluencia con el río Aruntaya.	355 041	8 171 939	4 341	AG-09
12	Laguna Tucari, a 20 metros de la margen izquierda de la carretera de acceso que va a la garita 1.	368 523	8 169 445	4 724	AG-16
<b>Grupo 2: Puntos influenciados directamente por actividades mineras</b>					
13	Punto ubicado a 100 metros aguas arriba del punto de vertimiento PS-01 en la quebrada Margaritani.	373 373	8 168 480	4 949	AG-20
14	Punto ubicado a 110 metros aguas abajo del punto de vertimiento PS-01 en la quebrada Margaritani.	373 164	8 168 558	4 942	AG-21
15	Aguas abajo del tajo Tucari en la quebrada Margaritani.	371 316	8 167 780	4 794	AG-22
16	Punto ubicado en el río Margaritani a 150 m aguas abajo de la zona de almacenamiento de residuos.	369 232	8 167 214	4 710	AG-24
17	Parte alta de la quebrada Apostoloni margen derecha.	373 566	8 166 917	4 986	AG-25
18	Parte alta de la quebrada Apostoloni margen izquierda.	373 876	8 165 728	5 044	AG-26
19	A 160 m aguas arriba del punto de vertimiento PM-02, y a 10 m aguas arriba de poza de sedimentación en la quebrada Apostoloni.	372 117	8 166 892	4 852	AG-27
20	A 70 metros aguas abajo del punto de vertimiento PM-02 y a 150 metros de la planta N°2 ubicado en la quebrada Apostoloni.	371 919	8 167 021	4 837	AG-28
21	Aguas arriba del punto de vertimiento PS-02, parte baja de la quebrada Apostoloni aguas abajo de la confluencia de las ramas derecha (aguas de no contacto) e izquierda.	371 560	8 167 183	4 809	AG-29
22	A 70 metros aguas abajo del punto de vertimiento PS-02 en la quebrada Apostoloni.	371 499	8 167 211	4 812	AG-30
23	Río Margaritani a 200 metros antes de la confluencia con el río Queullirijahuiri.	367 656	8 168 237	4 629	AG-18
<b>Grupo 3: Puntos influenciados indirectamente por actividades mineras</b>					
24	Río Queullirijahuiri 200 metros aguas abajo de la confluencia entre el río Margaritani y Queullirijahuiri.	367527	8168444	4622	AG-19
25	Parte baja del río Queullirijahuiri, antes de la confluencia con el río Aruntaya.	361420	8164920	4414	AG-07
26	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 metros aguas abajo de la confluencia con el río Queullirijahuiri.	361140	8165037	4410	AG-08
27	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 metros antes de la confluencia con el río Titire.	354927	8171654	4343	AG-10
28	Ubicado en el río Titire, a 100 metros después de la confluencia con el río Aruntaya.	354562	8171708	4356	AG-11
29	Ubicado en el río Coralaque, a 150 m aguas arriba del puente, km 68 de la carretera a Chojata	320471	8170879	3591	AG-31
30	Ubicado en el río Tambo, 500 metros antes del anexo Torata (al lado derecho de la trocha a Torata).	314352	8192598	3191	AG-32
31	Río Tambo, a 250 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ubinas.	306489	8181622	2591	AG-33

Fuente: Elaboración propia.

J  
A  
4  
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 9-4. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona III

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Agua
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Ambientes lóticos</b>					
1	Quebrada Colquemayo, 200 m antes de la confluencia con el río Agua Buena	282 610	8 164 111	2 941	AG-72
2	Río Agua Buena 50 m antes de la confluencia con la quebrada Colquemayo	282 723	8 164 065	2 921	AG-73
3	Río Agua Buena 200 m después de la confluencia con la quebrada Colquemayo	282 726	8 163 863	2 894	AG-74
4	Río Amarillo, a 50 m aguas arriba del puente Amarillo	281 150	8 159 702	2 387	AG-75
5	Río Amarillo a 80 m antes de la confluencia con el río Agua Buena	283 605	8 157 995	2 146	AG-76
6	Río Agua Buena 200 m antes de la confluencia con el río Amarillo	283 670	8 158 023	2 180	AG-77
7	Río Vagabundo 200 m aguas abajo de la confluencia del río Amarillo con el río Agua Buena	283 683	8 157 880	2 133	AG-78
8	Río Omate 100 m antes de la confluencia con el río Tambo	286 094	8 145 129	1 293	AG-79
9	Río Tambo, 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Omate	285 621	8 144 793	1 277	AG-80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-5. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona IV

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Agua
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>					
1	Río Tambo a 200 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.	222 563	8 119 331	263	AG-84
2	Río Tambo, 15 metros aguas abajo del medio de traslado "Huaró" en el anexo Pascana.	218 996	8 119 634	224	AG-85
3	En el río Tambo, a la altura del puente Santa Rosa.	213 529	8 115 240	144	AG-86
4	En el río Tambo, a la altura del puente Chucarapi.	208 803	8 111 024	84	AG-87
5	Ojo de agua s/n, ubicado en la quebrada Rosa María	201 861	8 117 044	768	AG-88
6	En el río Tambo, antes del puente Freyre.	207 719	8 106 667	26	AG-89
7	En el río Tambo, después del puente Freyre.	200 562	8 101 286	5	AG-90
8	En el río Tambo, desembocadura al mar.	198 164	8 099 448	0	AG-91
9	Quebrada Rosa María	202 144	8 117 056	805	AG-109
<b>Grupo 2: Ambientes lénticos</b>					
10	Al Sur de la laguna Mejía.	193 696	8 103 510	13	AG-92
11	Parte media de la Laguna Mejía.	193 732	8 103 500	14	AG-93
12	Al Norte de la Laguna Iberia Norte	193 989	8 103 258	20	AG-94
13	Al Norte de la Laguna Iberia Norte	194 014	8 103 227	20	AG-95
14	Al Norte de la Laguna Iberia Norte	194 048	8 103 300	20	AG-96
15	Al Norte de la Laguna Iberia Norte	193 998	8 103 202	20	AG-97
16	Parte media de la Laguna Iberia Norte	194 146	8 103 138	21	AG-98

J  
A  
4  
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"

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Agua
		Este	Norte		
17	Al Norte de la Laguna Iberia Centro	194 273	8 102 932	23	AG-99
18	Parte media de la Laguna Iberia Centro	194 282	8 102 857	22	AG-100
19	Al Norte de la Laguna Iberia Sur	194 806	8 102 348	21	AG-101
20	Al Norte de la Laguna Iberia Sur	194 990	8 102 189	23	AG-102
21	Parte media de la Laguna Iberia Sur	195 202	8 101 909	21	AG-103
22	Parte media de la Laguna Iberia Sur	195 133	8 101 866	21	AG-104
23	Parte media de la Laguna Iberia Sur	195 285	8 102 044	21	AG-105
24	Al sur de la laguna Iberia Sur.	195 627	8 101 482	23	AG-106
25	Al sur de la laguna Iberia Sur.	195 646	8 101 541	23	AG-107
26	Parte media de la Laguna Boquerón.	196 861	8 100 280	19	AG-108
<b>Grupo 3: Ambiente marino</b>					
27	Mar frente a Punta de Bombón	205 198	8 095 992	0	AM-01 <sup>(2)</sup>
28	Mar frente a la desembocadura del río Tambo	196 656	8 099 090	0	AM-02 <sup>(2)</sup>
29	Mar frente al sector de Motobomba	191 855	8 103 102	0	AM-04 <sup>(2)</sup>
30	Mar frente a la playa El Sombrero	189 155	8 107 503	0	AM-05 <sup>(1)</sup>
31	Mar frente a la playa El Sombrero	189 081	8 107 250	0	AM-06 <sup>(2)</sup>
32	Mar frente a la playa El Sombrero	188 799	8 107 071	0	AM-07 <sup>(2)</sup>
33	Mar frente a la playa El Sombrero	188 587	8 108 220	0	AM-08 <sup>(1)</sup>
34	Mar frente a la playa El Sombrero	188 318	8 108 128	0	AM-09 <sup>(2)</sup>
35	Mar frente a la playa El Sombrero	188 394	8 108 017	0	AM-10 <sup>(2)</sup>
36	Mar frente a la playa El Sombrero	188 067	8 108 658	0	AM-11 <sup>(1)</sup>
37	Mar frente a la playa El Sombrero	187 733	8 108 621	0	AM-12 <sup>(2)</sup>
38	Mar frente a la playa El Sombrero	187 200	8 109 044	0	AM-13 <sup>(2)</sup>
(-): No aplica. <sup>(1)</sup> Muestra de agua tomada a dos niveles (superficie y fondo). <sup>(2)</sup> Muestra de agua tomada a tres niveles (superficie, medio y fondo).					

Fuente: Elaboración propia.

60. Para el estudio de la Zona V se establecieron 18 puntos de monitoreo; que recogen información de resultados de puntos de monitoreo de las Zonas de la I a la IV y que se utilizó para el análisis de la influencia de los principales cuerpos de cada zona sobre el río Tambo.

**Tabla 9-6. Puntos de monitoreo de calidad de agua – Zona V**

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Agua
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>					
1	Río Ichuña, 200 metros antes de la confluencia con el río Paltiture.	322 140	8 211 534	3559	AG-61
2	Río Paltiture 200 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña.	322 100	8 211 584	3594	AG-62
3	Río Tambo 200 aguas abajo de la confluencia de la confluencia entre el río Ichuña con el Paltiture.	321 997	8 211 494	3550	AG-63
4	Río Tambo aguas arriba antes de la confluencia con el río Tassa.	320 013	8 209 462	3521	AG-70
5	Río Tassa 200 metros antes de la confluencia con el río Tambo.	319 919	8 209 453	3534	AG-69
6	Río Tambo aguas abajo de la confluencia con el río Tassa.	320 005	8 209 224	3516	AG-71
7	Ubicado en el río Tambo, 500 metros antes del anexo Torata (al lado derecho de la trocha a Torata).	314 352	8 192 598	3191	AG-32
8	Ubicado en el río Coralaque, a 150 m aguas arriba del puente, km 68 de la carretera a Chojata	320 471	8 170 879	3591	AG-31
9	Río Tambo, a 250 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ubinas.	306 489	8 181 622	2591	AG-33
10	Río Omate 100 m antes de la confluencia con el río Tambo	286 094	8 145 129	1293	AG-79
11	Río Tambo, 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Omate	285 621	8 144 793	1277	AG-80
12	Río Tambo a 200 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.	222 563	8 119 331	263	AG-84
13	Río Tambo, 15 metros aguas abajo del medio de traslado "Huario" en el anexo Pascana.	218 996	8 119 634	224	AG-85
14	En el río Tambo, a la altura del puente Santa Rosa.	213 529	8 115 240	144	AG-86
15	En el río Tambo, a la altura del puente Chucarapi.	208 803	8 111 024	84	AG-87
16	En el río Tambo, antes del puente Freyre.	207 719	8 106 667	26	AG-89
17	En el río Tambo, después del puente Freyre.	200 562	8 101 286	5	AG-90
18	En el río Tambo, desembocadura al mar.	198 164	8 099 448	0	AG-91

Fuente: Elaboración propia.

### 9.1.2. Desarrollo del monitoreo

61. Antes de dar inicio al monitoreo, se verificaron los materiales y, se realizaron los ajustes y las verificaciones de los equipos previamente calibrados. Posteriormente, se procedió a identificar los peligros y a evaluar los riesgos presentes en cada uno de los puntos de monitoreo. Luego se procedió a realizar la toma de muestra con los EPP<sup>8</sup> adecuados (guantes, mascarillas, etc.), usados durante todo el desarrollo del monitoreo de agua. Una vez culminado el monitoreo, los materiales descartables fueron acopiados en bolsas de plástico, para posteriormente ser dispuestos en un contenedor de residuos sólidos. El monitoreo de agua, se inició con la toma de muestra para las mediciones in situ de los parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad) utilizando un equipo multiparámetro calibrado antes de cada toma de muestra.

<sup>8</sup> EPP: Equipo de Protección Personal.



J  
A  
M  
Z



62. Para la toma de muestras de parámetros orgánicos (como es el caso de aceites y grasas), se utilizaron frascos de vidrio de color ámbar de boca ancha, los cuales fueron proporcionados por el laboratorio acreditado encargado del análisis del respectivo parámetro. Estas muestras fueron tomadas en la superficie del cuerpo de agua, sin enjuagar el frasco. Para el parámetro DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno), se utilizó un frasco de plástico el cual se llenó completamente de tal forma que no se formen burbujas en su interior. Por otro lado, en la toma de muestras de parámetros inorgánicos, se utilizaron frascos de plástico los cuales antes de la toma de muestra, se enjuagaron dos a tres veces con el agua a ser colectada y luego se sumergió en contracorriente, a 20 centímetros de profundidad aproximada con respecto de la superficie, tal como lo establece el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial".
63. Luego de concluida la toma de muestras, estas fueron conservadas y/o preservadas, siguiendo las recomendaciones del laboratorio acreditado, de acuerdo a cada requerimiento y parámetro, para luego ser almacenadas según corresponda en coolers a baja temperatura (de 4°C a 10°C). Para garantizar la adecuada manipulación de los materiales durante las labores de monitoreo, se utilizaron blancos viajeros (muestras de agua desionizada en envases de plástico) que fueron preparados por los laboratorios acreditados. Asimismo, para garantizar la representatividad de los resultados, se realizó una adecuada manipulación de los materiales y muestras. Es así que, antes de salir a campo, se verificaron los materiales y se realizó el ajuste y la verificación de los equipos previamente calibrados.

#### a. Parámetros y equipos

64. Para la selección de los parámetros, se consideró los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM (norma que modifica los estándares de calidad ambiental para agua establecidos en el D. S. N° 002-2008-MINAM), así como la categoría del cuerpo de agua asignada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Sobre esta base se priorizó los parámetros relacionados con la actividad minera y otras actividades que se realizan en la cuenca.
65. Durante el monitoreo, las muestras de agua tomadas fueron de tipo simple<sup>9</sup> y a nivel superficial. Por otra parte, los equipos y accesorios utilizados durante la evaluación en campo (in situ) se muestran en la Tabla 9-7.

Tabla 9-7. Equipos usados en el monitoreo de la calidad de agua

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Características y utilidad
Multiparámetro	HACH	HQ40d HQ40d HQ40d	150500000903 150500000917 150500000066	Equipo en el que se conectan las sondas de pH, OD y CE para las mediciones <i>in situ</i> . Permite visualizar las lecturas de cada sonda.
Sonda de pH	HACH	pHC-20103	152742618017 151252618031 151282618035	Mide el valor de pH. Cabe indicar que la sonda incluye un termómetro digital.
Sonda de conductividad	HACH	CDC40103	151282587016 151422587014 151242588019	Mide la CE. Se precisa que la sonda incluye un termómetro digital.

<sup>9</sup> También denominada muestras puntuales o discretas. Este tipo de muestras consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias en el instante en el que se realizó su recolección.

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

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Características y utilidad
Sonda de oxígeno disuelto	HACH	LDO-10103	151422597011 151272597009 151352598012	Mide el OD.
GPS	GARMIN	OREGON 650	4HU004972 4HU004973 30D048731 30D049302	Utilizado para la ubicación de los puntos para la toma de muestra.
Cámara	CANON	D30	142053000375 142053000376 142053000377 142053000378	Registro fotográfico

Fuente: Elaboración propia

### b. Métodos de ensayo para el análisis de calidad de agua

66. Una vez finalizado el análisis de las muestras, los laboratorios acreditados por el INACAL, remitieron al OEFA los informes de ensayo, cuyos métodos de análisis son detallados en la Tabla 9-8.

**Tabla 9-8.** Métodos de ensayo usado por el laboratorio para el análisis de muestras de agua

Parámetros	Método de análisis
Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed.2012 Solids. Total Suspended Solids Driet at 103 – 105 ° C.
Metales totales por método ICP	EPA Method 200.7. Revised 4,4 May 1994
Metales disueltos por método ICP	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
Cianuro Débil y Disociable (WAD)	SMEWW-APHA-AWWA Part 4500-CN I, 22nd Ed 2
Cromo hexavalente total	SMEWW- Part 3500 Cr-B, 22 nd Ed 2012
DBO <sub>5</sub>	EPA 405.1 1999 Biochemical Oxygen Demand 5 Days, 20 °C
DBO <sub>5</sub> (agua de mar)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 5220 B. 22 nd edition 2012. Chemical Oxygen Demand (Cod) Open Reflux Method
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C. 2012. Closed Reflux, Titrimetric Method
Nitrógeno amoniacal	SMEWW Part 4500-NH3-F, 22 nd Ed 2012
Aceites y grasas	EPA 1664 Rev B, febrero 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material 8SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction Gravimetry
Bicarbonatos	SMEWW Part 4500 CO2 - D
Cloruros	EPA, Method 325.3, March 1983
P-Fosfato	EPA, Method 365.3, March 1983
N-Nitrito	EPA, Method 354.1, March 1983
Sulfatos en agua	EPA, Method 375.4, March 1983
Silicio Total por ICP	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994.
Mercurio Total en agua	EPA Method 245.7 (Val), febrero 2015
N-Nitrato	EPA Method 352.1, Revised March 1983
Nitrógeno Total Kjeldahl	SM 4500-Norg-B(Organic), 22nd Ed 2012
Silicio Disuelto por ICP-AES	EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
Mercurio Disuelto	EPA Method 245.7 (Val), febrero 2005
Cianuro Total (agua de mar)	SM 4500-CN-C,F.Ed. 22 – Electrometría

Fuente: Elaboración propia.

### 9.1.3. Análisis de datos

67. Según la "Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino – Costeros"<sup>10</sup>, el río Tambo, está clasificado en la Categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales", no obstante, dicha normativa no asigna ninguna categoría a los ríos tributarios del río Tambo. Por lo precedido, las Disposiciones para la

<sup>10</sup> Aprobada mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA de fecha 22 de marzo de 2010 por la Autoridad Nacional del Agua.

implementación de los ECA para agua,<sup>11</sup> establece que aquellos cuerpos de agua a los que no se les asignó categoría, tomarán transitoriamente la categoría del río al cual tributan. Por lo tanto, a los tributarios del río Tambo, se les asignó la categoría 3 y las sub categorías D1: "Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto" y D2: "Bebida de animales". Cabe precisar que, que para el caso de los tributarios al embalse Pasto Grande (evaluados en la zona II), se tomó el mismo criterio señalado, donde dicha disposición le asigna a la laguna Pasto Grande, la categoría 4. Para el caso de los cuerpos lénticos (Lagunas de Mejía y lagunas alto andinas), también se asignó la categoría 4, tomando en consideración que las lagunas constituyen ecosistemas frágiles;<sup>12</sup> por lo que es concordante con las "Disposiciones para la Implementación de los ECA para agua."<sup>13</sup>

68. Por otro lado , los ambientes marinos fueron evaluados en base a la clasificación dada en la Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA<sup>14</sup>, en el cual se aprueba la clasificación de cuerpos de agua marino costero; el cual de acuerdo a la zona de monitoreo se encuentra en el Mar entre el límite con el departamento de Moquegua y la zona Mollendo, una distancia de 70,10 km, donde se ubican las puntas Las Almas, Jesús y Cocotea, Playuelas, Cordel, Corio y de Bombón; cuyos límites van desde la línea de baja marea (cota cero) hasta los 350 metros. La clasificación para esta zona será Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino-Costeras y Continentales, Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas. En la Tabla 9-9, se observa la clasificación y el estándar de comparación utilizada para cada zona de estudio.

Tabla 9-9. Estándar de comparación – Calidad de agua

Zona	Unidad o proyecto	Unidad Hidrográfica	Ambientes	Estándar de Comparación
Zona I	Chucapaca (San Gabriel)	Ichuña	<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>	Categoría 3, D1-D2
			- Río: Ichuña, Crucero, Tambo, Paltiture. - Quebrada: Agani, Ceniguillayoc, Quilcata, Jamochini, Ansamani, Juctaiccaca, sin nombre, Corire, Itapallone.	
	<b>Grupo 2: Ambientes lenticos</b>		Categoría 4, E1-Lagunas y Lagos	
	- Laguna Tinquicocha			
Tassa	<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>	Categoría 3, D1-D2		
- Río: Tambo, Tassa - Quebrada: Pachaca				
Zona II	Tucari - Florencia	Coralaque	<b>Ambientes Lóticos</b>	Categoría 3, D1-D2
			- Río: Aruntaya, Titire, Coralaque, Margaritani, Queullirijahuiri, Tambo - Quebrada: Queullirijahuiri, Apostoloni, Margaritani.	
			- Quebrada: Queñuani, Hualcani.	Categoría 4 E2-Costa y Sierra

<sup>11</sup> Aprobadas mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM de fecha 18 de diciembre de 2009 por el Ministerio del Ambiente.

<sup>12</sup> Ley General del Ambiente en su artículo 99°. De los Ecosistemas frágiles en su numeral 99.2, señala "Los ecosistemas frágiles comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas, pantanos, bofedales, bahías, islas pequeñas, humedales, lagunas alto andinas, lomas costeras, bosques de neblina y bosques relicto".

<sup>13</sup> Aprobado mediante D.S. N° 023-2009-MINAM de fecha 18 de diciembre de 2009 por el Ministerio del Ambiente en su artículo 2°. Precisiones de la Categoría de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. d. Categoría 4. Conservación del Ambiente Acuático, la cual señala "Están referidos a aquellos cuerpos de aguas superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles".

<sup>14</sup> Resolución Jefatural N° 030-2016-ANA. Clasificación de cuerpos de agua marino costero. Aprobada el 25 de enero de 2016.

Zona	Unidad o proyecto	Unidad Hidrográfica	Ambientes	Estándar de Comparación
			<b>Ambientes lenticos</b>	
			- Laguna Tucari	Categoría 4, E1-Lagunas y Lagos
Zona III	Colquemayo	Medio Tambo	<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>	
			- Río: Agua Buena - Quebrada: Colquemayo	Categoría 3, D1-D2
	Amata		<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>	
			- Río: Amarillo, Agua Buena, Vagabundo, Omate y Tambo.	Categoría 3, D1-D2
Zona IV	Tía María	Bajo Tambo	<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>	
			- Río: Tambo - Quebrada: Rosa María	Categoría 3, D1-D2
			<b>Grupo 2: Ambientes lénticos</b>	
			- Lagunas Iberia, Mejía, Boquerón.	Categoría 4, E1-Lagunas y Lagos
			<b>Grupo 3: Ambiente marino</b>	
			- Mar: Mejía, Punta Bombón	Categoría 2, C2 – C3

Fuente: Elaboración propia.

## 9.2. Calidad de sedimento

69. La toma de muestras de sedimento, estuvo enmarcada en los lineamientos del "Procedimiento para monitoreo de aguas y sedimentos para determinación de metales"<sup>15</sup> y el "Manual de Métodos de Monitoreo y Preservación de Muestras de las Sustancias Prioritarias para las Matrices Prioritarias del Programa Nacional de Monitoreo y Evaluación (Proname)",<sup>16</sup> a su vez, se siguieron las recomendaciones de los laboratorios acreditados ante el INACAL. Cabe precisar que, se tomó referencialmente dichas normativas, considerado que, en la actualidad, el Perú no cuenta con un protocolo nacional para el desarrollo del monitoreo de sedimentos.

### 9.2.1. Ubicación de los puntos de monitoreo

70. Los puntos de monitoreo de sedimentos, se ubicaron en los mismos puntos donde se tomaron las muestras de calidad de agua. Éstos se localizaron en lugares donde el agua circuló lentamente y cerca de las orillas, precisando que todos los puntos de monitoreo de sedimentos estuvieron cubiertos por agua. En consecuencia, se evaluaron 84 puntos de monitoreo, los cuales se detallan por cada zona de estudio en las siguientes tablas.

Tabla 9-10. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona I

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Sedimento
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>					
1	Quebrada Corire, aguas abajo del campamento Chucapaca	336 376	8 209 853	4 390	SD-40
2	Quebrada Corire, aguas abajo de la zona de exploración (botadero Katrina).	333 841	8 207 784	4 616	SD-43
3	Quebrada Corire, aguas abajo de la zona de exploración Chucapaca.	335 043	8 208 553	4 508	SD-44

<sup>15</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial" de la Republica de Colombia.5-7pp.

<sup>16</sup> Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de la República de México. 29-35pp.



