



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ANEXO N° 1



[Handwritten signature]



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

INFORME N° 0067- 2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DE LA UNIDAD
MINERA SHAHUINDO Y ZONAS ALEDAÑAS,
EN EL DISTRITO DE CACHACHI, PROVINCIA
DE CAJABAMBA, DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA, DURANTE EL AÑO 2017**



COORDINACIÓN MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

Noviembre de 2017



ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN 1
- 2. MARCO LEGAL 2
- 3. ANTECEDENTES 4
- 4. JUSTIFICACIÓN 8
- 5. OBJETIVOS 9
 - 5.1. Objetivo general..... 9
 - 5.2. Objetivos específicos 9
- 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... 9
 - 6.1. Área de estudio de calidad de agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas 11
 - 6.2. Área de estudio de calidad de aire 11
 - 6.3. Área de estudio de suelos y tejido vegetal..... 12
- 7. CONTEXTO SOCIAL 12
 - 7.1. Etapas previas a la ejecución del monitoreo..... 12
 - 7.2. Ejecución de la Monitoreo Ambiental Participativo..... 14
 - 7.3. Actores involucrados 14
- 8. MARCO CONCEPTUAL..... 15
 - 8.1. Agua superficial y sedimentos 15
 - 8.1.1. Parámetros físicos analizados 16
 - 8.1.2. Principales características químicas del agua 17
 - 8.1.3. Hidroquímica 20
 - 8.1.4. Métodos estadísticos aplicados al componente agua y sedimento 24
 - 8.1.5. Concentración de metales en frutos 26
 - 8.2. Comunidades hidrobiológicas..... 27
 - 8.3. Aire..... 29
 - 8.3.1. Generalidades 29
 - 8.3.2. Partículas suspendidas en su fracción respirable (PM₁₀) 30
 - 8.3.3. Plomo (Pb) 31
 - 8.3.4. Factores que afectan la concentración de los contaminantes del aire 31
 - 8.4. Suelo..... 32
 - 8.4.1. Niveles de fondo..... 32
 - 8.4.2. Valor de referencia 34
 - 8.4.3. Asociaciones de suelos 35
 - 8.4.4. Clasificación de tierras por su Capacidad de Uso Mayor (CUM)..... 35
 - 8.4.5. Geología..... 36



Handwritten signature in blue ink



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

9.	METODOLOGÍA.....	36
9.1.	Calidad de agua	36
9.1.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	37
9.1.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis.....	39
9.1.3.	Estándares de comparación y análisis de datos	42
9.2.	Calidad de sedimento.....	43
9.2.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	44
9.2.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis.....	46
9.2.3.	Análisis de datos	47
9.3.	Comunidades hidrobiológicas.....	47
9.3.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	47
9.3.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis.....	49
9.3.3.	Estándares de comparación y análisis de datos	51
9.4.	Calidad de aire	55
9.4.1.	Ubicación de las estaciones de muestreo.....	55
9.4.2.	Protocolos, equipos y técnicas de análisis.....	56
9.4.3.	Estándares de comparación y análisis de datos	57
9.5.	Calidad de suelo.....	59
9.5.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	59
9.5.2.	Protocolos, equipos y técnicas de monitoreo.....	64
9.5.3.	Estándares de comparación y análisis de datos	66
9.6.	Tejido vegetal en cultivos agrícolas	66
9.6.1.	Ubicación de los puntos de muestreo.....	67
9.6.2.	Protocolos, equipos y técnicas de monitoreo.....	67
9.6.3.	Análisis de datos	68
10.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	68
10.1.	Calidad de agua	68
10.1.1.	Comparación con el ECA para agua según el IGA (2008).....	69
10.1.2.	Comparación con el ECA para agua vigente (2017).....	81
10.1.3.	Hidroquímica	108
10.2.	Calidad de sedimentos	126
10.2.1.	Concentraciones de los principales metales pesados.....	126
10.2.2.	Evaluación estadística.....	138
10.3.	Comunidades hidrobiológicas.....	145
10.3.1.	Perifiton.....	145
10.3.2.	Macroinvertebrados bentónicos.....	154