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"

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Sedimento
		Este	Norte		
4	Río Crucero antes de la confluencia con la quebrada Itapallone.	341 135	8 214 785	3 839	SD-46
5	Quebrada Itapallone, antes de la confluencia con el río Ichuña	340 820	8 214 550	3 847	SD-47
6	Río Ichuña a 200 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Itapallone	340 606	8 215 138	3 828	SD-48
7	Quebrada Agani, aguas arriba de las plataformas de exploración Pachacutec.	330 434	8 205 047	4 726	SD-49
8	Quebrada Agani, aguas abajo del campamento Agani	329 964	8 206 705	4 626	SD-50
9	Quebrada Quilcata, afluente margen izquierda de la quebrada Agani	329 392	8 207 932	4 539	SD-52
10	Quebrada Agani, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Quilcata	329 469	8 208 076	4 511	SD-53
11	Quebrada Jamochini, afluente margen derecha de la quebrada Agani.	330 451	8 208 254	4 628	SD-55
12	Quebrada Ansamani, aguas abajo del área de Quilcata y de la confluencia con la quebrada Jamochini.	329 268	8 210 063	4 366	SD-56
13	Quebrada Ansamani, antes de la confluencia con el río Ichuña	326 053	8 213 850	3 696	SD-58
14	Aguas arriba de del río Ichuña antes de la confluencia con la quebrada Ansamani.	326 160	8 214 376	3 796	SD-59
15	Aguas abajo de la confluencia de la quebrada Ansamani con el río Ichuña.	325 553	8 213 926	3 663	SD-60
16	Río Ichuña, 200 metros antes de la confluencia con el río Paltiture.	322 140	8 211 534	3 559	SD-61
17	Río Paltiture 200 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña.	322 100	8 211 584	3 594	SD-62
18	Río Tambo 200 aguas abajo de la confluencia de la confluencia entre el río Ichuña con el Paltiture.	321 997	8 211 494	3 550	SD-63
19	Parte baja Quebrada Pachaca (a 100 metros antes de unión con el río Tassa).	318 610	8 210 534	3 746	SD-66
20	Parte baja del río Tassa.	318 423	8 210 584	3 761	SD-68
21	Río Tambo aguas arriba antes de la confluencia con el río Tassa.	320 013	8 209 462	3 521	SD-70
22	Río Tambo aguas abajo de la confluencia con el río Tassa.	320 005	8 209 224	3 516	SD-71
<b>Grupo 2: Ambientes Lénticos</b>					
23	Laguna Tinquicocha, naciente del río Jayumayo	333 597	8 203 808	4 760	SD-35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-11. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona II

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Puntos no influenciados por actividades mineras</b>					
1	Quebrada. Hualcani ubicado en la parte superior de los bofedales (zona de recarga).	376 507	8 156 218	4 621	SD-01
2	Parte alta de la Quebrada Queñuani, rama izquierda.	375 593	8 157 509	4 730	SD-02
3	Parte alta de la Quebrada Queñuani, rama derecha.	375 238	8 157 244	4 711	SD-03
4	Parte superior de los bofedales de Queñuani (zona de recarga), a 120 metros aguas abajo de la confluencia de los ramales derecho e izquierdo.	375 538	8 156 167	4 612	SD-04
5	Ramal izquierdo de la quebrada Queullirjahuiri, en el límite superior del bofedal de la quebrada Queullirjahuiri	372 452	8 169 969	4 840	SD-12
6	Naciente de la quebrada Queullirjahuiri, rama derecha.	373 035	8 169 682	4 919	SD-13
7	Límite superior del bofedal de la quebrada Queullirjahuiri	370 979	8 170 120	4 760	SD-14

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

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
8	Río Queullirijahuiri, a 200 metros antes de la confluencia con el río Margaritani.	367 820	8 168 287	4 630	SD-17
9	Ubicado en la parte alta del río Aruntaya (cerca de la naciente).	368 822	8 162 888	4 605	SD-05
10	Ubicado en el río Aruntaya, a 30 metros aguas arriba del puente con alcantarillas.	361 603	8 164443	4 431	SD-06
11	Ubicado en el río Titire, a 120 metros aguas arriba de la confluencia con el río Aruntaya.	355 041	8 171939	4 341	SD-09
12	Laguna Tucari, a 20 metros de la margen izquierda de la carretera de acceso que va a la garita 1.	368 523	8 169445	4 724	SD-16
<b>Grupo 2: Puntos influenciados directamente por actividades mineras</b>					
13	Punto ubicado a 110 metros aguas arriba del punto de vertimiento PS-01 en la quebrada Margaritani.	373 373	8 168 480	4 949	SD-20
14	Punto ubicado a 110 metros aguas abajo del punto de vertimiento PS-01 en la quebrada Margaritani.	373 164	8 168 558	4 942	SD-21
15	Aguas abajo de la quebrada Margaritani.	371 316	8 167 780	4 794	SD-22
16	Punto ubicado en el río Margaritani a 150 m aguas abajo de la zona de almacenamiento de residuos.	369 232	8 167 214	4 710	SD-24
17	A 70 metros aguas abajo del punto de vertimiento PM-02 y a 150 metros de la planta N°2 ubicado en la quebrada Apostoloni.	371 919	8 167 021	4 837	SD-28
18	A 70 metros aguas abajo del punto de vertimiento PS-02 en la quebrada Apostoloni.	371 499	8 167 211	4 812	SD-30
19	Río Margaritani a 200 metros antes de la confluencia con el río Queullirijahuiri.	367 656	8 168 237	4 629	SD-18
<b>Grupo 3: Puntos influenciados indirectamente por actividades mineras</b>					
20	Río Queullirijahuiri 200 metros aguas abajo de la confluencia entre el río Margaritani y Queullirijahuiri.	367 527	8 168 444	4 622	SD-19
21	Parte baja del río Queullirijahuiri, antes de la confluencia con el río Aruntaya.	361 420	8 164 920	4 414	SD-07
22	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Queullirijahuiri.	361 140	8 165 037	4 410	SD-08
23	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 metros antes de la confluencia con el río Titire.	354 927	8 171 654	4 343	SD-10
24	Ubicado en el río Titire, a 100 metros después de la confluencia con el río Aruntaya.	354 562	8 171 708	4 356	SD-11
25	Ubicado en el río Coralaque, a 150 m aguas arriba del puente, km 68 de la carretera a Chojata	320 471	8 170 879	3 591	SD-31
26	Ubicado en el río Tambo, 500 metros antes del anexo Torata (al lado derecho de la trocha a Torata).	314 352	8 192 598	3 191	SD-32
27	Río Tambo, a 250 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ubinas.	306 489	8 181 622	2 591	SD-33

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-12. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona III

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
<b>Zona 3: Ambientes Lóticos</b>					
1	Quebrada Colquemayo, 200 m antes de la confluencia con el río Agua Buena	282 610	8 164 111	2 941	SD-72
2	Río Agua Buena 50 m antes de la confluencia con la quebrada Colquemayo	282 723	8 164 065	2 921	SD-73
3	Río Agua Buena 200 m después de la confluencia con la quebrada Colquemayo	282 726	8 163 863	2 894	SD-74
4	Río Amarillo, a 50 m antes del puente Amarillo	281 150	8 159 702	2 387	SD-75
5	Río Amarillo 80 m antes de la confluencia con el río Aguada Buena	283 605	8 157 995	2 146	SD-76



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"

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
6	Río Aguada Buena 200 m antes de la confluencia con el río Amarillo	283 670	8 158 023	2 180	SD-77
7	Río Aguada Buena 200 m después de la confluencia con el río Amarillo	283 683	8 157 880	2 133	SD-78
8	Río Omate 100 m antes de la confluencia con el río Tambo	286 094	8 145 129	1 293	SD-79
9	Río Tambo, 100 m aguas arriba de la confluencia con el río Aguada Buena	285 621	8 144 793	1 277	SD-80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-13. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona IV

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
<b>Zona 3: Ambientes Lóticos</b>					
1	Río Tambo a 200 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.	222 563	8 119 331	263	SD-84
2	Río Tambo, 15 metros aguas abajo del medio de traslado "Huario" en el anexo Pascana.	218 996	8 119 634	224	SD-85
3	En el río Tambo, a la altura del puente Santa Rosa.	213 529	8 115 240	144	SD-86
4	En el río Tambo, a la altura del puente Chucarapi.	208 803	8 111 024	84	SD-87
5	En el río Tambo, antes del puente Freyre	207 719	8 106 667	26	SD-89
6	En el río Tambo, después del puente Freyre.	200 562	8 101 286	5	SD-90
7	En el río Tambo, desembocadura al mar.	198 164	8 099 448	0	SD-91
8	Quebrada Rosa María	202 151	8 117 070	805	SD-89-AD
<b>Zona 3: Ambientes Lénticos</b>					
9	A 30 metros aproximadamente del mirador – Laguna Mejía.	193 696	8 1035 10	13	SD-92
10	A 30 metros aproximadamente del mirador, Laguna Mejía.	194 048	8 103 300	20	SD-96
11	Santuario Nacional Lagunas de Mejía - Laguna Iberia centro 1.	194 282	8 102 857	22	SD-100
12	Santuario Nacional Lagunas de Mejía - Laguna Iberia sur	195 133	8 101 866	21	SD-104
13	Al sur de la laguna Sur.	195 646	8 101 541	23	SD-107
<b>Zona 3: Ambientes marinos</b>					
14	Mar frente a Punta de Bombón.	205 198	8 095 992	0	SD-AM-01
15	Mar frente a la desembocadura del río Tambo	196 656	8 099 090	0	SD-AM-02
16	Mar frente al sector de Motobomba	191 855	8 103 102	0	SD-AM-04
17	Mar frente a la playa El Sombrero	189 155	8 107 503	0	SD-AM-05
18	Mar frente a la playa El Sombrero	189 081	8 107 250	0	SD-AM-06
19	Mar frente a la playa El Sombrero	188 799	8 107 071	0	SD-AM-07
20	Mar frente a la playa El Sombrero	188 587	8 108 220	0	SD-AM-08
21	Mar frente a la playa El Sombrero	188 318	8 108 128	0	SD-AM-09
22	Mar frente a la playa El Sombrero	188 394	8 108 017	0	SD-AM-10
23	Mar frente a la playa El Sombrero	188 067	8 108 658	0	SD-AM-11



15/03

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

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
24	Mar frente a la playa El Sombrero	187 733	8 108 621	0	SD-AM-12
25	Mar frente a la playa El Sombrero	187 200	8 109 044	0	SD-AM-13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-14. Puntos de monitoreo de calidad de sedimento – Zona V

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Calidad de Sedimento
		Este	Norte		
<b>Grupo 1: Río Tambo</b>					
1	Río Ichuña, 200 metros antes de la confluencia con el río Paltiture.	322 140	8 211 534	3 559	SD-61
2	Río Paltiture 200 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña.	322 100	8 211 584	3 594	SD-62
3	Río Tambo 200 aguas abajo de la confluencia de la confluencia entre el río Ichuña con el Paltiture.	321 997	8 211 494	3 550	SD-63
5	Río Tambo aguas arriba antes de la confluencia con el río Tassa.	320 013	8 209 462	3 521	SD-70
6	Río Tambo aguas abajo de la confluencia con el río Tassa.	320 005	8 209 224	3 516	SD-71
7	Ubicado en el río Coralaque, a 150 m aguas arriba del puente, km 68 de la carretera a Chojata	320 471	8 170 879	3591	SD-31
8	Ubicado en el río Tambo, 500 metros antes del anexo Torata (al lado derecho de la trocha a Torata).	314 352	8 192 598	3 191	SD-32
9	Río Tambo, a 250 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ubinas.	306 489	8181622	2 591	SD-33
10	Río Omate a 100 m antes de la confluencia con el río Tambo	286 094	8 145 129	1 293	SD-79
11	Río Tambo, 100 m aguas arriba de la confluencia con el río Omate	285 621	8 144 793	1 277	SD-80
12	Río Tambo a 200 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.	222 563	8 113 31	263	SD-84
13	Río Tambo, 15 metros aguas abajo del medio de traslado "Huario" en el anexo Pascana.	218 996	8 119 634	224	SD-85
14	En el río Tambo, a la altura del puente Santa Rosa.	213 529	8 115 240	144	SD-86
15	En el río Tambo, a la altura del puente Chucarapi.	208 803	8 111 024	84	SD-87
16	En el río Tambo, antes del puente Freyre	207 719	8 106 667	26	SD-89
17	En el río Tambo, después del puente Freyre.	200 562	8 101 286	5	SD-90
18	En el río Tambo, desembocadura al mar.	198 164	8 099 448	0	SD-91

Fuente: Elaboración propia.



J  
A  
4  
2

9.2.2. Desarrollo del monitoreo

71. La toma de muestras de sedimentos en la cuenca Tambo fue de tipo simple y puntual<sup>17</sup>, para lo cual, se sumergió un cucharón de acero inoxidable hasta el fondo de la corriente y se recogió una porción de sedimento a una profundidad, que osciló entre 0 a 15 centímetros.<sup>18</sup> La porción de sedimento colectado, se colocó en un recipiente de plástico para retirar plantas, piedras (mayores de 2 centímetros de diámetro aproximadamente) y luego usando el cucharón de acero

<sup>17</sup> Muestra que representa la composición del sedimento para el lugar, tiempo y circunstancias particulares.

<sup>18</sup> INECC-CCA, (2010). Manual de Métodos de Muestreo y Preservación de Muestras de Las Sustancias Prioritarias para las Matrices Prioritarias del PRONAME. México, p. 55, p. 29.

inoxidable se colocó en bolsas de polietileno para su envasado e identificación. Las muestras debieron ser etiquetadas, cuyos datos consignados fueron correspondientes al código de muestra, fecha, nombre del parámetro, entre otros. Se precisa que, una vez finalizado el muestreo en cada punto de monitoreo, se lavó el material y el equipo utilizado, para evitar que los sobrantes puedan contaminar otros puntos de monitoreo en la siguiente toma de muestra. Finalmente, las muestras fueron almacenadas y transportadas al laboratorio en coolers limpios bajo refrigeración, acompañados de sus respectivas cadenas de custodia.

### a. Parámetros y equipos

72. Los metales totales en sedimento fueron analizados con la metodología *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* - ICP MS (referida a espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente). Así también, la biodisponibilidad de metales en sedimentos fue analizada, mediante la extracción secuencial de metales por el método de Tessier<sup>19</sup>, la cual permitió determinar la asociación del metal con las diferentes extracciones que se detallan a continuación:

- Extracción I: Metales en forma de iones intercambiables, en esta extracción los metales pueden ser fácilmente liberados de los sistemas acuáticos por pequeños cambios ambientales.
- Extracción II: Metal ligado a carbonatos. Los metales asociados a los carbonatos son susceptibles a los cambios de pH.
- Extracción III: Metales ligados a óxidos de hierro y manganeso.
- Extracción IV: Metales ligados a la materia orgánica. Bajo condiciones oxidantes en aguas naturales, la materia orgánica puede ser degradado, lo que lleva a una liberación de metales traza.
- Extracción V: Metales ligados a la fase residual. Una vez que se han eliminado las primeras cuatro extracciones, el sólido residual debe contener minerales principalmente primarios y secundarios, que pueden contener metales traza dentro de su estructura de cristal.

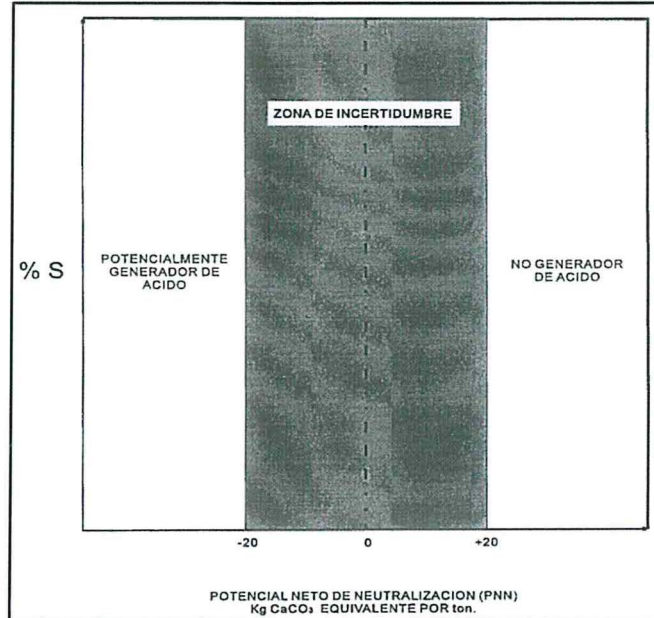
73. Por otra parte, se empleó la prueba de balance ácido-base (ABA), para determinar el potencial generador de acidez del sedimento. Para ello se realiza el balance entre el potencial de acidez (PA) y el potencial de neutralización (PN), dichos términos se refieren a la producción y consumo de ácido por parte del material. El criterio de evaluación para esta determinación es el potencial neto de neutralización (PNN), el cual se define como la diferencia entre el PN y el PA. Dicho criterio se encuentra establecido en la "Guía ambiental para el manejo de drenaje ácido de mina"<sup>20</sup>. Además del potencial neto de neutralización, se recomienda utilizar un segundo criterio, que es la relación entre PN/PA, donde el potencial de neutralización (PN) debiera exceder al potencial de acidez (PA) por lo menos en 3 a 1, para asegurar que la muestra sea clasificada como no

<sup>19</sup> Tessier, Campbell & Bisson. 1979. p. 428.

<sup>20</sup> Ministerio de Energía y Minas. Dirección general de asuntos ambientales. 1997.

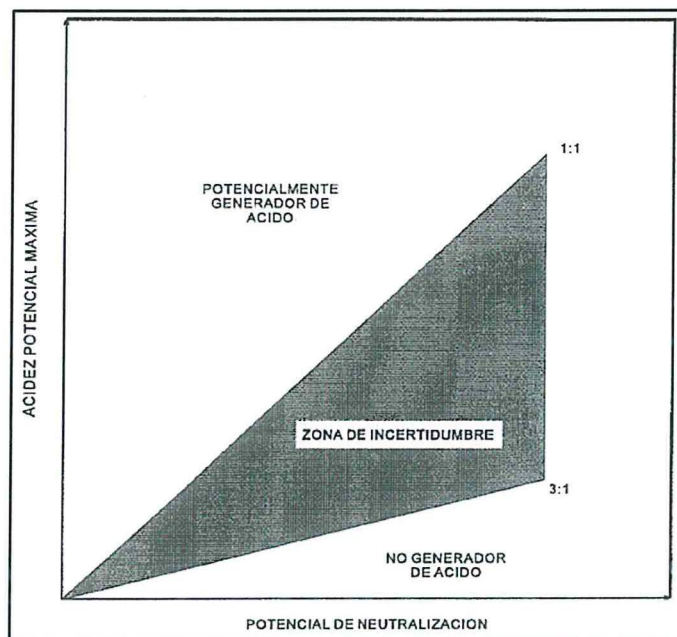
generadora de ácido. Los dos criterios proveen una buena indicación de la generación de drenaje ácido de mina (cf. Figuras 9-1, 9-2).

74. Así, para la presente evaluación se utilizaron los siguientes criterios: el cual emplea de manera referencial el potencial neto de neutralización (PNN), cuyos valores de comparación se encuentran en la Figura 9-1, y el criterio 2, que emplea la proporción entre el potencial de neutralización (PN) y el potencial de acidez máximo (PA), dicha relación es comparado con los valores de la Figura 9-2.



Fuente: MEM (1997)

Figura 9-1. Valores de comparación para el potencial neto de neutralización (PNN).



Fuente: MEM (1997)

Figura 9-2. Valores de comparación para la proporción PN/PA.



X  
A  
y  
2

75. Para el monitoreo de calidad de sedimento se usó algunos materiales y equipos, cuyas características se son detalladas en la Tabla 9-15.

**Tabla 9-15.** Equipos y materiales utilizados para el monitoreo de sedimentos

Equipos y materiales	Marca	Modelo	Serie	Unidad
Barreno	-	-	-	Colecta de muestras de sedimento
Gps	GARMIN	OREGON 650	30D048731 30D049302	Utilizado para la ubicación de los puntos para la toma de muestra.
Cámara	CANON	D30	142053000377 142053000378	Registro fotográfico

Fuente: Elaboración propia.

**b. Métodos de ensayo para el análisis de calidad de sedimento**

76. En la Tabla 9-16, se mencionan los parámetros y metodologías que fueron utilizados por los laboratorios acreditados por el INACAL, para el análisis de las muestras colectadas.

**Tabla 9-16.** Métodos de ensayo usados por el laboratorio para el análisis de muestras de sedimentos

Parámetros	Método de ensayo
Metales totales (incluido Hg)	EPA 200.8 Espect ICP-MS ( <i>Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry</i> )
Extracción secuencial de metales pesados	Analytical chemistry. Vol 51 (P.G.D. Campbell and Bisson) / ICP OES (PE-4421)
ABA (pH-Pasta, AP, NNP, NP, NP/AP, % de azufre total y % de sulfuro)	Análisis elemental (PE-4408, PE-4409, PE-4416, PE-4407, PE-4402, PE-4405, PE 4016, PE 4005)

Fuente: Elaboración propia.

**9.2.3. Análisis de datos**

77. Los resultados de sedimento fueron comparados con estándares internacionales correspondientes a *Canadian Environmental Quality Guidelines, CEQG* (Directrices Canadienses de Calidad Ambiental), para los sedimentos de aguas continentales: *Sediment Quality Guidelines for freshwater, SQG* (Guía de calidad de sedimentos para agua dulce) – 2002 y, para aguas marinas: *Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Marine Sediment* (Directrices de calidad para la protección de la vida acuática – Sedimento Marino – 2012 (Anexo A.2), los cuales estiman los siguientes valores:

- Interim Sediment Quality Guideline (ISGQ) – guía provisional de calidad de sedimentos: valores que representan concentraciones por debajo de la cuales no se espera efectos biológicos adversos.



X  
A  
24  
2

- Probable Effect Level (PEL) - nivel de efecto probable: valores que representan concentraciones sobre las cuales se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia.

78. Se precisa que, estos estándares sólo consideran valores para siete metales: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc. Además, cabe mencionar que dichos estándares, así como los demás parámetros evaluados en sedimentos, fueron tomados referencialmente, considerado que, en la actualidad el Perú no cuenta con legislación nacional sobre estándares de calidad ambiental para sedimentos.

### 9.3. Hidrobiología

79. La metodología aplicada para la evaluación del componente hidrobiológico en los ambientes continentales, tuvo como base la guía: "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú del MINAM"<sup>21</sup> y para los ambientes marinos se usó el Estándar Método 22st. 2012 10500 A, B. de la American Public Health Association. Esta guía señala los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en la evaluación del componente hidrobiológico, así como la logística mínima necesaria, el establecimiento de los puntos de monitoreo, preparación de materiales, equipos en indumentaria de protección, procedimiento para la toma de muestras, preservación de muestras, entre otros.

#### 9.3.1. Ubicación de los puntos de monitoreo

80. En la evaluación de comunidades hidrobiológicas se consideró un total de 90 puntos de monitoreo, los cuales se detallan en la Tabla 9-17. Los puntos de muestreo fueron seleccionados basándose en factores como: la dificultad de ciertos accesos, el caudal del río, las características de los microhábitats y la temporalidad. De acuerdo con los factores anteriormente descritos, se consideró tomar muestras tanto en el cauce principal y/o en la orilla del cuerpo de agua.

81. Los puntos de monitoreo de los parámetros hidrobiológicos, fueron ubicados en los mismos lugares donde se tomaron las muestras de agua. Es importante precisar que en algunos puntos no se tomaron muestras de fitoplancton, zooplancton y perifiton, debido al fuerte caudal que dificultó el ingreso al cuerpo de agua y, en otros casos por que no hubo sustratos duros como roca o canto rodado, donde se pueda fijar el perifiton y macroinvertebrados bentónicos. La toma de muestra se realizó tanto en el cauce principal como en la orilla del cuerpo de agua, para así obtener una muestra representativa.

<sup>21</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNMSM) - MUSEO DE HISTORIA NATURAL (MHN). 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p



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 9-17. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona I

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Componente Hidrobiología		
		Este	Norte		Perifiton	Plancton	Necton
<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>							
1	Quebrada sin nombre, 50 m antes de la confluencia con la quebrada Juttaicaca	336 246	8 206 691	4 601	HB-37	--	--
2	Quebrada Corire aguas abajo del campamento Chucapaca	336 376	8 209 853	4 390	HB-40	--	--
3	Quebrada Corire, aguas abajo de la zona de exploración (botadero Katrina).	333 841	8 207 784	4 616	HB-43	--	--
4	Quebrada Corire, aguas abajo de la zona de exploración Chucapaca.	335 043	8 208 553	4 508	HB-44	--	--
5	Quebrada Corire	335 282	8 208 790	4 486	HB-45	--	--
6	Río Crucero antes de la confluencia con la quebrada Itapallone.	341 135	8 214 785	3 839	HB-46	--	HB-46
7	Quebrada Itapallone, antes de la confluencia con el río Ichuña	340 820	8 214 550	3 847	HB-47	--	--
8	Río Ichuña a 200 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Itapallone	340 606	8 215 138	3 828	HB-48	--	--
9	Quebrada Agani, aguas arriba de las plataformas de exploración Pachacutec.	330 434	8 205 047	4 726	HB-49	--	--
10	Quebrada Agani, aguas abajo del campamento Agani	329 964	8 206 705	4 626	HB-50	--	--
11	Quebrada Ceniguillayoc, afluente margen izquierda de la quebrada Agani	329507	8 207 102	4 616	HB-51	--	--
12	Quebrada Quilcata, afluente margen izquierda de la quebrada Agani	329 392	8 207 932	4 539	HB-52	--	--
13	Quebrada Agani, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Quilcata	329 469	8 208 076	4 511	HB-53	--	--
14	Quebrada Jamochini, afluente margen derecha de la quebrada Agani.	330 451	8 208 254	4 628	HB-55	--	--
15	Quebrada Ansamani, aguas abajo del área de Quilcata y de la confluencia con la quebrada Jamochini.	329 268	8 210 063	4 366	HB-56	--	--
16	Quebrada Ansamani, antes de la confluencia con el río Ichuña	326 053	8 213 850	3 696	HB-58	--	--
17	Aguas arriba de del río Ichuña antes de la confluencia con la quebrada Ansamani.	326 160	8 214 376	3 796	HB-59	--	HB-59
18	Aguas abajo de la confluencia de la quebrada Ansamani con el río Ichuña.	325 553	8 213 926	3 663	HB-60	--	--
19	Río Ichuña, 200 metros antes de la confluencia con el río Paltiture.	322 140	8 211 534	3 559	HB-61	--	--
20	Río Paltiture 200 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña.	322 100	8 211 584	3 594	HB-62	--	--
21	Río Tambo 200 aguas abajo de la confluencia de la confluencia entre el río Ichuña con el Paltiture.	321 997	8 211 494	3 550	HB-63	--	--
22	Parte baja Quebrada Pachaca (a 100 metros antes de unión con el río Tassa).	318 610	8 210 534	3 746	HB-66	--	--
23	Parte baja del río Tassa.	318 423	8 210 584	3 761	HB-68	--	--
24	Río Tassa 200 metros antes de la confluencia con el río Tambo.	319 919	8 209 453	3 534	HB-69	--	--
25	Río Tambo aguas arriba antes de la confluencia con el río Tassa.	320 013	8 209 462	3 521	HB-70	--	--
26	Río Tambo aguas abajo de la confluencia con el río Tassa.	320 005	8 209 224	3 516	HB-71	--	--
<b>Grupo 2: Ambientes Lénticos</b>							
27	Laguna Tinquicocha, naciente del río Jayumayo	333 597	8 203 808	4 760	--	HB-35	--

Fuente: Elaboración propia.

J  
A  
4  
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 9-18. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona II

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Componente Hidrobiología		
		Este	Norte		Perifiton	Plancton	Necton
<b>Grupo 1: Puntos no influenciados por actividades mineras</b>							
1	Quebrada Hualcani ubicado en la parte superior de los bofedales (Zona de recarga).	376 507	8 156 218	4 621	HB-01	--	--
2	Parte alta de la Quebrada Queñuani, rama izquierda.	375 593	8 157 509	4 730	HB-02	--	--
3	Parte alta de la Quebrada Queñuani, rama derecha.	375 238	8 157 244	4 711	HB-03	--	--
4	Parte superior de los bofedales de Queñuani (zona de recarga), a 120 metros aguas abajo de la confluencia de los ramales derecho e izquierdo.	375 538	8 156 167	4 612	HB-04	--	--
5	Ramal izquierdo de la quebrada Queullirijahuiri, en el límite superior del bofedal de la quebrada Queullirijahuiri	372 452	8 169 969	4 840	HB-12	--	--
6	Naciente de la Quebrada Queullirijahuiri, rama derecha.	373 035	8 169 682	4 919	HB-13	--	--
7	Límite superior del bofedal de la quebrada Queullirijahuiri	370 979	8 170 120	4 760	HB-14	--	--
8	Río Queullirijahuiri, a 200 metros antes de la confluencia con el río Margaritani.	367 820	8 168 287	4 630	HB-17	--	--
9	Ubicado en la parte alta del río Aruntaya (cerca de la naciente).	368 822	8 162 888	4 605	HB-05	--	--
10	Ubicado en el río Aruntaya, a 30 metros aguas arriba del puente con alcantarillas.	361 603	8 164443	4 431	HB-06	--	--
11	Ubicado en el río Titire, a 120 metros aguas arriba de la confluencia con el río Aruntaya.	355 041	8 171939	4 341	HB-09	--	HB-09
12	Laguna Tucari, a 20 metros de la margen izquierda de la carretera de acceso que va a la garita 1.	368 523	8 169445	4 724	--	HB16	--
<b>Grupo 2: Puntos influenciados directamente por actividades mineras</b>							
13	Punto ubicado a 110 metros aguas arriba del punto de vertimiento PS-01 en la quebrada Margaritani.	373 373	8 168 480	4 949	HB-20	--	--
14	Punto ubicado a 110 metros aguas abajo del punto de vertimiento PS-01 en la quebrada Margaritani.	373 164	8 168 558	4 942	HB-21	--	--
15	Aguas abajo del tajo Tucari en la quebrada Margaritani.	371 316	8 167 780	4 794	HB-22	--	--
16	Punto ubicado en el río Margaritani a 150 m aguas abajo de la zona de almacenamiento de residuos.	369 232	8 167 214	4 710	HB-24	--	--
17	Parte alta de la quebrada Apostoloni margen derecha.	373 566	8 166 917	4 986	HB-25	--	--
18	Parte alta de la quebrada Apostoloni margen izquierda.	373 876	8 165 728	5 044	HB-26	--	--
19	A 160 m aguas arriba del punto de vertimiento PM-02, y a 10 m aguas arriba de poza de sedimentación en la quebrada Apostoloni.	372 117	8 166 892	4 852	HB-27	--	--
20	A 70 metros aguas abajo del punto de vertimiento PM-02 y a 150 metros de la planta N°2 ubicado en la quebrada Apostoloni.	371 919	8 167 021	4 837	HB-28	--	--
21	Aguas arriba del punto de vertimiento PS-02, parte baja de la quebrada Apostoloni aguas abajo de la confluencia de las ramas derecha (aguas de no contacto) e izquierda.	371 560	8 167 183	4 809	HB-29	--	--
22	A 70 metros aguas abajo del punto de vertimiento PS-02 en la quebrada Apostoloni.	371 499	8 167 211	4 812	HB-30	--	--



J  
 A  
 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"

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Componente Hidrobiología		
		Este	Norte		Perifiton	Plancton	Necton
23	Río Margaritani a 200 metros antes de la confluencia con el río Queullirijahuiri.	367 656	8 168 237	4 629	HB-18	--	--
<b>Grupo 3: Puntos influenciados indirectamente por actividades mineras</b>							
24	Río Queullirijahuiri 200 metros aguas abajo de la confluencia entre el río Margaritani y Queullirijahuiri.	367 527	8 168 444	4 622	HB-19	--	--
25	Parte baja del río Queullirijahuiri, antes de la confluencia con el río Aruntaya.	361 420	8 164 920	4 414	HB-07	--	--
26	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Queullirijahuiri.	361 140	8 165 037	4 410	HB-08	--	--
27	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 metros antes de la confluencia con el río Titire.	354 927	8 171 654	4 343	HB-10	--	--
28	Ubicado en el río Titire, a 100 metros después de la confluencia con el río Aruntaya.	354 562	8 171 708	4 356	HB-11	--	--
29	Ubicado en el río Coralaque, a 150 m aguas arriba del puente, km 68 de la carretera a Chojata	320 471	8 170 879	3 591	HB-31	--	--
30	Ubicado en el río Tambo, 500 metros antes del anexo Torata (al lado derecho de la trocha a Torata).	314 352	8 192 598	3 191	HB-32	--	--
31	Río Tambo, a 250 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ubinas.	306 489	8 181 622	2 591	HB-33	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9-19. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona III

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Componente Hidrobiología
		Este	Norte		Perifiton
<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>					
1	Quebrada Colquemayo, 200 m antes de la confluencia con el río Agua Buena	282 610	8 164 111	2 941	HB-72
2	Río Agua Buena 50 m antes de la confluencia con la quebrada Colquemayo	282 723	8 164 065	2 921	HB-73
3	Río Agua Buena 200 m después de la confluencia con la quebrada Colquemayo	282 726	8 163 863	2 894	HB-74
4	Río Amarillo, a 50 m aguas arriba del puente Amarillo	281 150	8 159 702	2 387	HB-75
5	Río Amarillo a 80 m antes de la confluencia con el río Agua Buena	283 605	8 157 995	2 146	HB-76
6	Río Agua Buena 200 m antes de la confluencia con el río Amarillo	283 670	8 158 023	2 180	HB-77
7	Río Vagabundo 200 m aguas abajo de la confluencia del río Amarillo con el río Agua Buena	283 683	8 157 880	2 133	HB-78
8	Río Omate 100 m antes de la confluencia con el río Tambo	286 094	8 145 129	1 293	HB-79
9	Río Tambo, 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Omate	285 621	8 144 793	1 277	HB-80

Fuente: Elaboración propia.

J  
A  
4  
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 9-20. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona IV

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Componente de Hidrobiología			
		Este	Norte		Perifiton	Plancton	Macroinvertebrados bentónicos	Necton
<b>Grupo 1: Ambientes Lóticos</b>								
1	Río Tambo a 200 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.	222 563	8 11 331	263	HB-84	--	--	
2	Río Tambo, 15 metros aguas abajo del medio de traslado "Huario" en el anexo Pascana.	218 996	8 119 634	224	HB-85	--	--	HB-85
3	En el río Tambo, a la altura del puente Santa Rosa.	213 529	8 115 240	144	HB-86	--	--	
4	En el río Tambo, a la altura del puente Chucarapi.	208 803	8 111 024	84	HB-87	--	--	--
5	En el río Tambo, antes del puente Freyre	207 719	8 106 667	768	HB-89	--	--	--
6	En el río Tambo, después del puente Freyre.	200 562	8 101 286	26	HB-90	--	--	HB-90
7	En el río Tambo, desembocadura al mar.	198 164	8 099 448	5	HB-91	--	--	HB-91
8	Quebrada Rosa María	202 151	8 117 070	0	HB-89 AD	--	--	--
<b>Grupo 2: Ambientes Lénticos</b>								
9	Al Sur de la laguna Mejía.	193 696	8 103 510	13	--	HB-92	--	--
10	Al Norte de la Laguna Iberia Norte	193 989	8 103 258	20	--	HB-94	--	--
11	Al Norte de la Laguna Iberia Norte	193 998	8 103 202	21	--	HB-97	--	HB-97
12	Parte media de la Laguna Iberia Centro	194 282	8 102 857	22	--	HB-100	--	--
13	Parte media de la Laguna Iberia Sur	195 202	8 101 909	21	--	HB-103	--	--
14	Al sur de la laguna Iberia Sur.	195 646	8 101 541	23	--	HB-107	--	--
<b>Grupo 1: Ambientes Marinos</b>								
15	Mar frente a Punta de Bombón	205 198	8 095 992	0	--	--	HB-AM-01	--
16	Mar frente a la desembocadura del río Tambo	196 656	8 099 090	0	--	--	HB-AM-02	--
17	Mar frente al sector de Motobomba	191 855	8 103 102	0	--	--	HB-AM-04	--
18	Mar frente a la playa El Sombrero	189 155	8 107 503	0	--	--	HB-AM-05	--
10	Mar frente a la playa El Sombrero	188 587	8 108 220	0	--	--	HB-AM-08	--
20	Mar frente a la playa El Sombrero	188 067	8 108 658	0	--	--	HB-AM-11	--
21	Ubicado en la playa arenosa El Sombrero cerca a canal	205 198	8 095 992	0	--	--	HM-01-AC	--
22	Ubicado en la playa cerca al sector Motobomba	196 656	8 099 090	0	--	--	HM-02-AC	--
23	Playa arenosa frente a entrada de laguna Boquerón	191 855	8 103 102	0	--	--	HM-03-AC	--

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9-21. Puntos de monitoreo del componente hidrobiológico – Zona V**

Ítem	Descripción	Coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 K		Altitud (msnm)	Componente Hidrobiología	
		Este	Norte		Perifiton	Necton
<b>Grupo 1: Ambientes lóticos</b>						
1	Río Ichuña, 200 metros antes de la confluencia con el río Paltiture.	322 140	8 211 534	3 559	HB-61	--
2	Río Paltiture 200 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña.	322 100	8 211 584	3 594	HB-62	--
3	Río Tambo 200 aguas abajo de la confluencia de la confluencia entre el río Ichuña con el Paltiture.	321 997	8 211 494	3 550	HB-63	--
4	Río Tassa 200 metros antes de la confluencia con el río Tambo.	319 919	8 209 453	3 534	HB-69	--
5	Río Tambo aguas arriba antes de la confluencia con el río Tassa.	320 013	8 209 462	3 521	HB-70	--
6	Río Tambo aguas abajo de la confluencia con el río Tassa.	320 005	8 209 224	3 516	HB-71	--
7	Ubicado en el río Coralque, a 150 m aguas arriba del puente, km 68 de la carretera a Chojata	320 471	8 170 879	3591	HB-31	--
8	Ubicado en el río Tambo, 500 metros antes del anexo Torata (al lado derecho de la trocha a Torata).	314 352	8 192 598	3 191	HB-32	--
9	Río Tambo, a 250 metros aguas arriba de la confluencia con el río Ubinas.	306 489	8181622	2 591	HB-33	--
10	Río Omate 100 m antes de la confluencia con el río Tambo	286 094	8 145 129	1 293	HB-79	--
11	Río Tambo, 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Omate	285 621	8 144 793	1 277	HB-80	--
12	Río Tambo a 200 metros aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.	222 563	8 113 31	263	HB-84	--
13	Río Tambo, 15 metros aguas abajo del medio de traslado "Huario" en el anexo Pascana.	218 996	8 119 634	224	HB-85	HB-85
14	En el río Tambo, a la altura del puente Santa Rosa.	213 529	8 115 240	144	HB-86	--
15	En el río Tambo, a la altura del puente Chucarapi.	208 803	8 111 024	84	HB-87	--
16	En el río Tambo, antes del puente Freyre	207 719	8 106 667	26	HB-89	--
17	En el río Tambo, después del puente Freyre.	200 562	8 101 286	5	HB-90	HB-90
18	En el río Tambo, desembocadura al mar.	198 164	8 099 448	0	HB-91	HB-91

Fuente: Elaboración propia.

### 9.3.2. Desarrollo del monitoreo

82. Antes de iniciar con el desarrollo del monitoreo se prepararon los materiales y equipos. En cada punto de monitoreo, se procedió a identificar los peligros y riesgos; una vez concluida dicha identificación, se utilizaron guantes descartables durante la toma de muestras.
83. Luego de culminar el monitoreo, los materiales descartables fueron acopiados en bolsas de plástico, para posteriormente ser dispuestos en un contenedor de residuos sólidos.

**a) Desarrollo del muestreo de perifiton**

84. El muestreo biológico se realizó utilizando la metodología descrita por Rimarachin, 2014. En cada punto de muestreo se escogieron piedras al azar (tres réplicas) ubicadas en la orilla del cuerpo de agua, enmarcándose un área total de 20 cm<sup>2</sup> (muestra compuesta) para un análisis cualitativo - cuantitativo, seguidamente se procedió a raspar con una espátula y un cepillo de cerdas muy finas, lavando las piedras con agua destilada sobre una bandeja para coleccionar la muestra; después se colocó dicha muestra en un frasco opaco de 250 ml debidamente rotulado e inmediatamente se fijó con una solución de formol al 5 %, luego se procedió a sellar herméticamente para su traslado y posterior análisis.

**b) Desarrollo del muestreo de macroinvertebrados bentónicos**

86. El muestreo biológico se realizó utilizando la metodología descrita por Palma y Arana, 2014. En cada punto de muestreo los organismos de bentos se colectaron con la red Surber, que está compuesta por un marco metálico de 30 x 30 cm con una malla de 1 mm de diámetro, el marco metálico se colocó en la orilla, en posición opuesta a la corriente, realizándose tres réplicas en cada punto de muestreo. El material colectado se colocó en frascos opacos de 500 ml, debidamente rotulado, preservados con alcohol etílico al 70 %, después fueron sellados herméticamente para su traslado y análisis.

**c) Desarrollo del muestreo de plancton**

87. Para la toma de muestras de fitoplancton y zooplancton se colectaron cuatro porciones de agua superficial de 5 litros aproximadamente, en un balde de 10 litros de capacidad por cada muestra, las cuales representaron un volumen total de 20 litros de agua superficial. Cada porción colectada se filtró en una red de plancton cónica de 20 micras de abertura de poro, donde los volúmenes filtrados fueron depositados en un frasco de plástico de 0,5 litro y enseguida fueron preservadas con formalina de 4% a 5% de concentración, en una proporción de 40 mililitros de formalina por litro de muestra. Al terminar la toma de muestras, se lavó la malla, para evitar que los residuos puedan contaminar las siguientes muestras de agua que serán colectadas.

**d) Desarrollo del muestreo de necton (peces)**

88. La colecta de peces tuvo en consideración hábitats potenciales como lugares de refugio, zonas con vegetación sumergida, raíces, entre otros. En los casos que la logística y condiciones ambientales permitieron ingresar a las orillas de los ríos y quebradas, se empleó el método de colecta activo utilizando una red de arrastre a orilla de 10 m de largo y 3 m de profundidad con una abertura de malla de 5 mm, realizándose cinco arrastres hacia la orilla por cada estación. Adicionalmente en las lagunas evaluadas, se empleó una red de lance o red atarraya de una pulgada de abertura de malla, realizándose cinco lances por estación. Inmediatamente después de capturados se les colocó en un balde con agua, luego se procedió a pesar y medir. Los especímenes difíciles de identificar en campo, fueron separados y embalados para enviarlos al laboratorio AGQ Perú S.A. para su respectivo análisis.



X  
A  
ey  
✓

- **Métodos de análisis de muestras hidrobiológicas**

89. Los laboratorios acreditados remitieron al OEFA los resultados de los análisis mediante informes de ensayo del componente hidrobiológico, los cuales fueron sistematizados y analizados.
90. A continuación, en la Tabla 9-22 se detallan los parámetros y métodos de análisis utilizados:

**Tabla 9-22. Método de análisis de agua por parámetros**

Componente ambiental	Parámetros	Método de análisis
Hidrobiología	Fitoplancton cuantitativo	APHA, JAWWA. WEF. Part 10200. 22nd Ed 2012
	Zooplancton cuantitativo	APHA, JAWWA. WEF. Part 10200. 22nd Ed 2012
	Perifiton cuantitativo	SM Part 103000 C1, C2 22nd Ed

Fuente: Elaboración propia.

### 9.3.3. Análisis de datos

91. Los resultados cualitativos y cuantitativos de las comunidades hidrobiológicas fueron utilizados para determinar la composición, riqueza, abundancia, índices de diversidad alfa, diversidad beta e índices de calidad, de acuerdo con la metodología que se detalla a continuación:

#### i. Composición, riqueza y abundancia

92. Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) de los parámetros hidrobiológicos (perifiton, macroinvertebrados bentónicos) en la zona de evaluación. El comportamiento de la distribución del perifiton se evaluó en términos de abundancia y riqueza al nivel de phylum, mientras que en los macroinvertebrados bentónicos, se analizó en función al nivel de clasificación de orden. Para ello, se sistematizaron los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo reportado por los laboratorios, haciéndose las representaciones mediante graficas acumuladas.

#### ii. Índice de diversidad alfa

93. La diversidad alfa está relacionada al número de especies de un grupo indicador que se encuentra en un determinado punto o área que puede variar mucho de un lugar a otro, aún dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo ecosistema (Halfer y Moreno, 2005, p. 561).

94. Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizó los principales índices: Shannon ( $H'$ ), Simpson dominancia ( $D$ ) y los índices de diversidad verdadera (Números de Hill,  $N_1$  y  $N_2$ ). Este índice se aplicó para los parámetros de perifiton y macroinvertebrados bentónicos.

95. El índice de Shannon ( $H$ ) es una medida de incertidumbre que permite predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra. Esto quiere decir que si el valor de  $H'$  es nulo, indica una sola especie, presentando una escasa diversidad. Por otro lado, cuando se obtiene un mayor valor de  $H'$  indica un mayor número de especies, por ende, mayor biodiversidad (Moreno, 2001, p.285). Mientras que el índice de Dominancia de Simpson ( $D$ ) manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Los valores van de 0 a 1; mientras más se acerque al valor 1, mayor será la dominancia de ciertas comunidades (Moreno, 2001, p. 285).



8  
A  
g  
2

96. Los índices de diversidad verdadera son modificaciones de los índices comunes de Shannon ( $H'$ ) y Simpson con la finalidad de ajustar la sensibilidad para determinar el comportamiento de la diversidad. Para ello se usó la variable  $N1$  como la modificación del índice Shannon ( $H$ ) que tiene como fórmula:

$$N1 = \exp(H') \quad (4.1)$$

97. Donde  $H$  es índice de Shannon; por otro lado, se usó la variable  $N2$  como la modificación del índice de Simpson que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (4.2)$$

98. Por último, se utilizó la relación de  $N2$  y  $N1$  para determinar la homogeneidad de la distribución de especies. Este índice se aplicó para los parámetros de perifiton y macroinvertebrados bentónicos.
99. Para la obtención de resultados primero se digitalizó los reportes de los laboratorios en el programa Excel, ordenando las especies según su clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) por cada punto de monitoreo, enseguida toda la base de datos digitalizada fue copiada al programa PAST 3,10, donde se seleccionó la opción análisis de diversidad y se obtuvo los valores de los índices antes mencionados.

### iii. Índice de diversidad beta

101. La diversidad beta ( $\beta$ ), es la diversidad que hay entre hábitats dentro de un mismo ecosistema, es decir, la variación en el número de especies que se produce entre un hábitat y otro, o también definido por Meffe & Carroll en 1997 como "recambio de especies de un hábitat a otro". Para la evaluación de dicha diversidad se utilizó el coeficiente de similitud de Bray Curtis produciendo dendogramas de agrupamientos en base a la matriz de similitud de Bray Curtis, la cual se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias relativas de cada especie presente.

### iv. Índice AMBI para macroinvertebrados bentónicos marinos de fondo blando

102. El índice AMBI, es una herramienta para la evaluación de la calidad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos por medio del cálculo del índice homónimo desarrollada por el Centro Tecnológico AZTI- Tecnalia. AMBI (AZTI Marine Biotic Index - Borja et al., 2000): Mediante este índice se puede conocer el estado de la calidad ecológica de la comunidad bentónica del ecosistema evaluado, se basa en la clasificación de las abundancias de los bentos de sustrato blando en 5 grupos ecológicos.
103. Este índice ha sido utilizado exitosamente bajo diferentes condiciones de perturbación (Borja et al., 2003; Muxika et al., 2005) y ha sido aplicado extensamente en Europa (Borja et al., 2009; Grémare et al., 2009), Asia (Cai et al., 2003; Cheung et al., 2008), Norte de África (Afli et al., 2008; Bakalem et al., 2009; Bazairi et al., 2005), Sudamérica (Muniz et al., 2005) y Norteamérica (Borja & Tunberg, 2011; Borja et al., 2008; Callier et al., 2008; Teixeira et al., 2012).



X  
A  
y  
2

104. Para el cálculo del AMBI se utiliza el software libre AMBI Versión 5.0.

$$AMBI = ((0 \times \%GEI) + (1,5 \times \%GEII) + (3 \times \%GEIII) + (4,5 \times \%GEIV) + (6 \times \%GEV)) \div 100$$

Donde:

- EG = grupo ecológico.
- GE I: Especies muy sensibles.
- GE II: Especies indiferentes.
- GE III: Especies tolerantes.
- GE IV: Especies oportunistas de segundo orden.
- GE V: Especies oportunistas de primer orden.

105. Una vez calculado el índice produce valores dentro de una escala del 1 al 6 (7 en sedimentos azoicos) con 5 categorías que definen la calidad ecológica de la comunidad bentónica como se puede observar en la Tabla 9-23.

**Tabla 9-23.** Interpretación de los resultados del AMBI

Coeficiente Biótico (AMBI)	Grupo Ecológico Dominante	Salud de la comunidad bentónica	Nivel de disturbio	Estado Ecológico
0,0 < AMBI < 0,2	I	Normal	No perturbado	Muy bueno
0,2 < AMBI < 1,2		Empobrecido		
1,2 < AMBI < 3,3	III	Desbalanceado	Ligeramente perturbado	Bueno
3,3 < AMBI < 4,3	IV-V	Transición a contaminado	Moderadamente perturbado	Moderado
4,3 < AMBI < 5,0		Contaminado		
5,0 < AMBI < 5,5	V	Transición a fuertemente contaminado	Fuertemente perturbado	Malo
5,5 < AMBI < 6,0		Fuertemente contaminado		
6,0 < AMBI < 7,0	Azoico	Azoico	Extremadamente perturbado	Muy malo

Fuente: Adaptado de Borja et al., 2000.



#### 9.4. Flora

107. La evaluación del componente de flora, se realizó en el área del Santuario Nacional Lagunas de Mejía; perteneciente a la Zona IV del presente estudio. A continuación, se detalla la metodología usada referente a ubicación de los sitios de monitoreo, los métodos de evaluación y el criterio de análisis de los datos.

##### 9.4.1. Ubicación de las parcelas de monitoreo

108. La ubicación de los sitios para la evaluación de flora silvestre y su monitoreo se determinó en la visita de reconocimiento<sup>22</sup>, realizada del 18 al 24 de marzo de 2016, tomando como referencia los ecosistemas señalados en el Plan Maestro del Santuario Nacional Lagunas de Mejía<sup>23</sup>. y el estado ambiental del área de estudio observada durante dicha visita. Las coordenadas de ubicación de las parcelas de monitoreo se presentan en la Tabla 9-24.



X  
A  
4  
2

<sup>22</sup> Informe N° 00095-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI – Informe de visita de reconocimiento desarrollada en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía como parte del Plan de Evaluación Ambiental de la cuenca Tambo.

<sup>23</sup> Aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-84-AG, disponible en [www.sernanp.gob.pe/lagunas-de-mejia](http://www.sernanp.gob.pe/lagunas-de-mejia)

**Tabla 9-24.** Sitios para evaluación de estudios especializados de flora silvestre

Ítem	Código	Fecha	Coordenadas UTM (Datum WGS84) – Zona 19 K		Descripción
			Este	Norte	
1	T-01	20/03/2016	197 960	8 099 635	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "gramadal"
2	T-02	20/03/2016	197 650	8 100 033	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "matorral"
3	T-03	20/03/2016	197 337	8 100 165	
4	T-04	20/03/2016	195 354	8 101 698	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "totoral"
5	T-05	21/03/2016	194 909	8 102 140	
6	T-06	21/03/2016	193 713	8 103 370	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "juncal"
7	T-07	21/03/2016	196 879	8 100 198	
8	T-08	22/03/2016	196 608	8 100 464	
9	T-09	22/03/2016	194 149	8 102 724	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "gramadal".
10	T-10	22/03/2016	192 425	8 104 605	
11	T-11	23/03/2016	192 603	8 104 547	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "salicornial".
12	T-12	23/03/2016	192 841	8 104 272	
13	T-13	23/03/2016	193 567	8 103 767	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "totoral"
14	T-14	23/03/2016	193 405	8 104 046	Sitios para muestreo de flora silvestre identificado como "salicornial"

109. De acuerdo con la Tabla 9-24, la evaluación de flora silvestre se realizó en catorce (14) sitios, de las cuales, dos (02) sitios corresponde a la agrupación vegetal de matorral (T-02 y 03); tres (03) sitios corresponde a totoral (04, 05 y 13); tres sitios corresponden a juncal (06, 07 y 08); tres (03) sitios corresponden a gramadal (01, 09 y 10); y tres (03) sitios corresponden a salicornial, todas dentro del SNLM, ubicado en el distrito Dean Valdivia, provincia Islay, departamento de Arequipa.

**9.4.2. Método de evaluación**

110. La evaluación de flora silvestre en el SNLM se realizó tomando como referencia las metodologías y consideraciones propuestas en los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación del MINAM<sup>24</sup>. Se evaluaron las diferentes formaciones vegetales existentes en el SNLM, cada una adecuada a los sitios de interés. Para un mejor entendimiento de las técnicas de evaluación, se describe a continuación las actividades realizadas.

111. El método seleccionado para la evaluación de flora silvestre fue "Puntos de intercepción". Este método utiliza una línea extendida de 50 metros, subdividida cada 100 cm o 200 cm, y una varilla delgada con escala graduada; ésta se colocó en forma vertical para registrar aquellas plantas que se interceptaron en las diferentes alturas "contando el número de veces que la varilla contacta cada especie al descender a través de la vegetación hasta el suelo (Matteucci & Colma A., 1982)" (Anexo 1A). Además, de este método se empleó para el estudio de matorrales y otros tipos de vegetación baja. Generalmente, los puntos se establecieron cada 100 cm, con la intención de tener una mayor intensidad de muestreo en los sitios seleccionados. Esta modificación de forma y diseño en el presente estudio se realizó con el objetivo de abarcar únicamente las áreas de interés.

<sup>24</sup> Aprobada con Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente – MINAM. 2015. 21-31pp.

112. Las colecciones botánicas "voucher" se realizaron en el caso de que una especie no haya sido identificada y cuando existió cualquier incertidumbre para su identificación en campo. Todo individuo colectado tuvo un duplicado además del original, por otro lado, las colecciones repetidas de plantas estériles fueron usadas para distinguir confiablemente las morfo-especies<sup>25</sup>. La colecta de muestras de las especies evaluadas se realizó haciendo uso de tijeras botánicas de mano.
113. El material botánico colectado fue conservado en alcohol y posteriormente procesado en las instalaciones del Herbario Vargas CUZ<sup>26</sup>. Los especímenes colectados fueron determinados de acuerdo con el sistema del Grupo Filogenético de las Angiospermas – (APG III, 2009), para lo cual se utilizaron las claves taxonómicas actualizadas, además de las usadas por (Gentry, 1993), (Vásquez, 1997) y (Vásquez y Rojas 2004). Luego, se procedió a comparar con excicatas<sup>27</sup> del Herbario y se revisó virtualmente en la página del Missouri Botanical Garden, además del herbario virtual del Field Museum of Chicago, para constatar las recientes actualizaciones taxonómicas de las mismas. No obstante, para facilitar la determinación, se tomó en cuenta observaciones registradas en campo, como presencia y color de exudados, características de las hojas y de la corteza (olor y textura principalmente), tipo de ramificación, color de flores y frutos, entre otros.