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

10.3.3. Calidad ecológica 161

10.3.4. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) 162

10.4. Calidad de aire 164

10.4.1. Parámetros meteorológicos 164

10.4.2. Material particulado, aplicación del ECA según el IGA 166

10.4.3. Material particulado, aplicación según el ECA vigente 167

10.4.4. Metales en PM₁₀ 167

10.5. Calidad de suelo 170

10.5.1. Resultados de la evaluación y determinación del nivel de fondo – NF y valor de referencia VR 170

10.5.2. Comparación de los resultados de suelos con el Estándar de Calidad Ambiental de suelo de uso agrícola 171

10.6. Tejido vegetal en cultivos 176

11. DISCUSIONES 178

11.1. Calidad de agua 178

11.1.1. Zona I 178

11.1.2. Zona II 184

11.1.3. Zona III 188

11.1.4. Zona IV 192

11.1.5. Zona V 196

11.2. Calidad de sedimento 200

11.2.1. Zona I 200

11.2.2. Zona II 201

11.2.3. Zona III 202

11.2.4. Zona IV 203

11.2.5. Zona V 204

11.3. Comunidades hidrobiológicas 205

11.4. Calidad de aire 207

11.5. Calidad de suelo 207

11.6. Tejido vegetal en cultivos 208

12. CONCLUSIONES 208

12.1. Calidad de agua 208

12.2. Calidad de sedimento 210

12.3. Comunidades hidrobiológicas 210

12.4. Calidad de aire 211

12.5. Calidad de suelos 211





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

12.6.	Tejido vegetal en cultivos	212
13.	RECOMENDACIONES	212
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213
15.	ANEXOS	219



[Handwritten signature]



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados a la U.M. Shahuindo 4

Tabla 3-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA asociados a la U.M. Shahuindo 5

Tabla 3-3. Componentes mineros de interés respecto de la U.M. Shahuindo 5

Tabla 3-4. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA relevantes de la unidad minera Shahuindo 6

Tabla 3-5. Denuncias ambientales atendidas por el SINADA del Oefa en los años 2012 al 2016 en relación a la U.M. Shahuindo 7

Tabla 7-1. Actores sociales involucrados para el desarrollo del MAP 15

Tabla 8-1. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor para las áreas de estudio 36

Tabla 9-1. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua superficial 37

Tabla 9-2. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua de manantiales 39

Tabla 9-3. Equipos y accesorios utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de agua 40

Tabla 9-4. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua superficial y manantiales 41

Tabla 9-5. Estándares de comparación de la calidad de agua 43

Tabla 9-6. Puntos de muestreo de calidad de sedimento 44

Tabla 9-7. Equipos y accesorios utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de sedimentos 46

Tabla 9-8. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de sedimentos 47

Tabla 9-9. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas 48

Tabla 9-10. Equipos y materiales utilizados para el monitoreo de las comunidades hidrobiológicas 50

Tabla 9-11. Métodos de ensayo utilizados para los análisis hidrobiológicos 51

Tabla 9-12. Calidad hidromorfológica del río 54

Tabla 9-13. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI 54

Tabla 9-14. Escala de calidad ecológica de un río 55

Tabla 9-15. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire 56

Tabla 9-16. Características de los equipos accesorios y otros materiales utilizados en las estaciones de monitoreo de calidad de aire 56

Tabla 9-17. Métodos de ensayo utilizados por la medición de material particulado 57

Tabla 9-18. Estándares nacionales de calidad ambiental del aire (2001) 58

Tabla 9-19. Estándares nacionales de calidad ambiental del aire (2017) 58

Tabla 9-20. Cálculo del índice de calidad del aire para PM₁₀ 59

MONITOREO Y VISUALIZACIÓN
 VOS
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN
 DE EVALUACIÓN

[Handwritten signature]



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 9-21. Calificación del índice de calidad del aire según color 59

Tabla 9-22. Descripción de los puntos de muestreo para nivel de fondo 60

Tabla 9-23. Guías y protocolos utilizados para establecer los puntos de muestreo de suelo..... 64

Tabla 9-24. Equipos utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de suelo..... 65

Tabla 9-25. Métodos de análisis y rangos de los límites de determinación para metales totales del presente estudio 65

Tabla 9-26. Estándares de comparación nacional e internacionales calidad de suelos 66

Tabla 9-27. Puntos de muestreo de extracción de frutos en campos de cultivo 67

Tabla 9-28. Características de los equipos accesorios y otros materiales utilizados en las estaciones de monitoreo de calidad de aire..... 68

Tabla 9-29. Métodos de ensayo utilizados por la medición de material particulado... 68