#### 9.4.3. Criterio de análisis

114. En esta sección se presenta la metodología de análisis de datos, la cual consistió en la cuantificación de la información obtenida en la determinación de especies evaluadas en el área de estudio, mediante el cálculo de los siguientes parámetros: composición florística, diversidad (riqueza) y cobertura.
115. Composición florística: tratándose de una comunidad vegetal, se refiere al detalle de los distintos grupos que la constituyen (familias, géneros y especies). Por lo tanto, la cubierta vegetal varía de unos lugares a otros, en relación con las diferencias que se dan en condiciones ecológicas, geográfico-históricas, etc. que rigen la distribución de las plantas.
116. Mientras, la riqueza y diversidad de especies se diferencia en que la riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área; mientras que la diversidad de especies, en su definición, considera tanto al número de especies, como también al número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar (Moreno, 2001).
117. Finalmente, la cobertura vegetal se registra de dos maneras. En la primera, se trabaja en función de la simple presencia o ausencia de individuos sobre cada punto del transecto, pudiendo alcanzar un valor máximo de 100%. En la segunda, se registra la presencia de individuos, considerando que en algunos casos pueden contabilizarse más de un individuo por punto, obteniéndose valores de cobertura que pueden sobrepasar fácilmente el 100% (Matteucci & Colma A., 1982). No obstante, las variables que se miden en el matorral, propiamente dicho, se refieren a las expresiones fenotípicas de los elementos que la conforman; tales como, arbustos, suculentas (cactáceas) y hierbas.

25

Morfo-especie: Nombre eventual de una especie, basado en caracteres morfológicos.

26

Herbario Vargas CUZ, forma parte de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco, disponible en <http://bi.unsaac.edu.pe/herbario.php?p=13>.

27

Excicatas: Muestras botánicas correctamente determinadas y depositadas en herbarios.

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

118. En esta metodología se registran y se miden todos los individuos que se encuentran dentro de la unidad de muestreo y en los diferentes tipos de matorrales que resulten del proceso de estratificación de la vegetación.

**9.5. Fauna (Avifauna)**

119. En esta sección, se detalla la metodología usada de acuerdo a los sitios o estaciones evaluados en el Santuario Nacional Lagunas de Mejía.

**9.5.1. Ubicación de los puntos de monitoreo**

120. Para la ubicación de los sitios de evaluación, se realizó previamente una visita de reconocimiento. Los sitios evaluados se encuentran en la tabla siguiente.

**Tabla 9-25. Coordenadas de sitios de evaluación – Fauna**

Sitio de evaluación	Referencia	Coordenadas 19 K WGS 84		Método de evaluación	Fecha
		Este	Norte		
Laguna Iberia Sur	Mirador	195 625	8 101 464	Conteo total	2014-05-17
Laguna Iberia Centro II	Mirador	195 154	8 101 840	Conteo total	2014-05-17
Laguna Iberia Centro I	Mirador	194 640	8 102 356	Conteo total	2014-05-17
Laguna Iberia Norte	Mirador	194 014	8 103 220	Conteo total	2014-05-17
Laguna Mejía	Mirador	193 652	8 103 439	Conteo total	2014-05-17
Laguna Boquerón	Mirador	196 843	8 100 246	Conteo total	2014-05-18
Lagunilla	Mirador	193 634	8 103 770	Conteo total	2014-05-18
Laguna La Isla	Mirador	194 213	8 102 775	Conteo total	2014-05-19
Estuario	Inicio	197 668	8 099 613	Conteo total	2014-05-16
	Final	198 011	8 099 275		
Monte Ribereño	Inicio	197 645	8 099 774	Transecto	2014-05-16
	Final	197 305	8 100 373		
Sector Motobombas	Inicio	192 281	8 104 323	Conteo total	2014-05-18
	Final	192 515	8 104 711		
Playa arenosa	Inicio	194 495	8 102 018	Transecto	2014-05-20
	Final	192 281	8 104 323	Transecto	
Salicornial	Inicio	192 547	8 104 616	Búsqueda Intensiva	2014-05-20
	Final	193 381	8 103 618	Búsqueda Intensiva	
Gramadal 1	Lado 1	194 265	8 102 662	Búsqueda Intensiva	2014-05-18
	Lado 2	194 203	8 102 583	Búsqueda Intensiva	
	Lado 3	193 935	8 102 876	Búsqueda Intensiva	
	Lado 4	194 034	8 102 920	Búsqueda Intensiva	
Gramadal 2	Lado 1	193 882	8 103 083	Búsqueda Intensiva	2014-05-19
	Lado 2	193 814	8 102 997	Búsqueda Intensiva	
	Lado 3	193 569	8 103 315	Búsqueda Intensiva	
	Lado 4	193 629	8 103 389	Búsqueda Intensiva	
Gramadal 3	Lado 1	192 449	8 104 545	Búsqueda Intensiva	2014-05-20
	Lado 2	192 512	8 104 624	Búsqueda Intensiva	
	Lado 3	192 695	8 104 232	Búsqueda Intensiva	
	Lado 4	192 773	8 104 282	Búsqueda Intensiva	

Fuente: Elaboración propia.



Handwritten signatures and the number 44.

### 9.5.2. Conteos totales

121. En las Lagunas Mejía, Iberia Norte, Iberia Centro I, Iberia Centro II, Iberia Sur, Boquerón, la Isla Lagunilla (cerca al mirador de la duna) y en la desembocadura del río Tambo, se utilizó la metodología de conteos totales (Telleria, 2005), que consiste en contar los individuos por especie directamente o subdividir la laguna en sub-muestras para hacer el conteo de individuos o hacer un estimado contando un grupo de 50 o 100 individuos y estimar qué proporción de la bandada es este número, para luego calcular el número total para toda el área ocupada por el grupo.
122. En las lagunas, los conteos totales se realizaron desde los miradores y desde las entradas de las lagunas que no presentaron mirador.
123. En la desembocadura del río Tambo, se hizo el conteo total caminando por el borde derecho de la desembocadura hacia el ingreso al mar.
124. En el sector motobomba se caminó por el borde del canal desde la desembocadura del canal hacia el mar hasta la caseta de la motobomba.
125. Los conteos totales tuvieron una duración entre 40 minutos a 1 hora, registrando las especies y el número de individuos por especie. La evaluación se realizó en horas de la mañana de 6 am a 11 am y en horas de la tarde de 3 pm a 6 pm.

### 9.5.3. Transectos

126. En la playa arenosa se realizó un recorrido a la altura de laguna Iberia Centro II hacia la desembocadura del canal de la motobomba. Se hizo un recorrido de norte a sur caminado un transecto de 3.4 km de largo, contando todos los individuos encontrados por especie que estaban usando el área, comprendida desde la línea de marea hasta la cresta de la duna (30 metros de ancho banda desde el evaluador).
127. Se registraron las especies que estaban usando el área; esto se entiendo como aquellas especies que estaban alimentándose, descansando, posando dentro de los límites del área de evaluación, incluyendo también aves que llegaban volando al interior del área de evaluación, siempre y cuando que no hayan sido previamente contado (Senner & Angulo Pralongo, 2014).
128. También se registraron las especies que se encontraban en el mar litoral (pelicanos, piqueros y cormoranes) separando los registros que usan la playa arenosa, con la finalidad de caracterizar la mayor diversidad de aves.
129. En el monte ribereño se evaluó un transecto de un 1 kilómetro con ancho de banda de 30 metros (Ralph et al., 1996), se continuó el camino señalizado como monte ribereño. Se contabilizaron todos los individuos dentro del ancho de banda.

### 9.5.4. Búsquedas Intensivas

130. En el gramadal de baja altura (menor a 0.5 metros) se definieron 3 áreas de 100 x 400 metros, y se realizó la búsqueda intensiva por área, se transitó por un transecto en línea recta a lo largo del borde del área (por el lado de los 400 metros) (Senner & Angulo Pralongo, 2014).



J  
A  
4  
2

131. Se contabilizaron todas las aves observadas que se encontraban utilizando el área. Luego se atravesó el área de tal forma que cada punto de la trayectoria recorrida no fuera mayor de 25 metros desde cualquier otro punto de la trayectoria. Se registraron el número de aves ahuyentadas mientras se transitaba el área.
132. En el hábitat salicornial junto con el juncal y gramadal se realizaron búsquedas intensivas por un tiempo determinado de 1 hora con 30 minutos, en los cuales se transitó por el hábitat buscando las especies que estaban usando el hábitat y se registró el número de individuos por especie. La evaluación se inició cerca del sector motobombas hasta el muro del cruce de la carretera carrozable.

#### 9.5.5. Análisis de datos

133. Inicialmente se elaboró un listado sistemático de las especies de aves presentes en el área de estudio en los sitios evaluados. Luego, con la información cuantitativa obtenida se calcularon los índices: diversidad de Shannon - Wiener ( $H'$ ), diversidad de Simpson ( $1-D$ ), índice de equidad de Pielou ( $J'$ ), índice de similitud de Sorensen ( $I_s$ ) y el índice Whittaker (Moreno, 2001).

##### 9.5.5.1. Diversidad

134. Los índices de diversidad se calcularon a través de medidas estadísticas que relacionan la riqueza específica (número de especies) con la abundancia (Moreno, 2001).
135. A continuación, se describen las medidas usadas para determinar la diversidad y para calcular los índices de diversidad se usó el programa PAST para Windows versión 2.03 (Hammer et al., 2001).

- **Riqueza específica (S)**, es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001).

136. En los resultados se presenta la riqueza total de especies de aves. El listado de las aves sigue la clasificación taxonómica de la lista de aves de Perú (Plenge, 2016). Para la caracterización de las aves se presenta la riqueza de especies por hábitats evaluados.

- **Índice de Shannon-Wiener**, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que están representadas en la muestra. Su fórmula es:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

$H'$  = índice de diversidad de la muestra

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

137. El valor de  $H'$  se encuentra acotado entre 0 y  $\ln(S)$ , donde "S" es el número total de especies. Tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica (o  $H'$  max.) en comunidades de máxima equitatividad.

138. De esta forma el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

- **Índice de Equidad de Pielou (J')**, mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988 citado en Moreno, 2001).

Su fórmula es:

$$J' = H'/H'max$$

Donde:

H'máx. =  $\lg_2(S)$  = diversidad máxima esperada

J = medida de Pielou, se sitúa de 0 a 1

H' = índice de Shannon-Wiener

S = riqueza específica (número de especies registradas).

139. El Índice de diversidad de Simpson, representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, es relativamente insensible para especies raras, pero altamente sensibles para especies dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse mediante la fórmula:

$$D = 1 - \sum pi^2$$

Dónde:

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

- **Similitud**, se calculó con el índice de Sorensen para datos cualitativos, además se realizó análisis de similitud (Cluster) de UPGMA usando el programa PAST para Windows versión 2.03 (Hammer et al., 2001).
- El **Índice de Sorensen** utiliza información de presencia y ausencia de especies, de modo que los valores que se aproximan a 1 indican mayor similitud entre las unidades de muestreo evaluados. Este índice relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988). La fórmula es la siguiente:

$$I_s = \frac{2c}{a + b}$$

Donde:

a: Número de especies presentes en el sitio A

b: Número de especies presentes en el sitio B.

c: Número de especies presentes en ambos sitios A y B.



J  
A  
4  
2

- **Índice de recambio (o reemplazo) de especies** o índice de Whittaker (1972), describe la diversidad beta como la variación en la composición de especies entre diferentes áreas de una diversidad alfa en particular. Así:

$$\beta = \frac{s}{\alpha - 1}$$

Donde:

$\beta$  = Beta

S= número de especies registradas en un conjunto de muestras (diversidad gamma)

$\alpha$  = número promedio de especies en las muestras (alfa promedio)

140. Cuanto mayor es el índice  $\beta$  mayor es la diferencia (recambio de especies) en las comunidades (o hábitats) comparadas.

#### 9.5.5.2. Determinación de especies endémicas y amenazadas

141. Las especies endémicas de Perú y migratorias se determinaron según Schulenberg et al., (2010) y Plenge (2014), las endémicas de la EBA Vertiente Pacífica de Perú y Chile (EBA-52) se determinaron según la lista de Stattersfield et al., (1998) y las especies endémicas de los Biomas Andes Centrales y Pacífico Subtropical según Stolz et al., (1996).

142. Para determinar las especies amenazadas, la lista de aves se contrastó con la categorización de especies amenazadas del Estado Peruano (El Peruano, 2014), y con la clasificación internacional según BirdLife International/IUCN (2016).

143. Asimismo, se listó las especies incluidas en los apéndices de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2015).

#### 9.6. Hidrogeológica

144. La evaluación hidrogeológica del Santuario Nacional Lagunas de Mejía y ámbito del proyecto Tía María se basó en la información obtenida en campo (cartografiado geológico e hidrogeológico), resultados de pruebas de conductividad hidráulica, muestreo de aguas superficiales, análisis geológico, hidroquímico e geofísico, así como la revisión de datos<sup>28</sup>. La evaluación se centró en la elaboración de modelos conceptuales 2D, los cuales incluyeron la clasificación de unidades hidrogeológicas, determinar la dirección de flujos de agua subterránea en el acuífero Mejía, nivel piezométrico, zonas de mezcla (interfaz agua dulce-agua salada), gradientes hidráulicos e identificación de zonas de recarga y descarga (ver Anexo D. Informe N° 120-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI).

<sup>28</sup> EAS para Southern Peru Copper Corporation. 2013.

## 10.0. RESULTADOS Y ANÁLISIS

145. Los resultados serán presentados por cada zona de estudio (cf. Tabla 7-2.), de acuerdo a los componentes evaluados (agua, sedimento, hidrobiología, flora, fauna, hidrogeología) en cada una de éstas.

### 10.1. Zona I

146. Esta zona comprende la evaluación de dos grupos de estudio, el grupo 1: Ambientes lóticos y grupo 2: Ambientes lénticos. Asimismo, se precisa que, dentro de esta zona de estudio, se encuentran ubicados los administrados: Cía. De Minas Buenaventura S.A.A. (San Gabriel - ex Chucapaca) y Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú (Tassa).

#### 10.1.1. Calidad de agua

147. Para una mejor comprensión, se consideró conveniente, distribuir los puntos de monitoreo por sectores en el grupo 1: Ambientes lóticos, el cual incluye los sectores: Itapallone, Agani y Tassa y; el grupo 2: Ambientes Lénticos incluye al único cuerpo de agua, correspondiente a la laguna Tinquicocha.

##### 10.1.1.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

148. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos en los sectores Itapallone, Agani y Tassa.

##### a. Sector Itapallone

149. Los resultados de parámetros de campo del sector Itapallone, ubicados en las quebradas Juctaiccaca, sin nombre, Corire, Itapallone y en los ríos Crucero e Ichuña, indican que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) incumplieron los ECA para agua, Cat3D1, Cat3D2, al menos en un punto de monitoreo (cf. Tabla 10-1). Por otro lado, los valores de oxígeno disuelto (OD) en todos los puntos evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2. Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 3,6 - 16,5 °C. Para un mejor entendimiento, se ha considerado graficar sólo los resultados de parámetros que excedieron los ECA para agua, por lo menos en uno de los puntos de monitoreo del Grupo: Ambientes lóticos - sector Itapallone. Se precisa que, todos los resultados de los parámetros evaluados encuentran detallados en Anexo A.1. Calidad de agua.

**Tabla 10-1.** Parámetros de campo para calidad de agua en los Zona I - Grupo 1 - Sector Itapallone

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Quebrada Juctaiccaca	AG-36	5,73	55	5,32	11
Quebrada sin nombre	AG-37	3,17	581	6,29	8,1
Quebrada Corire	AG-40	5,2	413	7,23	3,6
	AG-43	3,19	819	5,4	11,3

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

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
	AG-44	3,81	475	6,08	11
	AG-45	4,54	444	5,95	11,1
Río Crucero	AG-46	8,01	4150	7,24	16,5
Quebrada Itapallone	AG-47	8,45	305	6,24	15,1
Río Ichuña	AG-48	8,72	3880	6,64	16,4
ECA para Agua Categoría 3 – D1 <sup>(a)</sup>		6,5 - 8,5	2 500	≥4	(*)
ECA para Agua Categoría 3 – D2 <sup>(b)</sup>		6,5 - 8,4	5 000	≥5	
Incumple al menos uno de los valores de los ECA.					
(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.

• **Potencial de hidrógeno (pH)**

150. En la Figura 10-1, se aprecia que los puntos ubicados en las quebradas Juctaiccaca (AG-36), sin nombre (AG-37) y Corire (AG-40, AG-43, AG-44 y AG-45) presentaron valores que se encuentran por debajo del límite inferior de los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otro lado, el punto ubicado en el río Crucero (AG-46) cumplió con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. En cambio, el punto AG-48 (río Ichuña) registró un valor de 8,72, que superó los límites superiores de los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (6,5 – 8,5), Cat3D2 (6,5 – 8,4). Asimismo, el punto AG-47 (quebrada Itapallone) registró un valor de 8,45 que superó únicamente los ECA para agua Cat3D2.

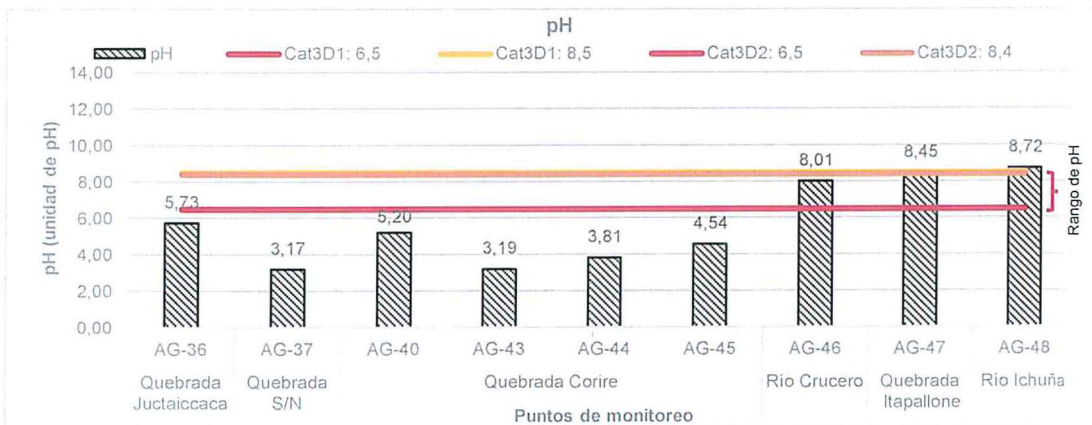


Figura 10-1. Resultados de potencial de hidrógeno (pH) en la zona I - Grupo 1 - sector Itapallone.



Handwritten marks: a checkmark, the number '19', and the number '2'.

• **Conductividad eléctrica (CE)**

151. La Figura 10-2, 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-46 (4150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y AG-48 (3880  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en los ríos Crucero e Ichuña respectivamente, que incumplieron los ECA para agua Cat3D1 (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

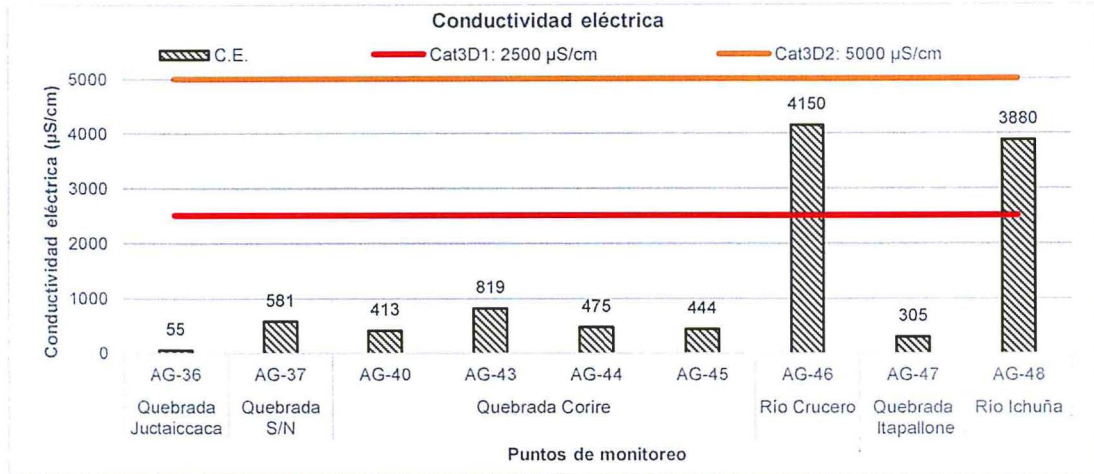


Figura 10-2. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.

152. A continuación, se presentan los resultados de los parámetros analizados por el laboratorio (Tabla 10-2), los cuales indican que los valores de cloruros incumplieron al menos en un punto los ECA para agua Cat3D1. Por otro lado, las concentraciones de DBO<sub>5</sub>, DQO, bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos, obtenidas en todos los puntos evaluados, presentaron valores que cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Cabe precisar que, la mayoría de las concentraciones de los parámetros cromo hexavalente, nitrógeno amoniacal, fosfatos, nitratos y nitrógeno total en la mayoría de los puntos evaluados, presentaron valores por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.



J  
A  
4  
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 10-2. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Itapallone

PARÁMETRO	UNIDAD	Estaciones de monitoreo									ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Quebrada Juctaiccaca	Quebrada S/N	Quebrada Corire				Río Crucero	Quebrada Itapallone	Río Ichuña	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-36	AG-37	AG-40	AG-43	AG-44	AG-45	AG-46	AG-47	AG-48	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	15	15
DQO	mg/L	38,8	2,5	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	7,7	5,8	9	40	40
Bicarbonatos	mg/L	23,7	<0,1	1,2	<0,1	<0,1	<0,1	139	79,6	129,9	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
Fosfatos	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,01	0,023	0,038	---	---
Cloruros	mg/L	3,09	1,1	1,3	5	1,2	1,1	1085	2	1000	500	---
Nitritos	mg/L	<0,005	0,066	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,06	<0,005	0,053	10	10
N-Amoniacal	mg/L	*	*	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	*	*	---	---
Nitratos	mg/L	0,25	0,18	0,19	0,55	0,29	0,36	0,23	<0,05	0,19	---	---
N-Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	1,9	102	81,7	225,2	117,6	132,7	241,9	64,7	206,5	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.										

Fuente: Elaboración propia.

• **Cloruros**

153. La Figura 10-3, muestra que sólo los puntos AG-46 (1085 mg/L) y AG-48 (1000 mg/L), ubicados en los ríos Crucero e Ichuña respectivamente, presentaron concentraciones de cloruros que excedieron los ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L).



Figura 10-3. Resultados de cloruros en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.

154. Los resultados de los metales totales que excedieron los estándares de comparación en al menos un punto de monitoreo en el sector Itapallone fueron: aluminio (Al), boro (B), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), y zinc (Zn). La Tabla 10-3, 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.



J  
A  
9  
2

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

Tabla 10-3. 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 I - Grupo 1 sector Itapallone

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 Juttaiccaca	AG-36	0,375	93	<0,007	<	0,064	31	0,056	54	<0,001	<	0,002	<	0,019	<	<0,001	<	14,04	13	0,456	70	<0,002	<	0,003	<	0,036	42
Quebrada S/N	AG-37	9,447	99	<0,007	<	0,040	45	0,074	74	0,003	<	0,024	58	0,176	6	<0,001	<	8,287	96	0,191	64	0,018	56	<0,001	<	0,228	64
Quebrada Corire	AG-40	2,839	43	<0,007	<	0,028	96	0,076	51	0,009	89	0,008	88	0,037	97	0,003	<	0,348	65	1,472	91	0,022	91	0,011	91	0,940	87
	AG-43	11,52	92	<0,007	<	0,016	88	0,037	89	0,028	93	0,064	94	0,461	97	0,009	<	7,757	98	4,858	96	0,101	94	0,103	94	3,075	92
	AG-44	9,466	97	<0,007	<	0,031	55	0,044	86	0,020	95	0,027	96	0,180	96	0,003	<	0,9836	88	3,596	99	0,052	100	0,047	98	1,916	92
	AG-45	8,459	97	<0,007	<	0,030	87	0,087	44	0,018	89	0,020	95	0,127	99	0,003	<	0,731	31	2,995	95	0,044	93	0,04	93	1,618	92
Río Crucero	AG-46	0,603	15	0,027	85	0,047	98	2,069	94	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,104	19	0,073	73	<0,002	<	0,002	<	0,027	37
Quebrada Itapallone	AG-47	0,130	42	<0,007	<	0,045	87	0,070	77	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,063	19	0,028	79	<0,002	<	0,008	<	0,010	70
Río Ichuña	AG-48	0,512	17	0,022	95	0,051	92	1,837	90	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,104	17	0,057	68	<0,002	<	0,006	<	0,025	32
ECA, Cat3D1		5	---	0,1	---	0,7	---	1	---	0,01	---	0,05	---	0,2	---	0,1	---	5	---	0,2	---	0,2	---	0,05	---	2	---
ECA, Cat3D2		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.																									
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: Bebida de animales.																									

Fuente: Elaboración propia.

155. En las Figuras 10-4, 10-5 y 10-6, se muestran las concentraciones de metales totales (Al, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) que excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Concentración de aluminio (Al)**

156. Las concentraciones de aluminio, superaron el ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2 (5 mg/L), en los puntos AG-37 (9,447 mg/L) en la quebrada sin nombre y AG-43 (11,52 mg/L), AG-44 (9,466 mg/L) y AG-45 (8,459 mg/L) en la quebrada Corire, el resto de puntos presentaron concentraciones que se encuentran por debajo de los ECA para agua.

- **Concentración de boro (B)**

157. Este metal, superó los ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L), en los puntos AG-46 (2,069 mg/L) y AG-48 (1,837 mg/L), ubicados en los ríos Crucero e Ichuña respectivamente, el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Concentración de cadmio (Cd)**

158. El cadmio superó el ECA para agua Cat3D1 (0,01 mg/L) en los puntos AG-43 (0,028 mg/L), AG-44 (0,02 mg/L) y AG-45 (0,018 mg/L), ubicados en la quebrada Corire. Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1, Cat3D2.

- **Concentración de hierro (Fe)**

159. Las concentraciones de hierro presentaron que excedieron los ECA para agua Cat3D1 (5 mg/L) en los puntos AG-36 (14,04 mg/L), AG-37 (8,287 mg/L) y AG-43 (7,757 mg/L), ubicados en las quebradas Juttaiccaca, sin nombre y Corire, respectivamente. Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua Cat3D1.

- **Concentración de manganeso (Mn)**

160. Este metal presentó concentraciones que superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L), en los puntos AG-36 (0,456 mg/L) en la quebrada Juttaiccaca; y AG-40 (1,472 mg/L), AG-43 (4,858 mg/L), AG-44 (3,596 mg/L) y AG-45 (2,995 mg/L) en la quebrada Corire. Los demás puntos de monitoreo presentaron valores por debajo de los ECA para agua.

- **Concentración de cobalto (Co), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn)**

161. Estos metales presentaron concentraciones que excedieron los ECA para agua Cat3D1, únicamente en el punto AG-43, ubicado en la quebrada Corire, registrándose valores de: 0,064 mg/L (Co); 0,461 mg/L (Cu); 0,103 mg/L (Pb); y 3,075 mg/L (Zn). Adicionalmente, el plomo superó los ECA para agua Cat3D2 (0,05 mg/L).