Tabla 10-1. Porcentaje de datos censurados estadísticamente para los diferentes parámetros obtenidos del total de puntos de muestreo..... 108

Tabla 10-2. Estadísticos descriptivos en los parámetros (físico químico, metales totales y disueltos) obtenidos en los puntos de muestreo evaluados..... 109

Tabla 10-3. Promedio de los parámetros (físico químico, metales totales y disueltos) obtenidos para cada grupo formado según análisis clúster..... 123

Tabla 10-4. Peso de cada parámetro en los cuatro componentes principales significativos, los valores propios, varianza explicada y varianza explicada acumulada de cada componente principal 124

Tabla 10-5. Resumen de interpretación de los tres primeros componentes principales 125

Tabla 10-6. Porcentaje de datos censurados estadísticamente para los diferentes parámetros obtenidos del total de puntos de muestreo evaluados..... 139

Tabla 10-7. Promedio de los parámetros (metales totales) obtenidos para cada grupo formado según análisis clúster..... 143

Tabla 10-8. Peso de cada parámetro en los tres componentes principales significativos, los valores propios, varianza explicada y varianza explicada acumulada de cada componente principal..... 144

Tabla 10-9. Diversidad alfa del perifiton por zona y estación de muestreo 152

Tabla 10-10. Composición, riqueza y abundancia de zooperifiton 154

Tabla 10-11. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por zona y estación de muestreo..... 160

Tabla 10-12. Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S 162

Tabla 10-13. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC 163

Tabla 10-14. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos..... 163

Tabla 10-15. Parámetros meteorológicos 164



Handwritten signature in blue ink



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-16. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-MBaj1 167

Tabla 10-17. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-MAIt1 168

Tabla 10-18. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-SJos1 169

Tabla 10-19. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-MFlo1 169

Tabla 10-20. Valores de nivel de fondo y valores de referencia de metales para el área de estudio 170

Tabla 10-21. Concentraciones de metales obtenidos en los frutos muestreados del Valle Condebamba 176

Tabla 11-1. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona I 180

Tabla 11-2. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona I 180

Tabla 11-3. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona I 180

Tabla 11-4. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona II 184

Tabla 11-5. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona II 184

Tabla 11-6. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona II 184

Tabla 11-7. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona III 188

Tabla 11-8. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona III 188

Tabla 11-9. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona III 188

Tabla 11-10. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona IV 192

Tabla 11-11. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona IV 192

Tabla 11-12. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona IV 193

Tabla 11-13. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona V 197

Tabla 11-14. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona V 197

Tabla 11-15. Comparación de los valores del nivel de fondo con los ECA para suelo de uso agrícola 207



[Handwritten signature]

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6-1. Mapa de ubicación de la unidad minera Shahuindo.....	10
Figura 8-1. Facies de calidad de agua, según diagrama de Piper.....	21
Figura 8-2. Diagrama de Stiff.....	22
Figura 8-3. Diagrama de Schöeller - Berkaloff (Simler, 2017).....	23
Figura 8-4. Caso de una muestra de agua (Villegas, 2011).....	23
Figura 8-5. Fuentes de metales pesados relacionadas con la agricultura (Alloay, 1995)	26
Figura 8-6. Diferencias entre MP ₁₀ y MP _{2,5} ; en base a imagen de sitio web de la EPA.	31
Figura 10-1. Valores de conductividad eléctrica en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008).....	70
Figura 10-2. Concentraciones de cloruros en las zonas evaluadas.....	72
Figura 10-3. Concentraciones de sulfatos en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008).....	73
Figura 10-4. Concentraciones de arsénico total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008).....	74
Figura 10-5. Concentraciones de boro total en las zonas evaluadas.....	75
Figura 10-6. Concentraciones de cadmio total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008).....	77
Figura 10-7. Concentraciones de hierro total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008).....	79
Figura 10-8. Concentraciones de níquel total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008).....	81
Figura 10-9. Valores de pH en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	82
Figura 10-10. Concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de los valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	85
Figura 10-11. Concentraciones de sulfatos total en la zona que excedieron los valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	86
Figura 10-12. Concentraciones de aluminio total en la zona que excedieron los valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	87
Figura 10-13. Concentraciones de arsénico total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	89
Figura 10-14. Concentraciones de cadmio total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	91
Figura 10-15. Concentraciones de cobalto total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	94
Figura 10-16. Valores de cobre total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017).....	97