↓  
★  
4  
2

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

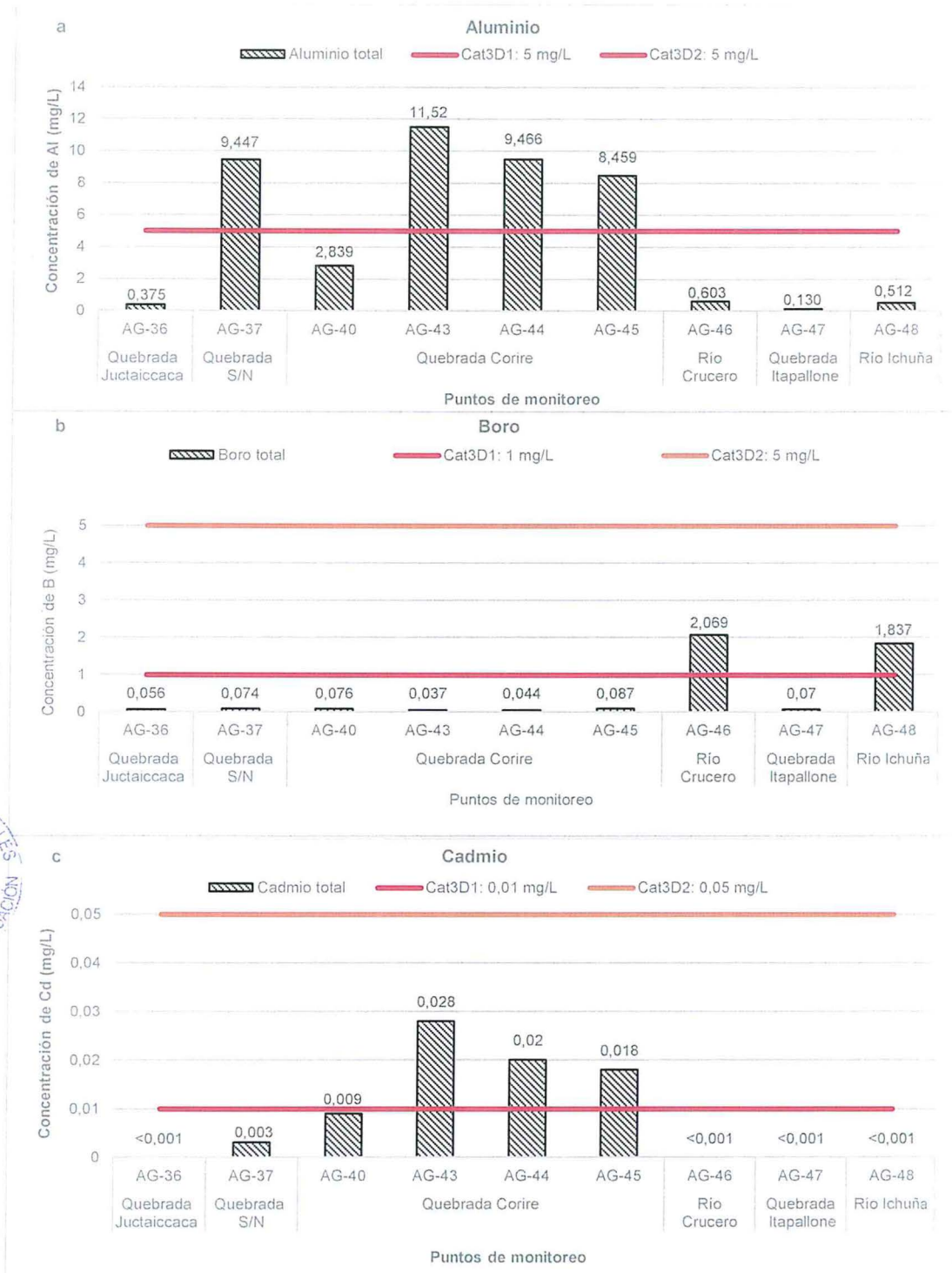


Figura 10-4. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone: a. aluminio, b. boro y c. cadmio.



4  
2

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

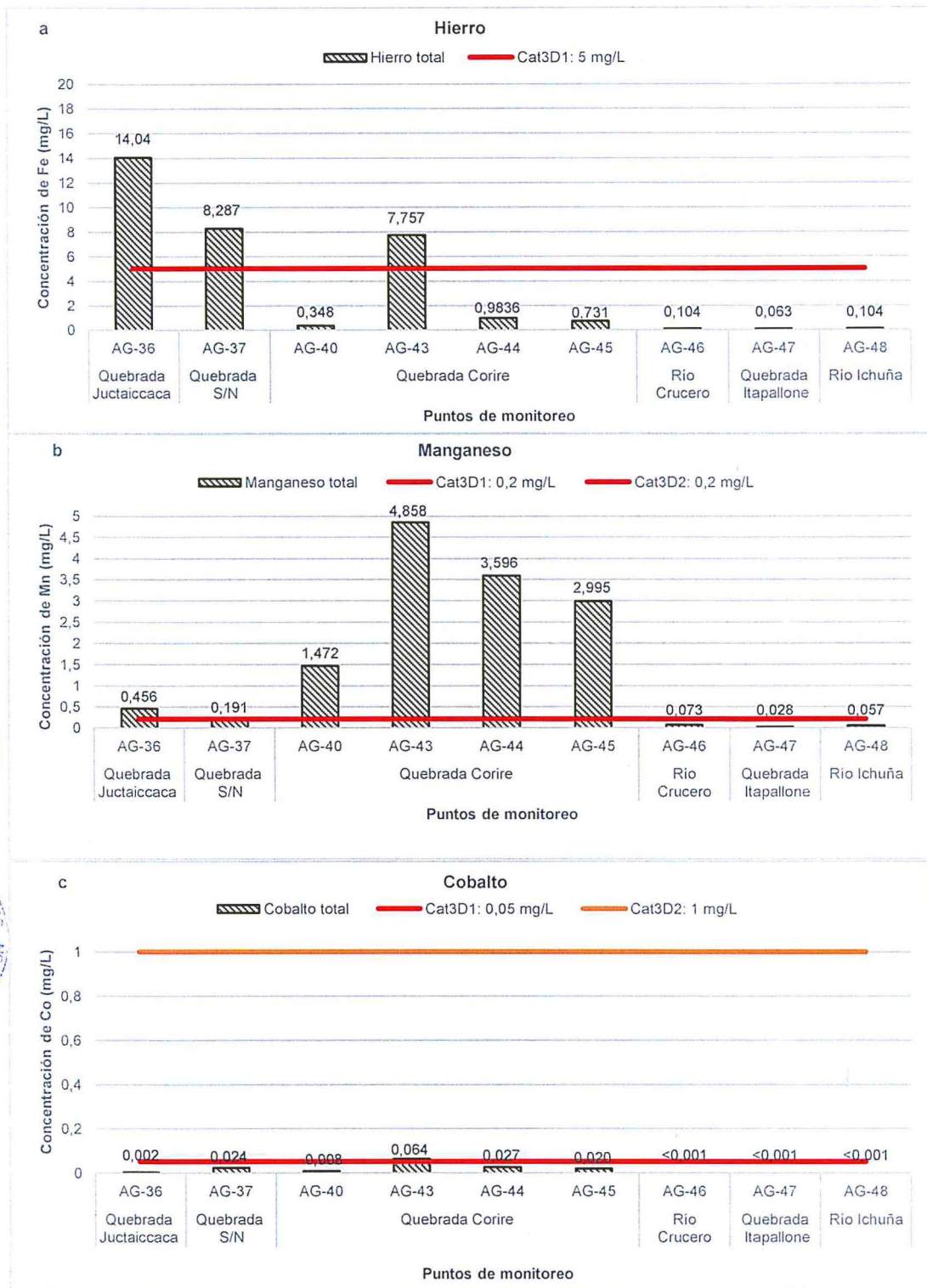


Figura 10-5. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone: a. hierro, b. manganeso y c. cobalto.



4  
2

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

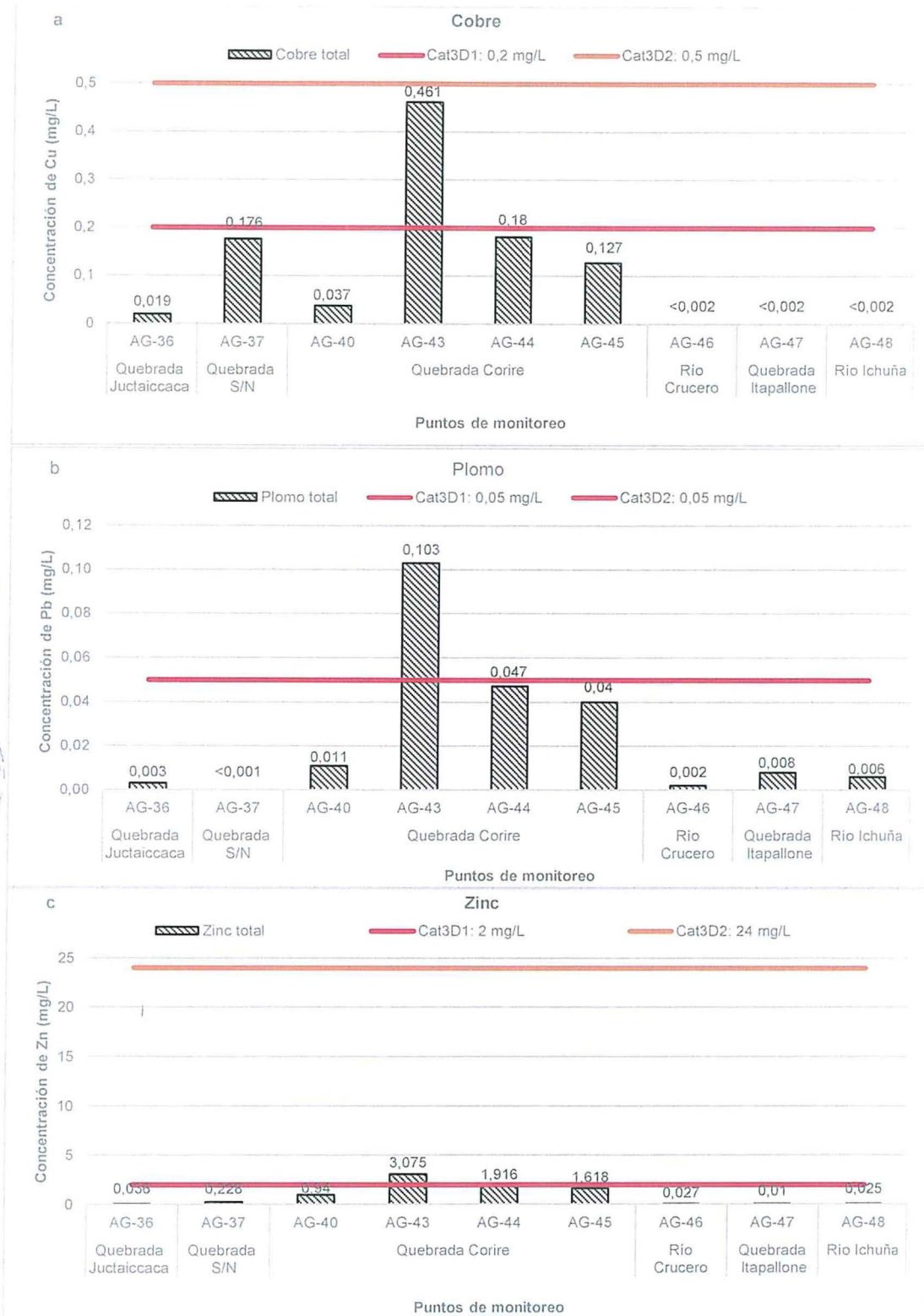


Figura 10-6. Resultados de la concentración de metales totales que superan el ECA para agua en al menos uno de los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone: a. cobre, b. plomo y c. zinc.



J  
A  
4  
2

162. Las concentraciones de metales totales obtenidas en el sector Itapallone que superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, se reportaron principalmente en los puntos ubicados en la quebrada Corire (AG-43, AG-44 y AG-45), lo cual podría indicar una posible procedencia natural, debido a la naturaleza mineralizada de este sector. Por otro lado, el aluminio, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc se encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados.

**b. Sector Agani**

163. Los resultados de los parámetros de campo del sector Agani, ubicados en las quebradas Agani, Ceniguillayoc, Quilcata, Jamochini, Ansamani y en los ríos Ichuña, Paltiture y Tambo se detallan en la Tabla 10-4, señalan que el potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) incumplieron alguno de los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, al menos en un punto de monitoreo. Por otra parte, los valores de oxígeno disuelto (OD) en todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (valor mínimo 4 mg/L) y Cat3D2 (valor mínimo 5 mg/L). Respecto a la temperatura, los valores obtenidos estuvieron en el rango de 8,03 - 14,2 °C.

**Tabla 10-4.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 2 sector Agani

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)
Quebrada Agani	AG-49	8,77	43,4	7,10	10,6
	AG-50	7,80	69,7	6,32	10,8
	AG-53	8,06	94	6,34	11,5
Quebrada Ceniguillayoc	AG-51	8,08	110,4	6,27	11,2
Quebrada Quilcata	AG-52	7,80	201,6	6,02	13,8
Quebrada Jamochini	AG-55	7,90	91,4	5,91	13,9
Quebrada Ansamani	AG-56	8,53	121,3	6,80	12,3
	AG-58	8,16	389	6,66	11,6
Río Ichuña	AG-59	8,57	3 000	8,34	8,03
	AG-60	8,68	2 890	6,61	12,8
	AG-61	8,19	3 970	6,55	13,9
Río Paltiture	AG-62	8,43	2 460	6,37	14,2
Río Tambo	AG-63	8,32	3 330	6,64	13,4
<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>	
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.				

Fuente: Elaboración propia.



4  
2

• **Potencial de hidrógeno (pH)**

164. En la Figura 10-7, se observa que los puntos ubicados en las quebradas Agani (AG-49) y Ansamani (AG-56), y en los ríos Ichuña (AG-59 y AG-60) y Paltiture (AG-62) presentaron valores (pH: 8,43 a 8,77) que incumplieron los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (pH: 6,5 - 8,5) y Cat3D2 (pH: 6,5 - 8,4). Por otro lado, los puntos ubicados en las quebradas Agani (AG-50 y AG-53), Ceniguillayoc (AG-51), Quilcata (AG-52), Jamochini (AG-55) y Ansamani (AG-58), así como en los ríos Ichuña (AG-61) y Tambo (AG-63), presentaron valores que cumplieron los ECA para agua.

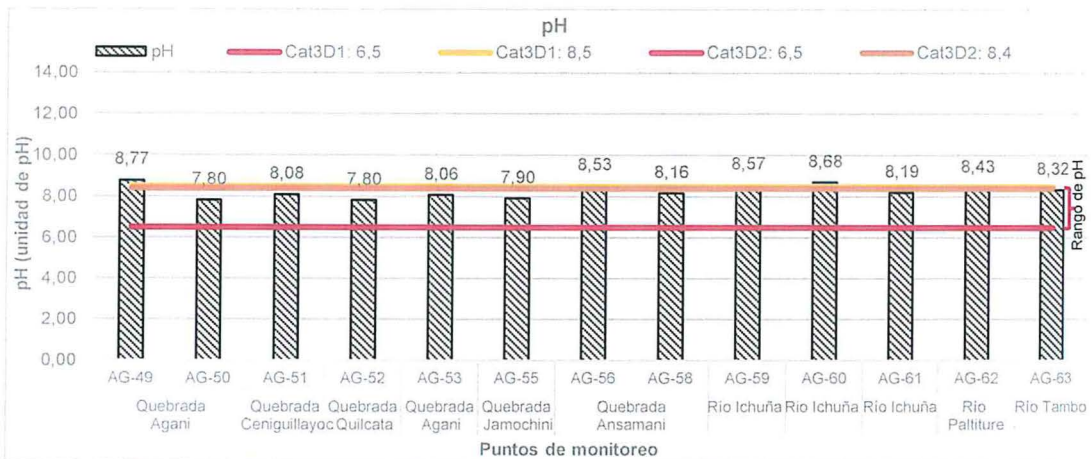


Figura 10-7. Resultados de potencial de hidrógeno (pH) en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani.

• **Conductividad eléctrica (CE)**

165. La Figura 10-8, muestra que todos los puntos cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 (CE: 2500  $\mu$ S/cm) y Cat3D2 (CE: 5000  $\mu$ S/cm), a excepción a los valores de CE obtenidos en los puntos AG-59 (CE: 3000  $\mu$ S/cm), AG-60 (CE: 2890  $\mu$ S/cm) y AG-61 (CE: 3970  $\mu$ S/cm) ubicados en el río Ichuña y AG-63 en el río Tambo (CE: 3330  $\mu$ S/cm) que excedieron el ECA para agua Cat3D1 (2500  $\mu$ S/cm).

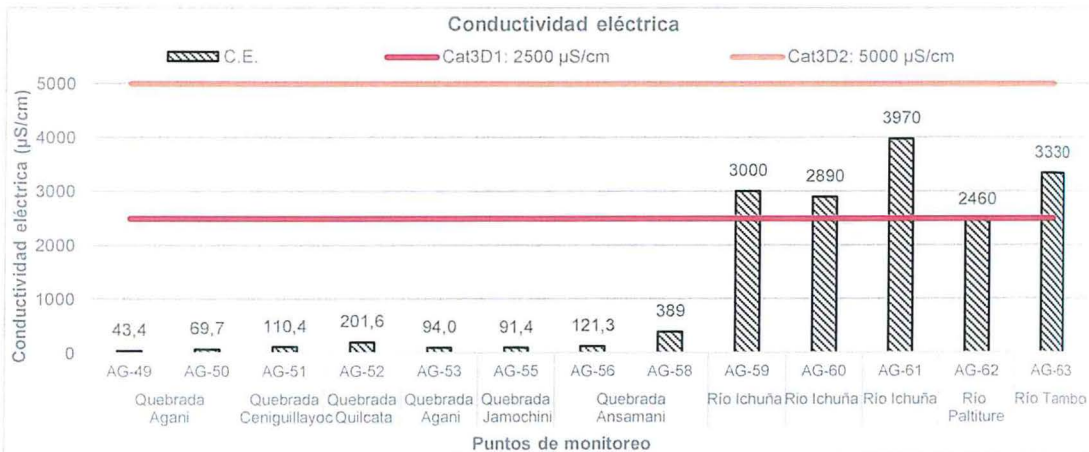


Figura 10-8. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani.



Handwritten signature and date: 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"

166. A continuación, se presentan los resultados de los parámetros analizados por el laboratorio (Tabla 10-5), la cuales indican que los valores de cloruros incumplieron al menos en un punto los ECA para agua. En cambio, las concentraciones de DBO<sub>5</sub>, DQO, bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos presentaron valores que cumplieron con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Cabe señalar, que la mayoría de los valores obtenidos para los parámetros cromo hexavalente, fosfatos, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrógeno total presentaron valores por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.



X  
A  
14  
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 10-5. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Agani

PARÁMETRO	UNIDAD	Puntos de monitoreo													ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Quebrada Agani		Quebrada Ceniguillayoc	Quebrada Quilcata	Quebrada Agani	Quebrada Jamochini	Quebrada Ansamani		Río Ichuña	Río Ichuña	Río Ichuña	Río Paltiture	Río Tambo	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-49	AG-50	AG-51	AG-52	AG-53	AG-55	AG-56	AG-58	AG-59	AG-60	AG-61	AG-62	AG-63	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	<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	9,7	11	<2,0	<2,0	2,6	40	40
Bicarbonatos	mg/L	13,7	32,6	47,8	78,7	35	10,2	42,8	106,6	168,1	155,5	226,8	193,8	218,3	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	<0,004	0,1	0,1
Cr VI	mg/L	<0,01	*	*	<0,01	*	<0,01	<0,01	<0,01	*	*	<0,01	<0,01	<0,01	---	---
Fosfatos	mg/L	0,01	<0,007	<0,007	0,009	0,009	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,03	0,03	0,029	---	---
Cloruros	mg/L	2,5	2,1	1,9	1,7	1,7	1,7	1,9	2,4	745	761,5	1172,50	592,5	802,5	500	---
Nitritos	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,022	0,015	0,136	<0,005	0,128	10	10
N-Amoniacal	mg/L	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,29	<0,01	0,16	---	---
Nitratos	mg/L	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,25	<0,05	0,49	<0,05	0,31	---	---
N- Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	1,7	2,1	6,3	20,4	6,3	16,9	6,5	77,3	183,9	192,2	253,4	217,2	162,3	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.



J  
A  
4  
Z

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

• **Cloruros**

167. La Figura 10-9, muestra que sólo los puntos ubicados en los ríos Ichuña (AG-59, AG-60 y AG-61), Paltiture (AG-62) y Tambo (AG-63) presentaron concentraciones de cloruros por encima del establecido en el ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L).

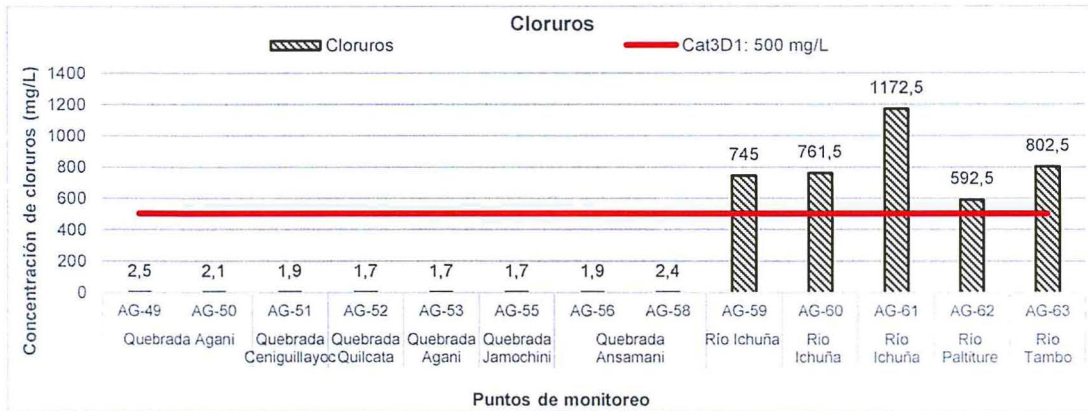


Figura 10-9. Resultados de cloruros en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani.

168. Los resultados de metales totales obtenidos en el en el sector Agani (cf. Tabla 10-6), evidenciaron el incumplimiento de los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 de los metales boro (B) y manganeso (Mn). Cabe mencionar que, la comparación con los estándares de calidad, 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.



↓  
A  
4  
2



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

**Tabla 10-6.** 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 I - Grupo 1 sector Agani

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 Agani	AG-49	0,173	8	<0,007	<	0,094	45	0,035	97	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,199	7	0,08	24	<0,002	<	<0,001	<	0,08	<
	AG-50	0,062	26	<0,007	<	0,07	76	0,055	93	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,205	54	0,074	49	<0,002	<	<0,001	<	0,006	83
Quebrada Ceniguillayoc	AG-51	0,023	70	<0,007	<	0,064	77	0,054	89	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,071	56	0,008	75	<0,002	<	<0,001	<	0,004	<
Quebrada Quilcata	AG-52	0,098	27	<0,007	<	0,068	78	0,114	90	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,125	27	0,028	71	<0,002	<	<0,001	<	0,005	<
Quebrada Agani	AG-53	0,070	39	<0,007	<	0,044	89	0,06	87	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,057	42	0,006	67	<0,002	<	0,008	<	0,006	<
Quebrada Jamochini	AG-55	0,113	29	<0,007	<	0,066	98	0,04	78	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,646	12	0,574	89	<0,002	<	0,011	<	0,016	69
Quebrada Ansamani	AG-56	0,041	41	<0,007	<	0,052	67	0,09	88	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,048	50	0,004	75	<0,002	<	0,009	<	0,007	<
	AG-58	0,03	37	<0,007	<	0,056	93	0,251	81	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,039	33	0,004	75	<0,002	<	<0,001	<	0,005	<
Río Ichuña	AG-59	0,172	22	0,016	<	0,063	98	1,595	89	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,047	32	0,04	90	<0,002	<	0,003	<	0,016	63
Río Ichuña	AG-60	0,165	27	0,016	100	0,059	97	1,511	93	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,051	51	0,032	47	<0,002	<	0,003	<	0,01	60
Río Ichuña	AG-61	0,124	25	0,028	93	0,07	84	3,132	80	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,091	23	0,058	90	<0,002	<	<0,001	<	0,012	42
Río Paltiture	AG-62	0,015	80	0,012	92	0,06	98	1,493	91	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,081	49	0,014	86	<0,002	<	0,004	<	0,006	100
Río Tambo	AG-63	0,081	27	0,024	96	0,069	99	2,50	95	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,098	30	0,045	76	<0,002	<	0,002	<	0,008	100
ECA, Cat3D1		5	---	0,1	---	0,7	---	1	---	0,01	---	0,05	---	0,2	---	0,1	---	5	---	0,2	---	0,2	---	0,05	---	2	---
ECA, Cat3D2		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.																									
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.

• **Boro (B)**

169. La Figura 10-10, muestra que sólo los puntos ubicados en los ríos Ichuña (AG-59, AG-60 y AG-61), Paltiture (AG-62) y Tambo (AG-63) presentaron concentraciones de boro por encima del valor establecido en el ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L).

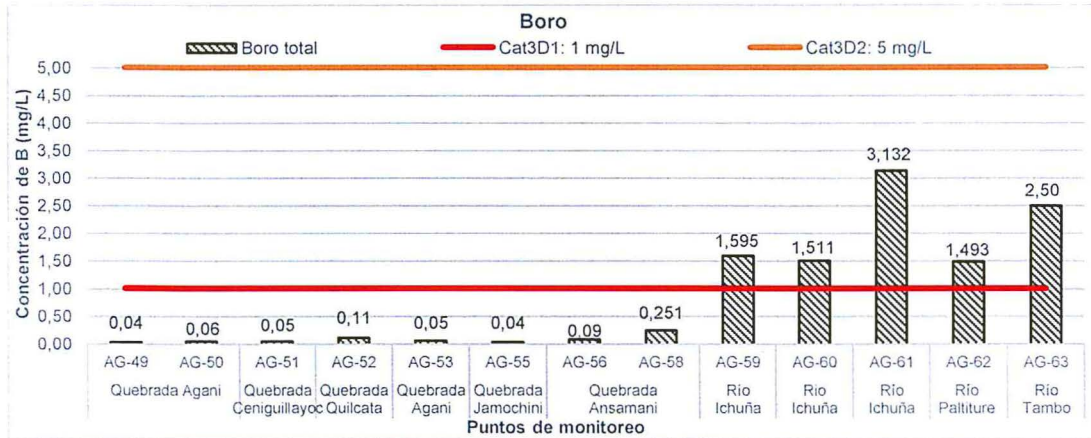


Figura 10-10. Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Agani.

• **Manganeso (Mn)**

170. En la Figura 10-11, se aprecia que las concentraciones de manganeso, donde sólo el punto AG-55, ubicado en la quebrada Jamochini superó los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/L), el resto de los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los ECA para agua.

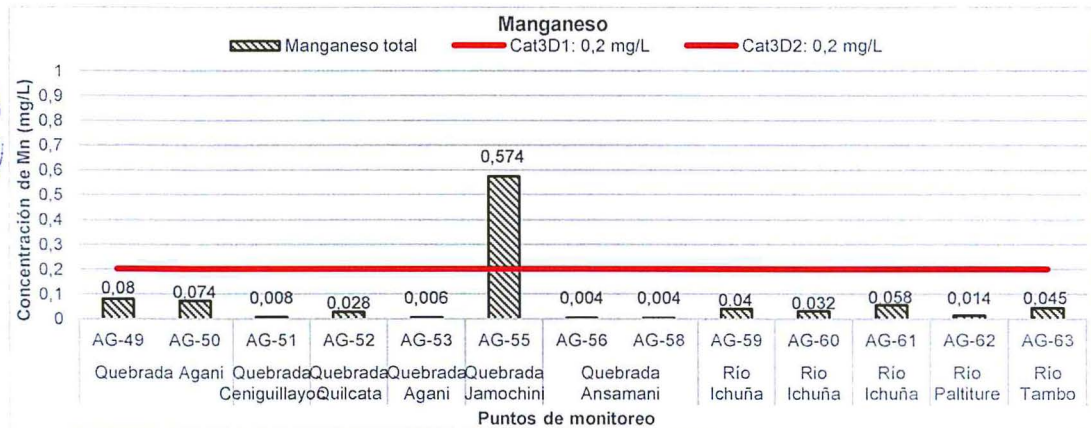


Figura 10-11. Resultados de las concentraciones de manganeso en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani.

171. Las concentraciones de boro y manganeso obtenidas en el sector Agani que superaron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, se reportaron principalmente en los puntos ubicados los ríos Ichuña, Paltiture y Tambo, lo cual podría indicar una posible procedencia natural, debido a la existencia de manantiales y fuentes termales que aportan agua a estos ríos. En cuanto a la concentración de manganeso en la quebrada Jamochini, podría ser atribuida a la naturaleza mineralizada de la zona. Respecto a la fase en la que se encuentran los metales



J  
\*  
4  
2

(disuelta o suspendida); el boro y manganeso se encontraron principalmente en fase disuelta en todos los puntos evaluados.

**c. Sector Tassa**

172. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en el sector Tassa, ubicados en la quebrada Pachaca y en los ríos Tassa y Tambo se detallan en la Tabla 10-7, donde se observa que los parámetros de potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) incumplieron los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, 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 9,7 - 14,8 °C.

**Tabla 10-7.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)
Quebrada Pachaca	AG-66	8,04	997	6,78	11,9
Río Tassa	AG-68	7,89	874	6,93	9,7
	AG-69	8,55	2104	6,68	14,7
Río Tambo	AG-70	8,30	3290	7,26	14,3
	AG-71	8,27	3250	6,79	14,8
ECA para Agua Categoría 3 – D1 <sup>(a)</sup>		6,5 - 8,5	2 500	≥4	*
ECA para Agua Categoría 3 – D2 <sup>(b)</sup>		6,5 - 8,4	5 000	≥5	
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.				

Fuente: Elaboración propia.

• **Potencial de hidrógeno (pH)**

173. La Figura 10-12, muestra que el punto AG-69, ubicado en el río Tassa (pH: 8,55), fue el único que presentó un valor por encima del límite superior de los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 (6,5 - 8,5) y Cat3D2 (6,5 – 8,4). Los demás puntos presentaron valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos en los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.



1  
X  
4  
2

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

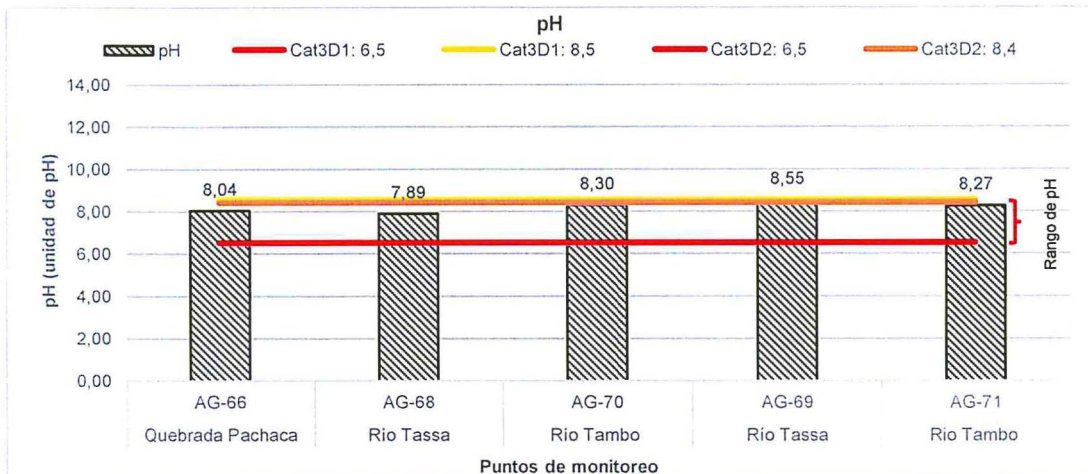


Figura 10-12. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Tassa

• Conductividad eléctrica (CE)

174. La Figura 10-13, 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-70 (3290  $\mu\text{S/cm}$ ) y AG-71 (3250  $\mu\text{S/cm}$ ) en el río Tambo, que excedieron el ECA para agua Cat3D1 (2500  $\mu\text{S/cm}$ ).



Handwritten signature and date: 14/04/20

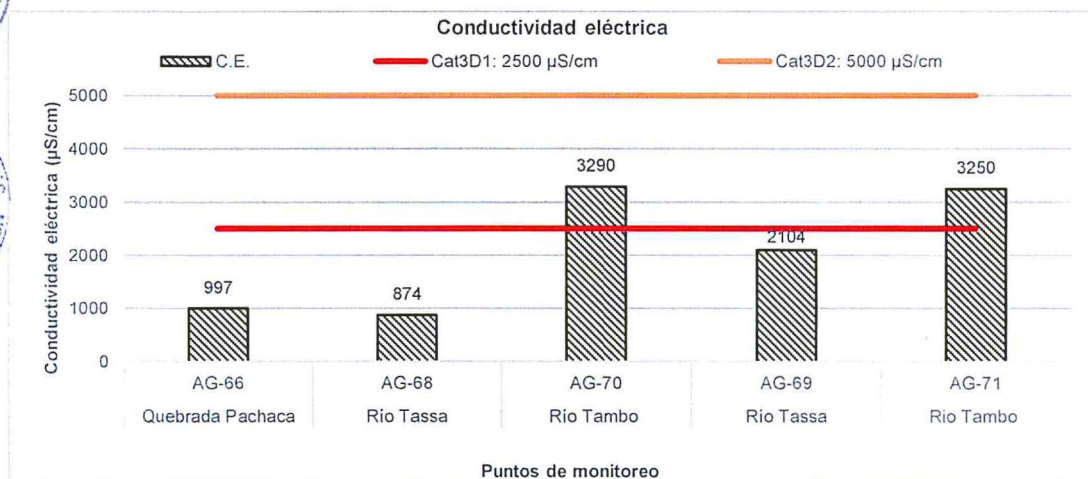


Figura 10-13. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de la Zona I - Grupo 1 - sector Tassa.

175. En la Tabla 10-8, se resaltan los valores de cloruros que incumplieron al menos en un punto el ECA para agua Cat3D1. En cambio, las concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , DQO, bicarbonatos, cianuro wad, nitritos y sulfatos, obtenidas en todos los puntos evaluados presentaron valores que cumplieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Cabe señalar, que los valores obtenidos para los parámetros como hexavalente y nitrógeno total presentaron valores por debajo del límite de cuantificación.

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

Tabla 10-8. Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.

PARÁMETRO	UNIDAD	Estaciones de monitoreo					ECA para agua (D.S. N° 015-2015-MINAM)	
		Quebrada Pachaca	Río Tassa	Río Tambo	Río Tassa	Río Tambo	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	
		AG-66	AG-68	AG-70	AG-69	AG-71	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	2,8	<2,0	15	15
DQO	mg/L	<2,0	<2,0	3,2	23,2	<2,0	40	40
Bicarbonatos	mg/L	161,4	172,8	228,1	409,6	226,3	518	---
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	0,1
Cromo VI	mg/L	*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	---	---
Fosfatos	mg/L	0,055	<0,007	0,032	0,053	0,007	---	---
Cloruros	mg/L	9,7	81,9	787,5	325	930	500	---
Nitritos	mg/L	<0,005	<0,005	0,06	0,065	0,071	10	10
N-Amoniacal	mg/L	*	0,01	0,13	<0,01	0,23	---	---
Nitratos	mg/L	<0,05	<0,05	0,42	0,17	0,52	---	---
N-Total	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	---	---
Sulfatos	mg/L	242,5	115,8	197,8	188,3	179,2	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.							
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.

• **Cloruros**

176. La Figura 10-14, muestra que sólo los puntos AG-70 (787,5 mg/L) y AG-71 (930 mg/L) ubicados en el río Tambo presentaron concentraciones de cloruros por encima del establecido en el ECA para agua Cat3D1 (500 mg/L).

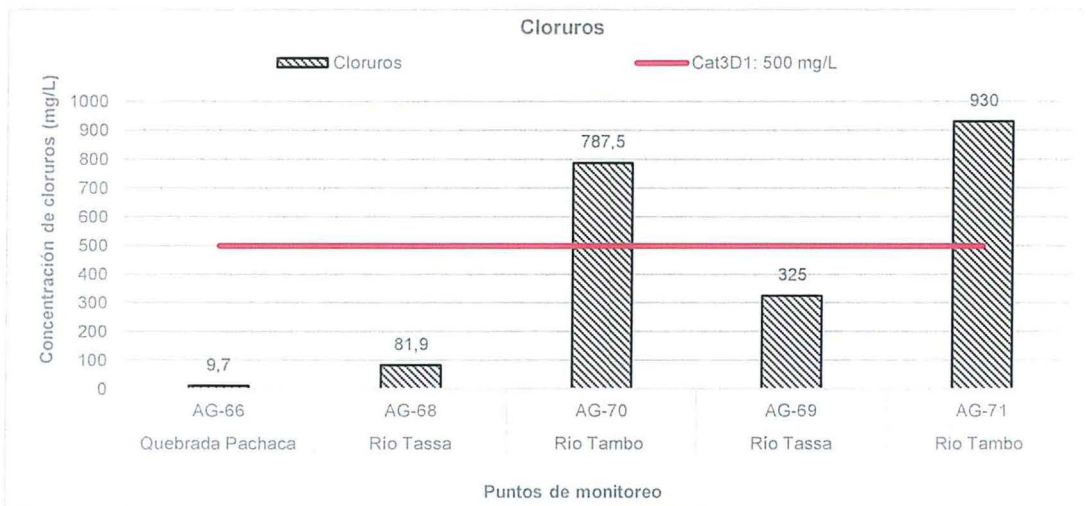


Figura 10-14. Resultados de cloruros en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.



Handwritten signature and date: J.A. 9/2

177. El único metal que presentó concentraciones que excedieron los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, en al menos un punto de monitoreo en el sector Tassa fue el boro (B). La Tabla 10-9, 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.



X  
A  
14  
2

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

**Tabla 10-9.** 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 I - Grupo 1 sector Tassa

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 Pachaca	AG-66	0,052	<	<0,007	<	0,021	95	0,375	86	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,062	<	0,01	42	<0,002	<	<0,001	<	0,015	60
Río Tassa	AG-68	0,064	15	<0,007	<	0,046	78	2,436	86	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,084	8	0,062	69	<0,002	<	0,004	<	0,058	78
Río Tambo	AG-70	0,08	25	0,023	96	0,073	99	2,475	90	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,111	29	0,051	86	<0,002	<	0,002	<	0,01	50
Río Tassa	AG-69	0,273	4	<0,007	<	0,078	73	8,83	88	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,29	4	0,123	8	<0,002	<	0,005	<	0,031	26
Río Tambo	AG-71	0,086	62	0,021	90	0,069	99	3,614	63	<0,001	<	<0,001	<	<0,002	<	<0,001	<	0,101	47	0,049	94	<0,002	<	0,002	<	0,012	75
<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	---
		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.																										

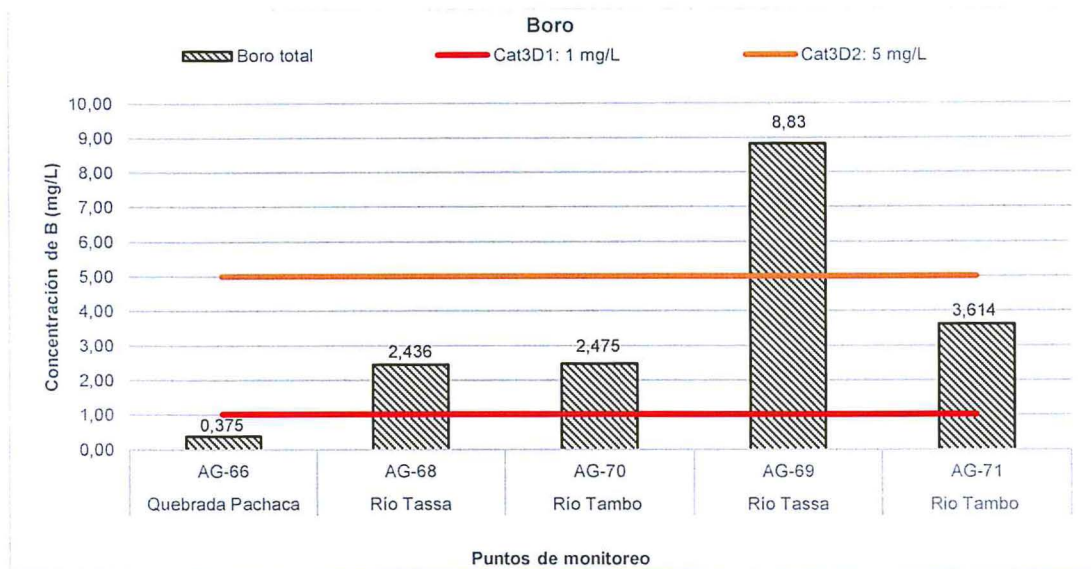
Fuente: Elaboración propia.



Handwritten marks: a checkmark, the number '1', and the number '2'.

• **Concentración de boro (B)**

178. La Figura 10-15, muestra que los puntos ubicados en los ríos Tassa (AG-68 y AG-69) y Tambo (AG-70 y AG-71) presentaron concentraciones de boro que incumplieron el ECA para agua Cat3D1 (1 mg/L). Además, sólo el punto AG-69 (B: 8,83 mg/L) ubicado en el río Tassa, superó la concentración establecida en el ECA para agua Cat3D2 (5 mg/L).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10-15.** Resultados de las concentraciones de boro en los puntos de la Zona I - Grupo 1 sector Tassa.



**10.1.1.2. Grupo 2: Ambientes lénticos**

179. 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).



**a. Laguna Tinquicocha**

180. Los resultados de los parámetros de campo obtenidos en la laguna Tinquicocha, se detallan en la Tabla 10-10, donde se observa que el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) incumplió el ECA para agua, Cat4E1-Lagunas y Lagos (pH: 6,5 – 9), presentando un valor ácido (pH: 4,69). En el caso de la conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD), presentaron valores de 201  $\mu$ S/cm y 5,85 mg/L respectivamente, cumpliendo de esta manera con lo establecido en el ECA para agua, Cat4E1-Lagunas y Lagos. Respecto a la temperatura, el valor obtenido fue de 4,8 °C.

Handwritten vertical text: 'A ey 2'

**Tabla 10-10.** Resultados de los parámetros de campo para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 2 - Laguna Tinquicocha

Cuerpo de agua	Código	Parámetros de Campo			
		pH (unidad de pH)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
Laguna Tinquicocha	AG-35	4,69	201	5,85	4,8
<b>ECA para Agua Categoría 4, E1: Lagunas y lagos (a)</b>		6,5 - 9,0	1 000	≥5	Δ3*
Incumple los valores del ECA para agua Categoría 4, subcategoría E1: Lagunas y Lagos					
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4. E1: Lagunas y Lagos (D.S. N° 015-2015-MINAM).					
(*) 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.

181. Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo para los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos, fósforo, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, cromo hexavalente y cianuro wad, se muestran en la Tabla 10-11.

182. En esta tabla se muestra que los parámetros DBO<sub>5</sub>, cromo hexavalente, nitratos y nitrógeno total evaluados en la laguna Tinquicocha, presentaron valores que cumplieron el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos, a excepción del fósforo total que presentó un valor de 0,04, incumpliendo el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos (0,035 mg/L).

**Tabla 10-11.** Resultados de los parámetros de laboratorio para calidad de agua en los puntos de la Zona I - Grupo 2 – Laguna Tinquicocha

PARÁMETRO	UNIDAD	Punto de monitoreo	ECA para agua, Categoría 4
		Laguna Tinquicocha	E1: Lagunas y lagos <sup>(a)</sup>
		AG-35	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2,0	5
DQO	mg/L	<2,0	---
Bicarbonatos	mg/L	2,8	---
Cianuro Wad	mg/L	<0,004	---
Cromo hexavalente	mg/L	<0,01	0,011
Fosfato	mg/L	<0,007	---
Fósforo total	mg/L	0,04	0,035
Cloruros	mg/L	5,7	---
Nitritos	mg/L	<0,005	---
N-Amoniacal	mg/L	0,02	---
Nitratos	mg/L	<0,05	13
Nitrógeno Total	mg/L	<1	0,315
Sulfatos	mg/L	41,7	---
Incumple el ECA para agua Categoría 4: Subcategoría E1: Lagunas y lagos.			
---	No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.		
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4. Subcategoría E1: Lagunas y Lagos.			

Fuente: Elaboración propia.

183. Las concentraciones de metales totales y su comparación con los correspondientes ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos, se muestran en la



Handwritten signature and initials in blue ink.

Tabla 10-12. En dicha tabla, se observa que todos los metales presentaron concentraciones que cumplen con el ECA para agua Cat4E1-Lagunas y Lagos. 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 son detallados en el Anexo A.1. con fines informativos.

**Tabla 10-12.** Resultados de los metales totales en la laguna Tinquicocha de la Zona I - Grupo 2

PARÁMETRO	UNIDAD	Punto de monitoreo	
		Laguna Tinquicocha	ECA para agua, categoría 4
		AG-35	Lagunas y lagos <sup>(a)</sup>
Antimonio (Sb)	mg/L	<0,006	0,61
Arsénico (As)	mg/L	<0,007	0,15
Bario (Ba)	mg/L	0,062	0,7
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,001	0,00025
Cobre (Cu)	mg/L	0,012	0,1
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,0001	0,0001
Níquel (Ni)	mg/L	<0,002	0,052
Plomo (Pb)	mg/L	<0,001	0,0025
Selenio (Se)	mg/L	<0,006	0,005
Talio (Tl)	mg/L	<0,007	0,0008
Zinc (Zn)	mg/L	0,022	0,12
		Incumple el ECA para agua Categoría 4: Subcategoría E1: Lagunas y lagos.	
---		No presenta valor para la categoría o subcategoría correspondiente.	
(a) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4. Subcategoría E1: Lagunas y Lagos.			

Fuente: Elaboración propia.

### 10.1.2. Calidad de sedimento

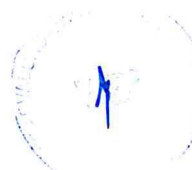
184. A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de laboratorio, de la Zona I para el componente sedimento, tomando en cuenta los grupos y sectores descritos para el componente agua superficial.

#### 10.1.2.1. Grupo 1: Ambientes lóticos

185. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos en los sectores Itapallone, Agani y Tassa.

##### 10.1.2.1.1. Sector Itapallone

186. En las Tablas 10-13 y 10-14, 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.



J  
A  
y  
L

187. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-13, el tipo de partícula predominante en el sedimento en los puntos de monitoreo es la arena (SD-46, SD-47 y SD-48), seguido de la arena-franca (SD-40 y SD-44), y por último franco limosa (SD-43). 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.

188. Asimismo, según la Tabla 10-14, las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc 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 10-13.** Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 1 sector Itapallone

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-40	Quebrada Corire	80	15	5	Areno Franca
SD-43		30	55	15	Franco-Limosa
SD-44		85	15	0	Areno Franca
SD-46	Río Crucero	100	0	0	Arenosa
SD-47	Quebrada Itapallone	100	0	0	Arenosa
SD-48	Río Ichuña	100	0	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10-14.** Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo						CEQG	
		Quebrada Corire			Río Crucero	Quebrada Itapallone	Río Ichuña	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-40	SD-43	SD-44	SD-46	SD-47	SD-48		
Arsénico total (As)	mg/kg MS	62,30	65,10	144	20,90	17,40	31,60	5,9	17
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	1,26	0,52	0,75	1,36	0,28	0,45	0,6	3,5
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	18,20	25,50	33,10	30,30	14,10	14,30	35,7	197
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	4,10	4,50	2,70	6,50	14,70	11,80	37,3	90
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	0,27	0,71	0,64	0,09	0,04	0,09	0,17	0,486
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	106	189	212	7,18	37,70	24,00	35	91,3
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	188	198	166	368	70,20	96,10	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.

189. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

- **Concentración de arsénico (As)**

190. En la Figura 10-16, se aprecia las concentraciones de arsénico obtenidas en todos los puntos de monitoreo, ubicados en las quebradas Corire e Itapallone, además de los ríos Crucero e Ichuña, 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 144 mg/kg. Es importante señalar, que las mayores concentraciones de arsénico fueron reportadas en la quebrada Corire (SD-40, SD-43 y SD-44).

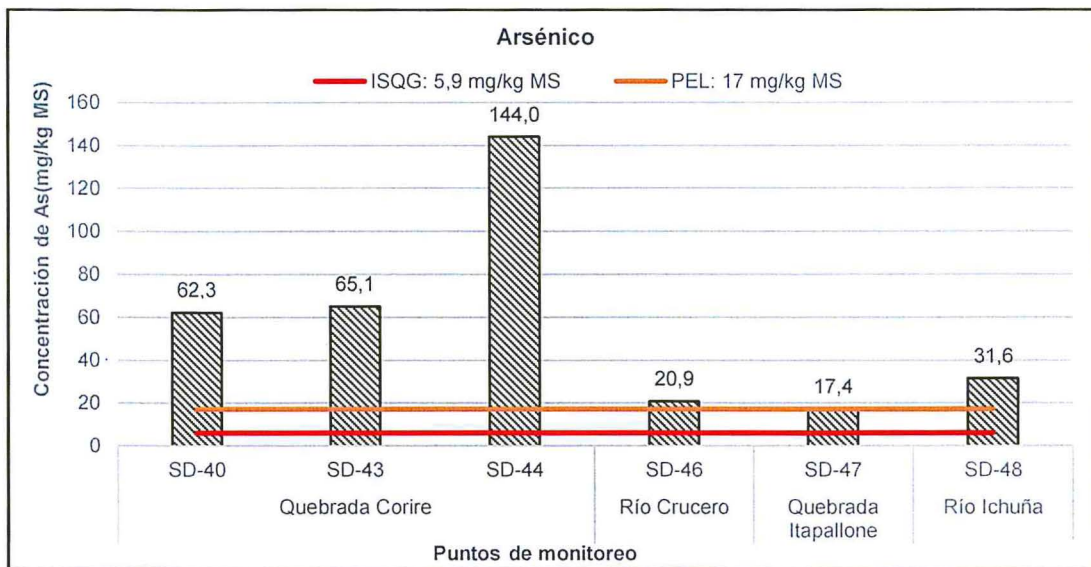


Figura 10-16. Concentraciones de arsénico en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense.

- **Concentración de cadmio (Cd)**

191. En la Figura 10-17, se presentan las concentraciones de cadmio en sedimento para el grupo 1 sector Itapallone. De acuerdo a la figura, los puntos SD-40 y SD-44 (quebrada Corire); y SD-46 (río Crucero) presentaron concentraciones de 1,26; 0,75 y 1,36 mg/kg, respectivamente, que excedieron el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la norma de referencia. Los demás puntos presentaron concentraciones por debajo del valor referido.

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

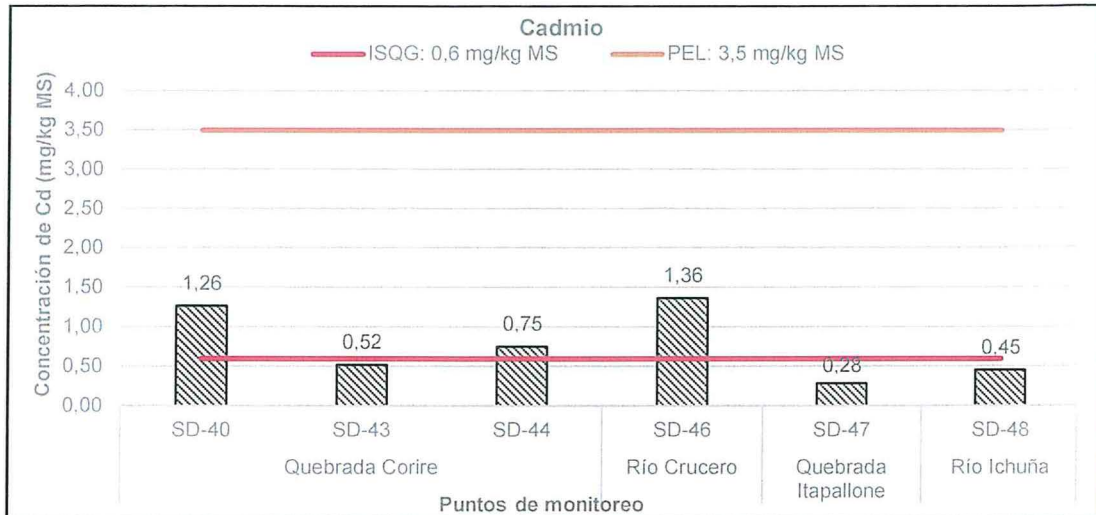


Figura 10-17. Concentraciones de cadmio en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense.

- Concentración de mercurio (Hg)

192. En la Figura 10-18, se presentan las concentraciones de mercurio en sedimento para el grupo 1 sector Itapallone. De acuerdo a la figura, los puntos SD-40, SD-43 y SD-44 (quebrada Corire) presentaron concentraciones de 0,27; 0,71 y 0,64 mg/kg, respectivamente, que excedieron el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la norma canadiense. Además, los puntos SD-43 y SD-44 superaron el valor PEL (0,486 mg/kg) de la norma de referencia. Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones por debajo de los valores ISQG de la norma canadiense.