Figura 10-17. Concentraciones de hierro total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017) 100

Figura 10-18. Concentraciones de manganeso total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017) 103

Figura 10-19. Concentraciones de níquel total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017) 106

Figura 10-20. Concentraciones de plomo total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017) 106

Figura 10-21. Concentraciones de zinc total en la zona que excedieron los valores establecidos en la categoría 3 del ECA para Agua (2017) 107

Figura 10-22. Variación de la conductividad eléctrica y pH en agua superficial y manantial en los puntos de muestreo 111

Figura 10-23. Relación Calcio, magnesio y sodio total en los puntos de muestreo evaluados. 111

Figura 10-24. Razón Ca/Mg en los puntos de muestreo evaluados 112

Figura 10-25. Razón Ca/Na en los puntos de muestreo evaluados 112

Figura 10-26. Relación Sulfato, cloruro y bicarbonato en los puntos de muestreo evaluados 113

Figura 10-27. Razón SO₄/Cl en los puntos de muestreo evaluados. 114

Figura 10-28. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo, de acuerdo al cuerpo de agua evaluado. 115

Figura 10-29. Diagrama de Stiff en los puntos de muestreo. 116

Figura 10-30. Diagrama de Stiff en los puntos de muestreo, de acuerdo al cuerpo de agua evaluado 118

Figura 10-31. Diagrama de Schöeller Berkaloff en los cuerpos de agua de la Zona I 120

Figura 10-32. Diagrama de Schöeller Berkaloff en los cuerpos de agua de la Zona II 120

Figura 10-33. Diagrama de Schöeller Berkaloff en los cuerpos de agua de la Zona III 120

Figura 10-34. Diagrama de Schöeller Berkaloff en los cuerpos de agua de la Zona IV 120

Figura 10-35. Diagrama de Schöeller Berkaloff en los cuerpos de agua de la Zona V. 121

Figura 10-36. Dendrograma de los puntos de muestreo evaluados, subdividido de acuerdo a grupos 122

Figura 10-37. Ubicación de los grupos obtenidos de clústeres según los componentes principales. 126

Figura 10-38. Concentraciones de arsénico total en las cinco zonas evaluadas. 127

Figura 10-39. Concentraciones de cadmio total en las cinco zonas evaluadas 130

Figura 10-40. Concentraciones de cobre total en las cinco zonas evaluadas 132



[Handwritten signature]



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Figura 10-41. Concentraciones de plomo total en las cinco zonas evaluadas 134

Figura 10-42. Concentraciones de zinc total en las cinco zonas evaluadas 137

Figura 10-43. Diagrama de cajas concentraciones de los metales vs puntos de muestreo..... 140

Figura 10-44. Dendrograma de los puntos de muestreo evaluados (sedimento), subdividido de acuerdo a grupos. 142

Figura 10-45. Ubicación de los grupos obtenidos de clústeres según los componentes principales 145

Figura 10-46. Riqueza o número de taxa de ficoperifiton por estación de muestreo y phylum 148

Figura 10-47. Abundancia o número de organismos de ficoperifiton por estación de muestreo y phylum 151

Figura 10-48. Dendrograma de similitud del perifiton 153

Figura 10-49. Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo y orden..... 156

Figura 10-50. Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo y orden..... 159

Figura 10-51. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos 161

Figura 10-52. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de las estaciones de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua..... 164

Figura 10-53. Rosas de viento de las estaciones de monitoreo 165

Figura 10-54. Ubicación de las estaciones de monitoreo CA-MBaj1 y CA-SJos1, y sus Rosas de Vientos..... 165

Figura 10-55. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ (Según el IGA) 166

Figura 10-56. . Concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ (Según el ECA vigente)..... 167

Figura 10-57. Comparación de los resultados de cadmio con el ECA suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM..... 172

Figura 10-58. Comparación de los resultados de arsénico y plomo con el ECA suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM..... 173

Figura 10-59. Comparación de los resultados de arsénico con el ECA suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. 173

Figura 10-60. Comparación de los resultados de arsénico y plomo con el ECA suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM..... 174

Figura 10-61. Comparación de los resultados de arsénico con el ECA suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM). 175

Figura 10-62. Comparación de los resultados de arsénico, cadmio y plomo con el ECA suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.. 176