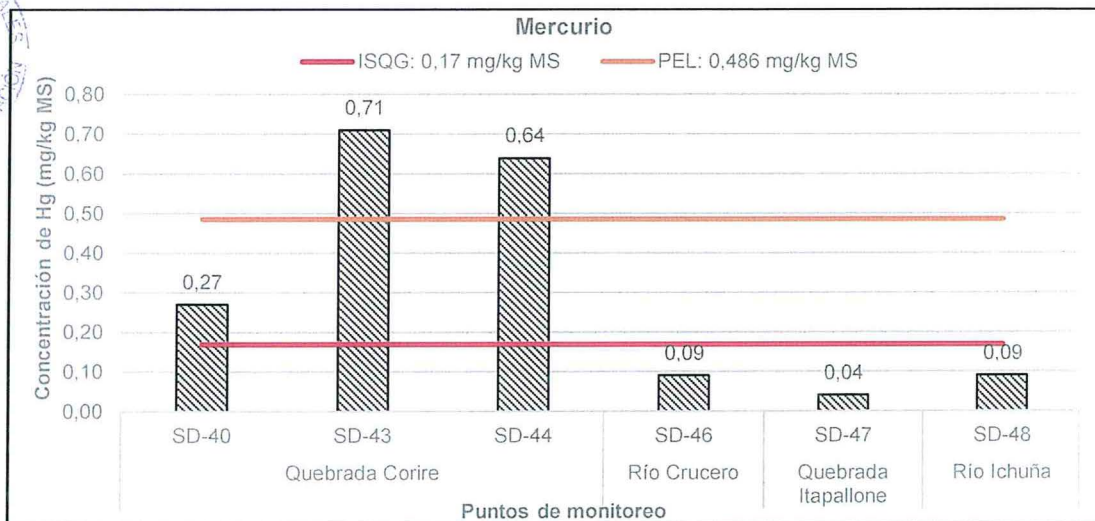


Figura 10-18. Concentraciones de mercurio en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense.

- Concentración de plomo (Pb)

193. En la Figura 10-19, los puntos de monitoreo SD-40, SD-43 y SD-44 (quebrada Corire) y SD-47 (quebrada Itapallone), presentaron concentraciones de 106, 189, 212 y 37,7 mg/kg respectivamente, que excedieron el valor ISQG (35,0 mg/kg MS) de la norma de referencia empleada. Asimismo, los puntos SD-40, SD-43 y SD-



Handwritten signature and date: J A 4 2

44 presentaron concentraciones que excedieron el valor PEL (91,3 mg/kg). Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones de plomo por debajo de los valores de la norma canadiense de referencia.

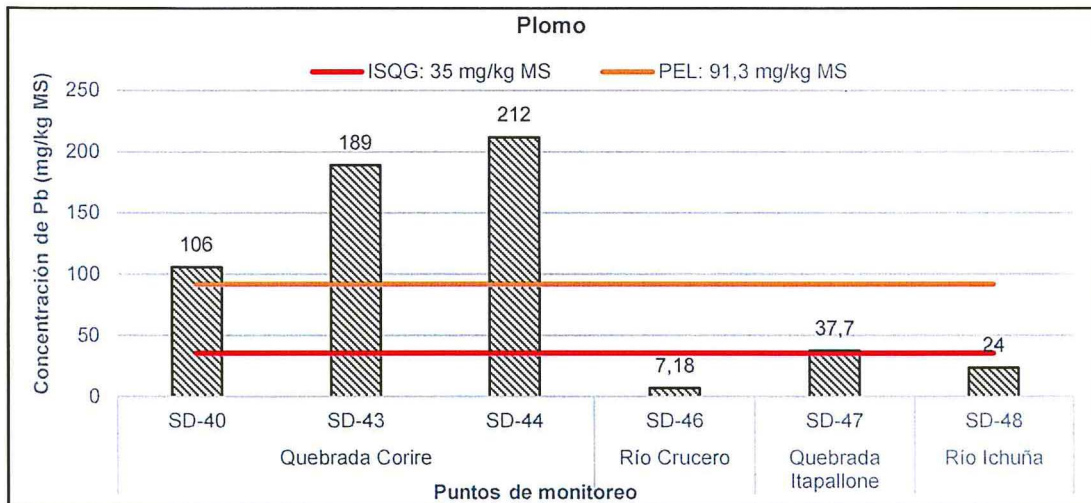


Figura 10-19. Concentraciones de plomo en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense.

- Concentración de zinc (Zn)

194. En la Figura 10-20, los puntos de monitoreo SD-40, SD-43 y SD-44 (quebrada Corire) y SD-46 (río Crucero), presentaron concentraciones de 188, 198, 166 y 368 mg/kg respectivamente, que excedieron el valor ISQG (123,0 mg/kg) de la norma de referencia empleada. Asimismo, sólo el punto SD-46 presentó una concentración que excedió el valor PEL (315 mg/kg). Los demás puntos de monitoreo presentaron concentraciones de zinc por debajo de las establecidas en la norma canadiense de referencia.

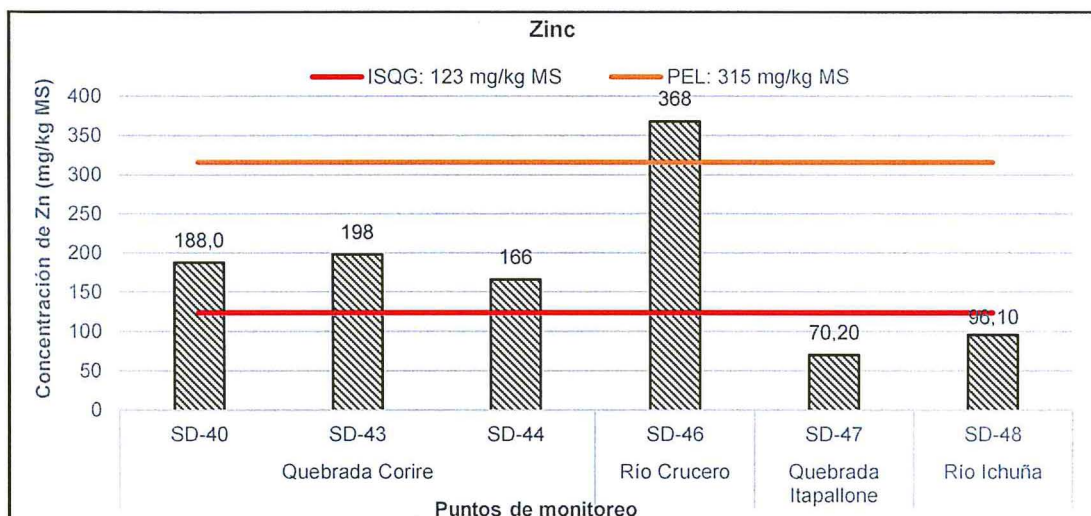


Figura 10-20. Concentraciones de zinc en la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone comparados con la norma canadiense.

195. 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**

196. En la Figura 10-21, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebrada Corire e Itapallone y ríos Crucero e Ichuña), el arsénico se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (arsénico asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 80,17 a 94,74% y menor proporción a las demás fracciones.

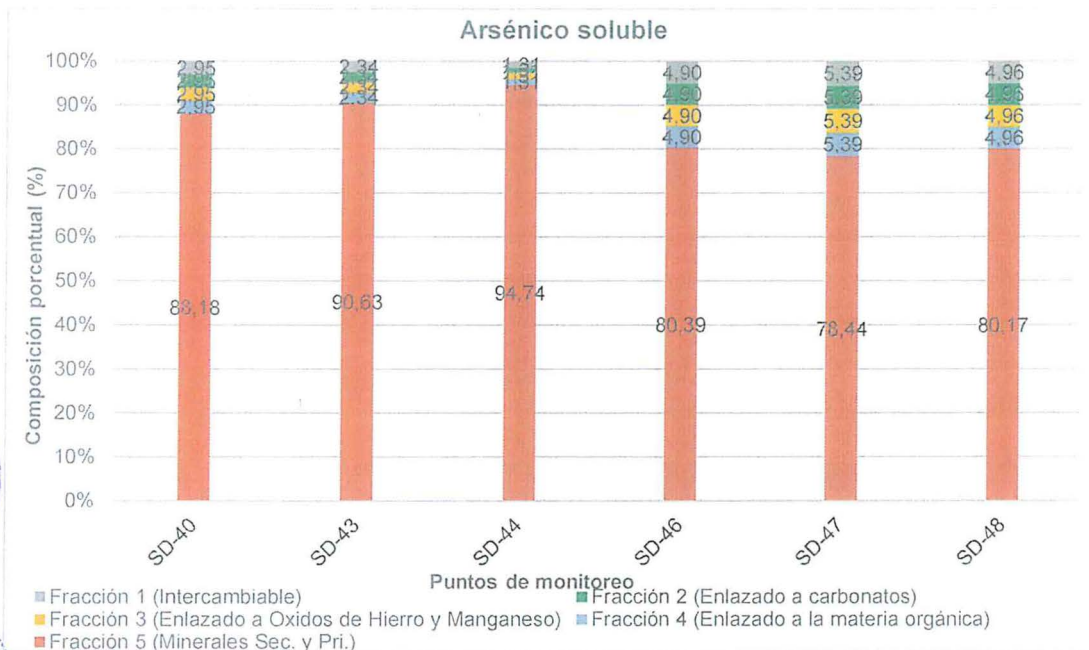


Figura 10-21. Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.

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

197. En la Figura 10-22, se observa que los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma canadiense de referencia (en quebradas Corire y río Crucero), el cadmio se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (cadmio asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 40,21 a 78,24%. Sin embargo, se han encontrado pequeñas proporciones en fracción 1 (cadmio intercambiable) y 2 (cadmio enlazado a carbonatos) en la quebrada Corire (SD-40) y en el río Crucero (SD-46). De presentarse condiciones que hagan disminuir el pH del medio, se podría liberar concentraciones de este elemento en forma iónica.

X  
X  
4  
2



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

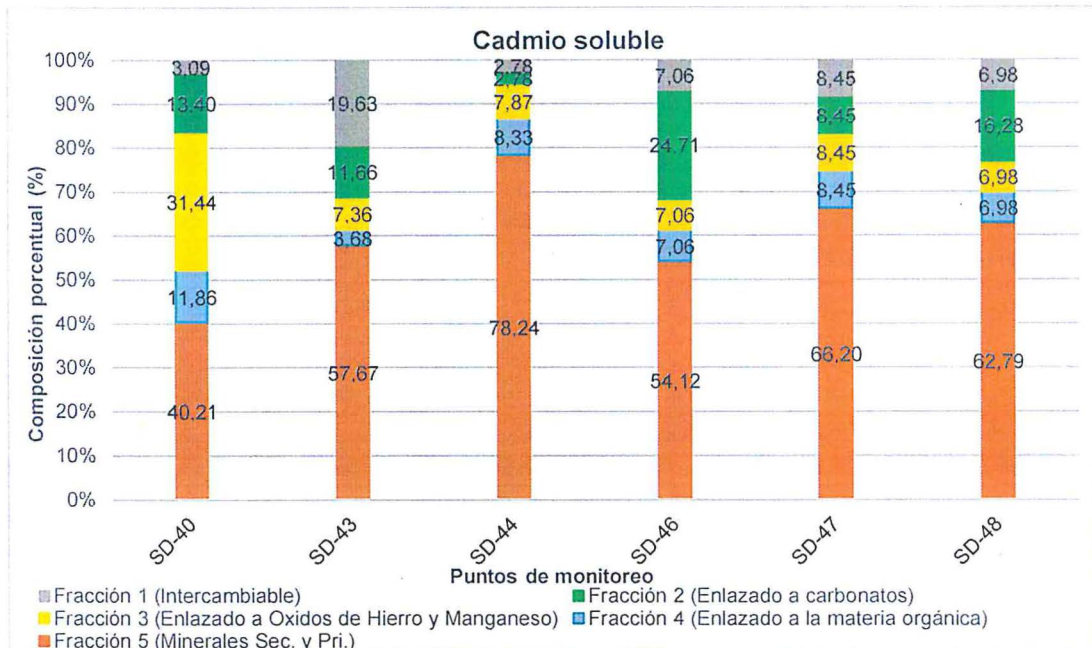


Figura 10-22. Distribución en porcentaje del cadmio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.

- Mercurio soluble por extracción secuencial de Tessier

198. En la Figura 10-23, se observa que los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma canadiense de referencia (en quebrada Corire), el mercurio se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 4 (mercurio asociado a la materia orgánica), con porcentajes que van desde 50 a 66,67% y menor proporción a las demás fracciones.

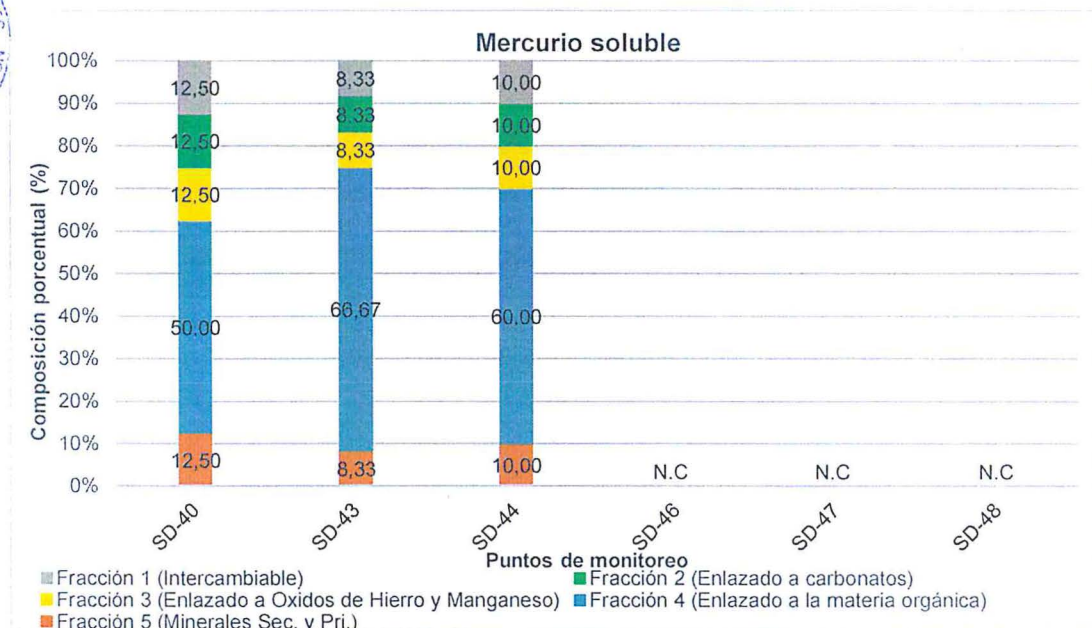


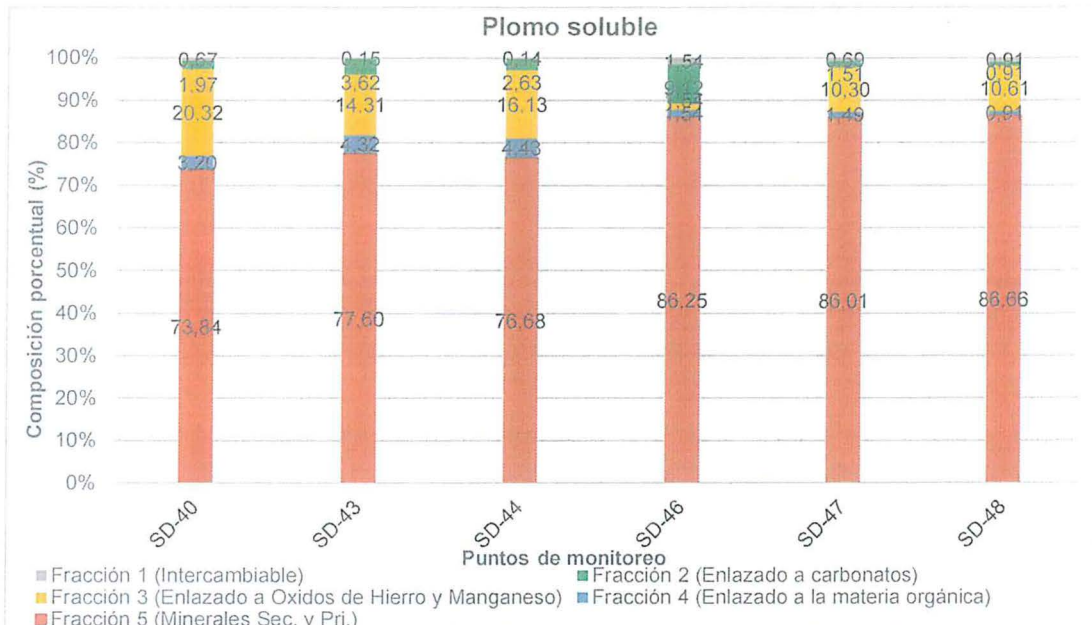
Figura 10-23. Distribución en porcentaje del mercurio soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.



1  
A  
4  
2

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

199. En la Figura 10-24, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebradas Corire e Itapallone), el plomo se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (plomo asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 73,84 a 86,66% y menor proporción a las demás fracciones.



**Figura 10-24.** Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.

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

200. En la Figura 10-25, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebrada Corire y río Crucero), el zinc se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (zinc asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 50,04 a 83,10%. Sin embargo, se han encontrado pequeñas proporciones en fracción 1 (cadmio intercambiable) y 2 (cadmio enlazado a carbonatos) en la quebrada Corire (SD-40) y el río Crucero (SD-46). De presentarse condiciones que hagan disminuir el pH del medio, posiblemente se liberarían concentraciones de este elemento en forma iónica.



1  
\*  
4  
2

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

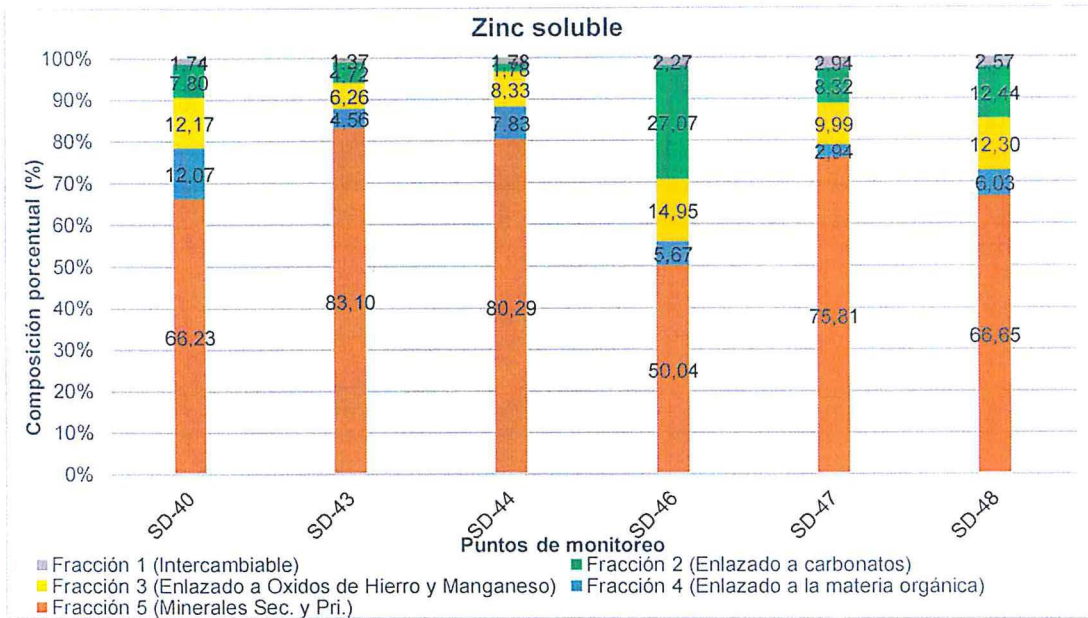


Figura 10-25. Distribución en porcentaje de zinc soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone.

201. A continuación, en la Tabla 10-15, 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 10-15. Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 1 sector Itapallone

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo					
		SD-40	SD-43	SD-44	SD-46	SD-47	SD-48
Azufre Total	(%)	0,2	0,26	0,39	0,06	0,05	0,05
Fizz Rating	-	0	0	0	1	0	1
pH Pasta	Unidades de pH	7,6	4,41	4,78	8,64	8,56	8,61
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO3/Ton)	0,625	0,625	2,813	0,313	0,313	0,313
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO3/Ton)	9,375	1,375	0,188	37,7	14,7	25,7
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO3/Ton)	10	2	3	38	15	26
Ratio Potencial de Neutralización	-	16	3,2	1,07	122	48	83,2
Sulfato Total	(%)	0,18	0,24	0,3	0,05	0,04	0,04
Sulfuro Total	(%)	0,02	0,02	0,09	0,01	0,01	0,01
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	PNGA	Incertidumbre	PNGA
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		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 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.



8  
A  
4  
2

202. Según la Tabla 10-15, se observa que todos los puntos de monitoreo (ubicados en las quebradas Corire e Itapallone y los ríos Crucero e Ichuña), presentaron valores ligeramente alcalinos de pH en pasta, que fueron desde 7,6 a 8,64 unidades de pH, lo que sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez. En cambio, los puntos ubicados en la quebrada Corire (SD-43, SD-44) presentaron valores ácidos (4,41 y 4,78 unidad de pH) los valores por debajo de 5 nos indica que el material tiene capacidad de generar acidez.
203. Con respecto a la prueba estática ABA, todos puntos evaluados son potenciales no generadores de ácido, según el criterio de evaluación 2.

10.1.2.1.2. Sector Agani

204. En las Tablas 10-16 y 10-17, 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.
205. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-16, el tipo de partícula predominante en el sedimento en los puntos de monitoreo es la arena (SD-49, SD-52, SD-53, SD-56, SD-58, SD-59, SD-60, SD-61, SD-62 y SD-63), seguido de la arena-franca (SD-50 y SD-55). 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.
206. Asimismo, según la Tabla 10-17, 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).



1  
2  
3  
4

Tabla 10-16. Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 1 sector Agani

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-49	Quebrada Agani	90	5	5	Arenosa
SD-50		85	10	5	Areno Franca
SD-52	Quebrada Ceniguillayoc	95	5	0	Arenosa
SD-53	Quebrada Agani	95	5	0	Arenosa
SD-55	Quebrada Jamochini	85	5	10	Areno Franca
SD-56	Quebrada Ansamani	90	5	5	Arenosa
SD-58		100	0	0	Arenosa
SD-59	Río Ichuña	95	5	0	Arenosa
SD-60		100	0	0	Arenosa
SD-61		100	0	0	Arenosa
SD-62	Río Paltiture	90	5	5	Arenosa
SD-63	Río Tambo	100	0	0	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.

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

**Tabla 10-17. Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 1 sector Agani**

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo												CEQG	
		Quebrada Agani		Quebrada Ceniguillayoc	Quebrada Agani	Quebrada Jamochini	Quebrada Ansamani		Río Ichuña			Río Paltiture	Río Tambo		
		SD-49	SD-50	SD-52	SD-53	SD-55	SD-56	SD-58	SD-59	SD-60	SD-61	SD-62	SD-63	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
Arsénico total (As)	mg/kg MS	13,60	11,90	8,40	15,50	101,00	7,20	4,00	12,90	5,50	8,10	5,20	6,60	5,9	17
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	0,07	0,05	0,08	0,04	0,28	0,09	0,04	0,32	0,14	0,14	0,16	0,13	0,6	3,5
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	12,50	17,50	11,00	9,85	25,50	9,53	13,10	12,90	11,40	10,90	15,20	10,80	35,7	197
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	6,20	4,90	7,40	5,30	6,50	5,50	9,10	7,80	6,70	5,50	10,60	5,20	37,3	90
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	< 0,03	0,19	< 0,03	0,05	0,10	< 0,03	0,03	0,03	< 0,03	0,83	< 0,03	< 0,03	0,17	0,486
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	5,77	6,31	5,61	7,09	39,70	6,20	6,33	0,19	4,93	7,72	6,74	10,60	35	91,3
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	35,90	23,90	26,90	28,10	53,00	27,00	34,80	81,00	53,30	45,50	37,20	47,60	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.



Handwritten signature and date: J. A. 4/2

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

- **Concentración de arsénico (As)**

208. En la Figura 10-26, se aprecia las concentraciones de arsénico obtenidas en los puntos de monitoreo, ubicados en las quebradas Agani (SD-49, SD-50, SD-53), Ceniguillayoc (SD-52), Jamochini (SD-55), Ansamani (SD-56), además de los ríos Ichuña (SD-59 y SD-61) y Tambo (SD-63), excedieron los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg) con valores que van desde 6,6 a 101 mg/kg. Asimismo, sólo el punto SD-55 ubicado en la quebrada Jamochini excedió el valor CEQG-PEL (17 mg/kg).

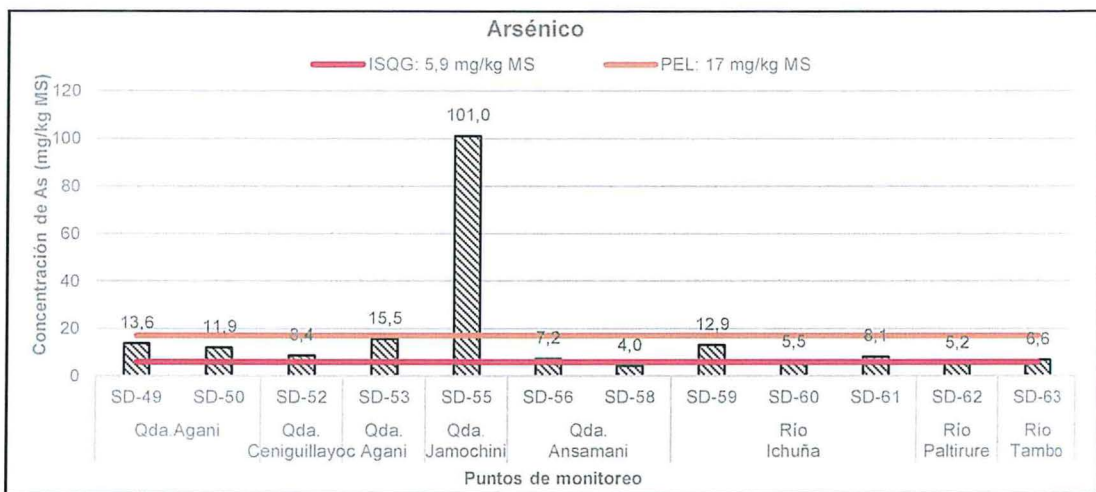


Figura 10-26. Concentraciones de arsénico en la Zona I - Grupo 1 sector Agani comparados con la norma canadiense.

- **Concentración de mercurio (Hg)**

209. En la Figura 10-27, se presentan las concentraciones de mercurio, donde sólo los puntos SD-50 (quebrada Agani) y SD-61 (río Ichuña) presentaron concentraciones de 0,19 y 0,83 mg/kg respectivamente, que excedieron el valor ISQG (0,17 mg/kg) de la norma canadiense. Así mismo, el punto SD-61 superó el valor PEL (0,486 mg/kg) de la norma en referencia. Los demás puntos de monitoreo presentaron valores por debajo de la norma canadiense de referencia.



1  
★  
4  
2

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

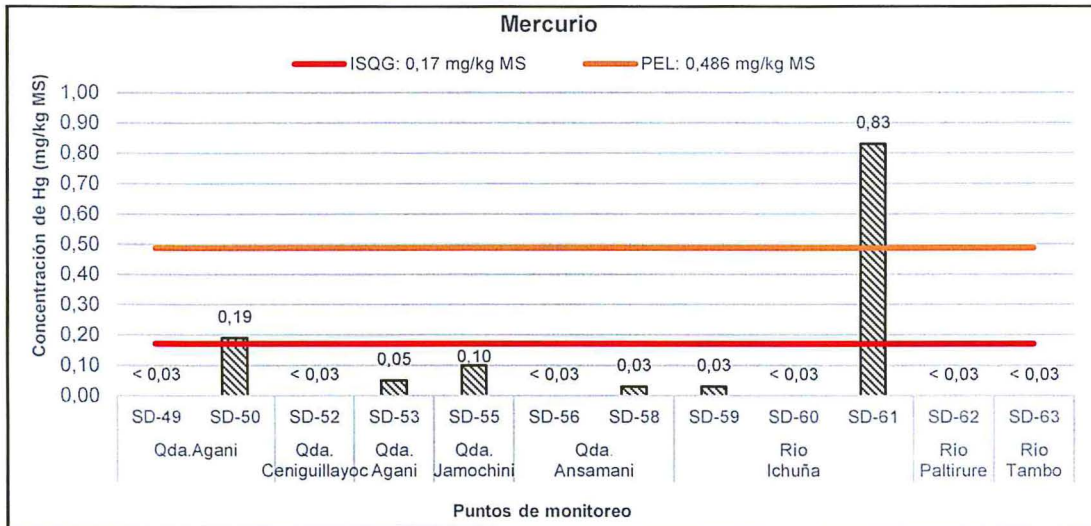


Figura 10-27. Concentraciones de mercurio en la Zona I - Grupo 1 sector Agani comparados con la norma canadiense.

- Concentración de plomo (Pb)

210. En la Figura 10-28, sólo el punto SD-55 (quebrada Jamochini), presentó concentraciones de 39,7 mg/kg, que excedió el valor ISQG (35,0 mg/kg) de la norma de referencia empleada. Los demás puntos presentaron concentraciones de plomo por debajo de las establecidas en la norma canadiense de referencia.

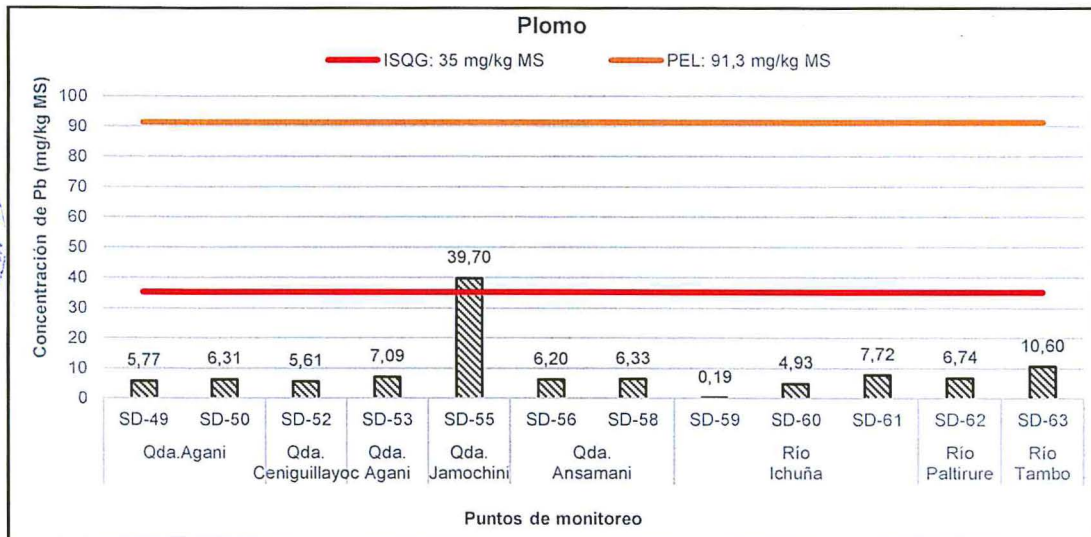


Figura 10-28. Concentraciones de plomo en la Zona I - Grupo 1 sector Agani comparados con la norma canadiense.

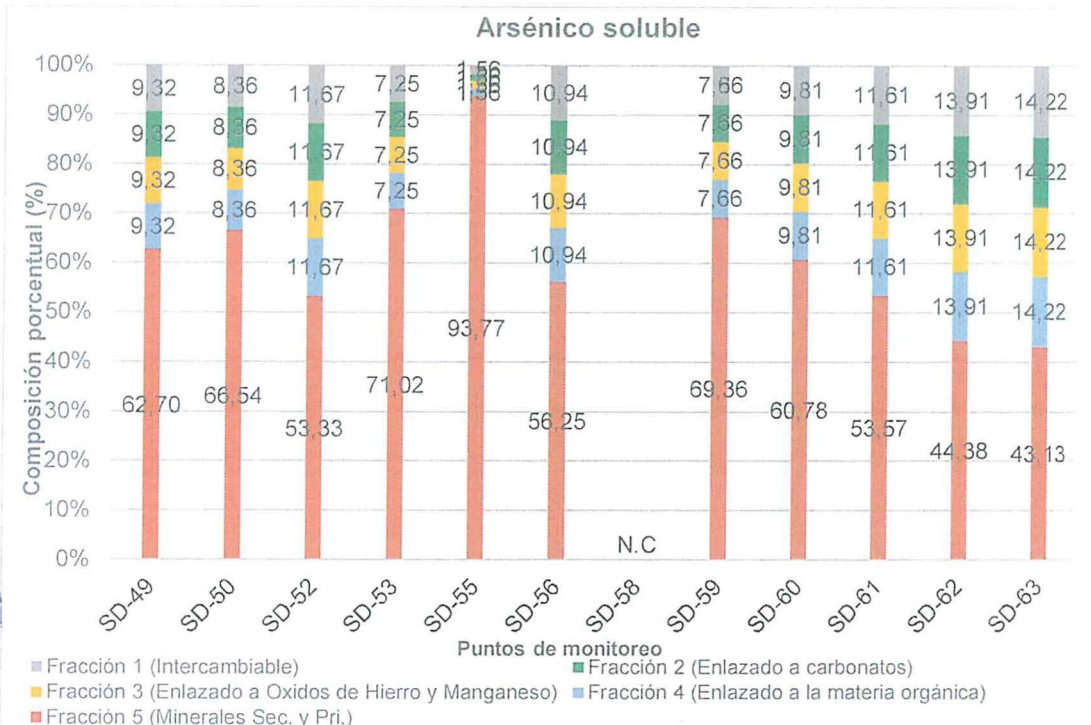
211. A continuación, se presenta el análisis de la extracción secuencial de Tessier para los metales que se han descritos en la sección anterior.



J  
A  
4  
2

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

212. En la Figura 10-29, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebradas Agani, Ceniguillayoc, Jamochini, Ansamani, y en los ríos Ichuña 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 43,13 a 93,77% y menor proporción a las demás fracciones.



N.C. No cuantificado.

**Figura 10-29.** Distribución en porcentaje del arsénico soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani.

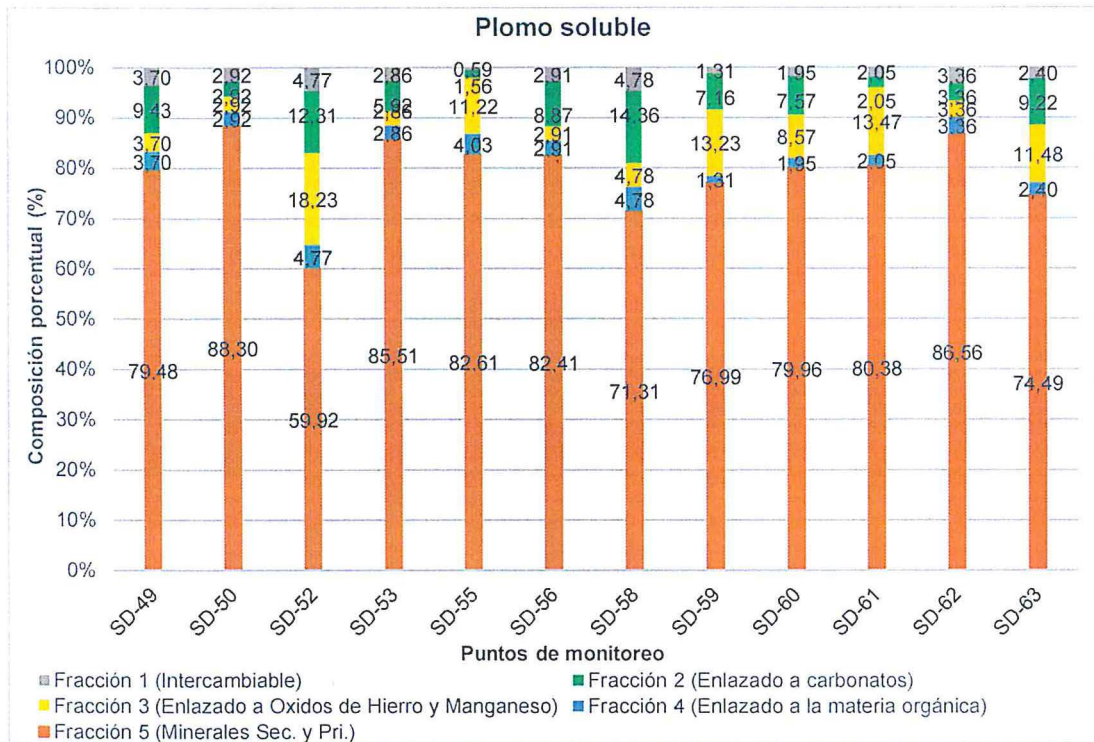
**- Plomo soluble por extracción secuencial de Tessier**

213. En la Figura 10-30, se observa que todos los puntos de monitoreo que presentaron concentraciones por encima de lo establecido en la norma de referencia (en quebradas Jamochini), el plomo se encuentra enlazado en mayor proporción a la fracción 5 (plomo asociado a minerales primarios y secundarios), con porcentajes que van desde 59,92 a 88,3% y menor proporción a las demás fracciones.



1  
A  
y  
2

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



**Figura 10-30.** Distribución en porcentaje del plomo soluble por extracción de Tessier en sedimentos de la Zona I - Grupo 1 sector Agani.

214. A continuación, en la Tabla 10-18, 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 and initials in blue ink.

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

**Tabla 10-18.** Resultados de laboratorio de la prueba estática ABA en sedimento para la Zona I - Grupo 1 sector Agani

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo											
		Quebrada Agani		Quebrada Ceniguillayoc	Quebrada Agani	Quebrada Jamochini	Quebrada Ansamani		Río Ichuña			Río Paltiture	Río Tambo
		SD-49	SD-50	SD-52	SD-53	SD-55	SD-56	SD-58	SD-59	SD-60	SD-61	SD-62	SD-63
Azufre Total	(%)	0,01	0,08	0,02	0,03	0,06	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02
Fizz Rating	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
pH Pasta	Unidades de pH	7,46	7,56	8,56	8,45	7,43	8,27	8,64	8,83	8,8	8,82	8,81	9,05
Potencial de Acidez Máximo (PA)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313
Potencial de Neutralización Neto (PNN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	3,688	4,688	14,7	7,688	4,688	4,688	12,7	17,7	17,7	16,7	60,7	21,7
Potencial de Neutralización Sobek (PN)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /Ton)	4	5	15	8	5	5	13	18	18	17	61	22
Ratio Potencial de Neutralización	-	12,8	16	48	25,6	16	16	41,6	57,6	57,6	54,4	195	70,4
Sulfato Total	(%)	< 0,01	0,07	0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Sulfuro Total	(%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Conclusión de criterio 1 (PNN) <sup>(a)</sup>		Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	PNGA	PNGA
Conclusión de criterio 2 (ratio PN/PA) <sup>(b)</sup>		PNGA	PNGA	PNGA	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.

215. Según la Tabla 10-18, se observa que todos los puntos de monitoreo (ubicados en las quebradas Agani, Ceniguillayoc, Jamochini y Ansamani y en los ríos Ichuña, Paltiture y Tambo), presentaron valores neutros a ligeramente alcalinos de pH en pasta, que variaron entre 7,43 y 9,05 unidades de pH, lo que sugiere la presencia de carbonatos reactivos en el sedimento y por lo tanto tienen la capacidad de neutralizar acidez.
216. Con respecto a la prueba estática ABA, todos puntos evaluados son potenciales no generadores de ácido, según el criterio de evaluación 2.

**10.1.2.1.3. Sector Tassa**

217. En las Tablas 10-19 y 10-20, 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.
218. De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 10-19, el tipo de partícula predominante en el sedimento en los puntos de monitoreo es la arena (SD-68, SD-70, y SD-71), seguido de la arena-franca (SD-66). 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.
219. Asimismo, según la Tabla 10-20, las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc excedieron al menos en un punto, 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).



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

**Tabla 10-19.** Resultados de la predominancia de partículas en los puntos de la Zona I – Grupo 1 sector Tassa

Código	Cuerpo de agua asociado	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Predominancia de partículas
SD-66	Quebrada Pachaca	80	15	5	Areno Franca
SD-68	Río Tassa	95	5	0	Arenosa
SD-70	Río Tambo	90	10	0	Arenosa
SD-71	Río Tambo	90	5	5	Arenosa

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10-20.** Resultados de parámetros de laboratorio para calidad de sedimentos para la Zona I - Grupo 1 sector Tassa

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo				CEQG	
		Quebrada Pachaca	Río Tassa	Río Tambo	Río Tambo	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-66	SD-68	SD-70	SD-71		
Arsénico total (As)	mg/kg MS	58,2	199	12,7	18,4	5,9	17

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

Parámetro	Unidad	Puntos de monitoreo				CEQG	
		Quebrada Pachaca	Río Tassa	Río Tambo	Río Tambo	ISQG <sup>(a)</sup>	PEL <sup>(b)</sup>
		SD-66	SD-68	SD-70	SD-71		
Cadmio total (Cd)	mg/kg MS	1,47	3,85	0,25	0,4	0,6	3,5
Cobre total (Cu)	mg/kg MS	22	80,2	15,3	15,4	35,7	197
Cromo total (Cr)	mg/kg MS	1,6	2,3	9,7	7,5	37,3	90
Mercurio total (Hg)	mg/kg MS	< 0,03	0,09	< 0,03	0,17	0,17	0,486
Plomo total (Pb)	mg/kg MS	53,2	175	12,6	17,1	35	91,3
Zinc total (Zn)	mg/kg MS	220	659	72,3	91,7	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.

220. A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc que excedieron los valores de la normativa canadiense tomada de manera referencial.

- **Concentración de arsénico (As)**

221. En la Figura 10-31, se aprecia que las concentraciones de arsénico obtenidas en los puntos ubicados en las quebradas Pachaca (SD-66) y en los ríos Tassa (SD-68) y Tambo (SD-71), 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 18,4 a 199 mg/kg. Asimismo, el punto SD-70 ubicado en el río Tambo, excedió únicamente el valor CEQG-ISQG (5,9 mg/kg). Es importante señalar que la mayor concentración de arsénico fue reportada en la parte baja del río Tassa (SD-68).

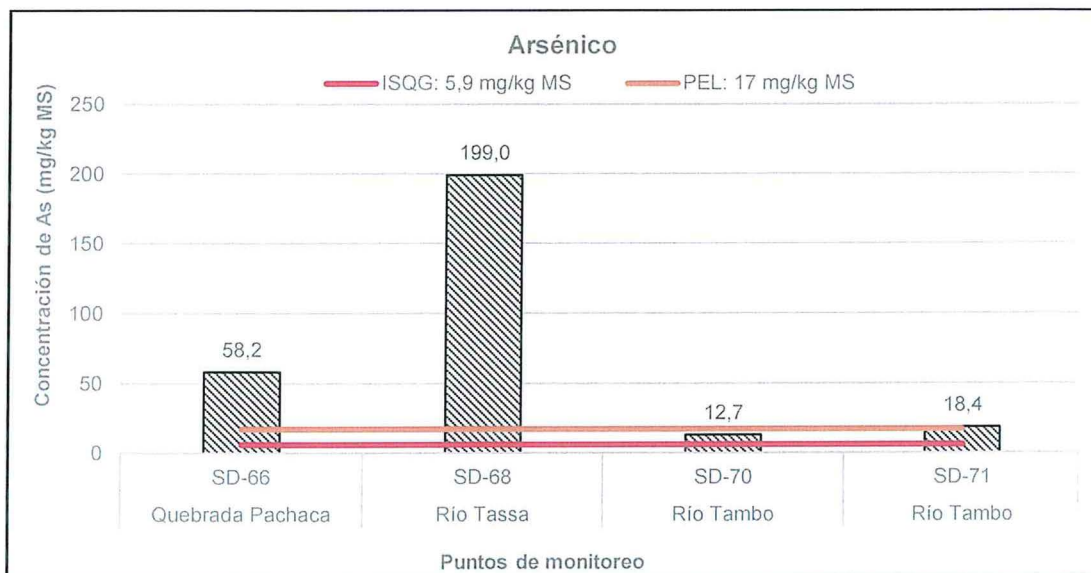


Figura 10-31. Concentraciones de arsénico en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense.



J  
A  
4  
2

### - Concentración de cobre (Cu)

222. En la Figura 10-32, se aprecia las concentraciones de cobre, donde sólo el punto SD-68, ubicado en el río Tassa excedió los valores de la norma de referencia CEQG-ISQG (5,9 mg/kg) con un valor de 80,2 mg/kg, sin embargo, dicha concentración no excedió el valor CEQG-PEL (17 mg/kg).

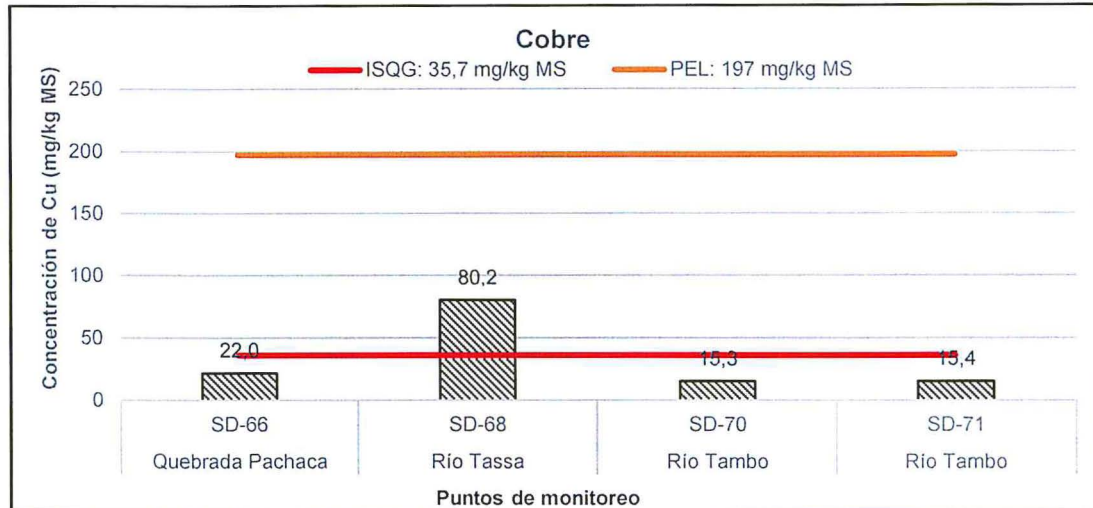


Figura 10-32. Concentraciones de cobre en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense.

### - Concentración de cadmio (Cd)

223. En la Figura 10-33, se presentan las concentraciones de cadmio observándose que los puntos SD-66 (Quebrada Pachaca) y SD-68 (Río Tassa) presentaron concentraciones de 1,47 y 3,85 mg/kg respectivamente, que excedieron el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la norma de referencia. Asimismo, el punto SD-68 excedió el valor PEL (ISQG (3,5 mg/kg) de dicha norma. Los demás puntos presentaron concentraciones por debajo de los valores referidos.

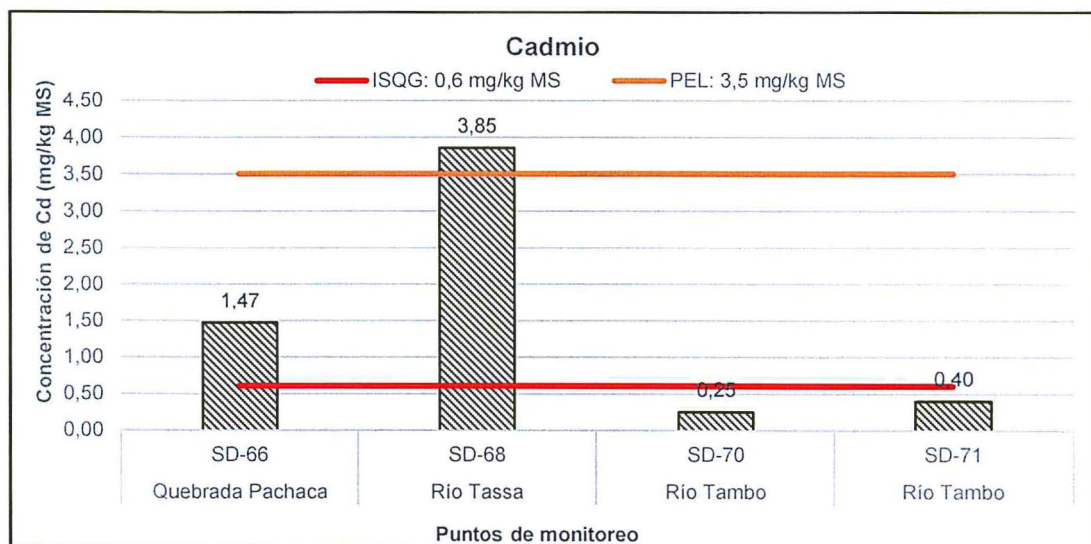


Figura 10-33. Concentraciones de cadmio en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense.



X  
A  
e  
2

**- Concentración de plomo (Pb)**

224. En la Figura 10-34, se presentan las concentraciones de plomo, donde los puntos SD-66 (Quebrada Pachaca) y SD-68 (Río Tassa) presentaron concentraciones de 53,2 y 175 mg/kg respectivamente, que excedieron el valor ISQG (35 mg/kg) de la norma canadiense de referencia. Asimismo, el punto SD-68 excedió el valor PEL (91,3 mg/kg). Los demás puntos presentaron concentraciones por debajo de los valores referidos.

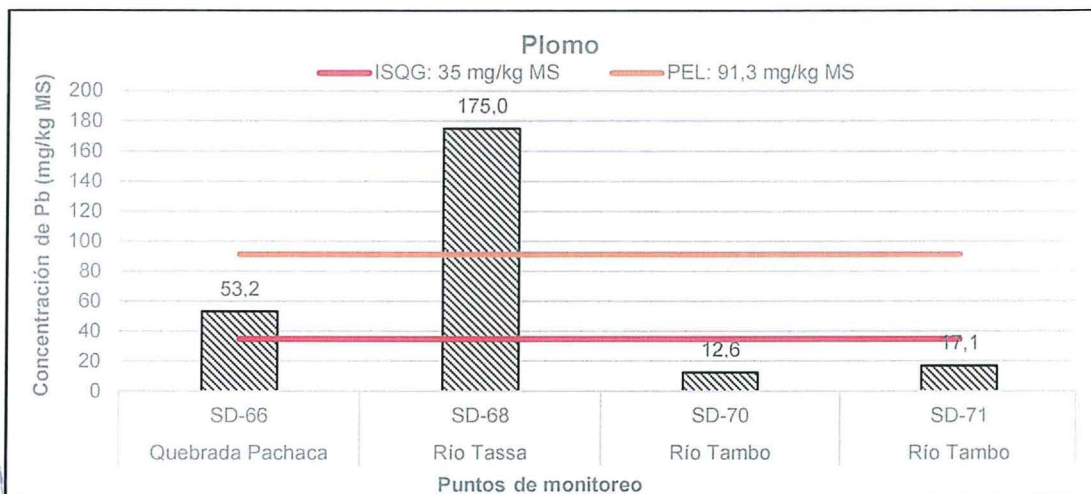


Figura 10-34. Concentraciones de plomo en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense.

**- Concentración de zinc (Zn)**

225. En la Figura 10-35, los puntos de monitoreo SD-66 (quebrada Pachaca) y SD-68 (río Tassa), presentaron concentraciones de 220 y 659 mg/kg respectivamente, que excedieron el valor ISQG (123,0 mg/kg) de la norma canadiense de referencia. Asimismo, sólo el punto SD-68 presentó una concentración que excedió el valor PEL (315 mg/kg). Los demás puntos evaluados presentaron concentraciones de zinc por debajo de los valores referidos.

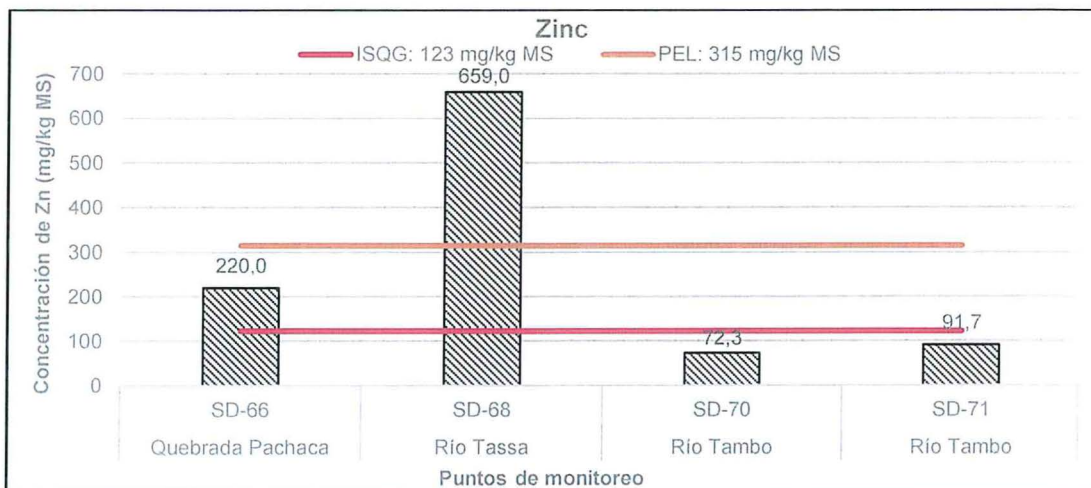


Figura 10-35. Concentraciones de zinc en la Zona I - Grupo 1 sector Tassa comparados con la norma canadiense.



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