Figura 11-1. Ciclo Biogeoquímico general de los metales pesados (tomado de Rosas, 2001) 180



Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Figura 11-2. Diagrama de cuerpos de agua Zona I y Zona V, relacionados con la U.M. Shahuindo	183
Figura 11-3. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona II	187
Figura 11-4. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona III.	191
Figura 11-5. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona IV.	195
Figura 11-6. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona V.	199
Figura 11-7. Vista lateral del punto de muestreo SED-RCon3.....	202



[Handwritten signature in blue ink]

1. INTRODUCCIÓN

1. La zona minera del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca se encuentra aledaña al valle de Condebamba, formado por el río Condebamba, y básicamente está constituido por un área en la que se realizan actividades mineras y en la que existe presencia de pasivos ambientales mineros en razón de actividades anteriores. En dicha zona minera se tiene principalmente la actividad minera de Shahuindo S.A.C., así como el desarrollo de actividades de pequeña minería.
2. La Unidad Minera Shahuindo (en adelante, U.M. Shahuindo) de la minera Shahuindo S.A.C. se encuentra ubicada entre los 2 200 a 3 500 m s.n.m., en la Cordillera Occidental de los Andes. Políticamente, el proyecto "Shahuindo" se ubica en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. Es importante mencionar que dicho proyecto no se encuentra dentro de ningún Área Natural Protegida (ANP) o su Zona de Amortiguamiento¹.
3. Hidrográficamente, el área del proyecto está ubicada en la subcuenca del río Condebamba, el cual es un afluente por la margen derecha del río Crisnejas. A nivel local se emplaza sobre las microcuencas de las quebradas Shingomate, Shahuindo e Higerón, todas afluentes por la margen izquierda del río Condebamba².
4. En la actualidad, la U.M. Shahuindo se desarrolla en la concesión minera "Acumulación Shahuindo", constituida por 26 derechos mineros metálicos colindantes o superpuestos que han sido acumulados en un solo título; el área total de la "Acumulación Shahuindo" es de 7338, 91 ha. Dentro del área de exploración del proyecto Shahuindo se identificaron pasivos ambientales generados por actividades mineras realizadas anteriormente.
5. Respecto a la coyuntura social en la que se desarrollan las actividades mineras, es importante mencionar que las autoridades y un sector de la población de Chuquibamba y Condebamba han manifestado su disconformidad con las actividades mineras formales de la empresa minera Shahuindo S.A.C. y con las actividades mineras informales que se desarrollan en el cerro Algamarca y la zona de La Chilca, debido al impacto ambiental negativo que estas ocasionarían al valle de Condebamba³.
6. Mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD publicada el 01 de febrero de 2017 en el Diario Oficial el Peruano, se aprobó el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 (en adelante, Planefa 2017); el cual indica que la función evaluadora del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, Oefa), a diferencia de la función supervisora, permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua,



[Handwritten signature]

¹ Informe técnico sustentatorio para la instalación de red de distribución eléctrica y ampliación de la plataforma de chancado, aprobado en setiembre de 2016 por el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles – Senace.

² Estudio de Impacto Ambiental y Social del Proyecto Shahuindo, propiedad de la Minera Sulliden Shahuindo S.A.C., aprobado mediante Resolución Directoral N° 339-2013-MEM/AAM, el 10 de setiembre de 2013.

³ Defensoría del Pueblo. Conflictos sociales activos por departamento. Disponible en: <http://www.defensoria.gob.pe/conflictos-sociales/conflictosactivos.php?it=6> [Consultado el 02 de febrero de 2016]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

con énfasis en aquellas actividades fiscalizadas por el Oefa, con la finalidad de brindar información o soporte técnico para la supervisión directa.

7. En consecuencia, como parte de esta función, se desarrollan las evaluaciones ambientales tempranas, para determinar el estado de la calidad del ambiente en el ámbito de influencia del universo de administrados, conformado por el total de empresas pertenecientes a los sectores supervisados por el Oefa.
8. Con la finalidad de realizar una evaluación ambiental temprana para determinar las condiciones ambientales actuales del área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca durante el año 2017, se desarrolló un plan de ejecución de evaluación ambiental temprana, que estableció la planificación general de las actividades de campo y gabinete para la determinación del estado de los componentes ambientales agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, aire, suelo y tejido vegetal.
9. El referido plan de ejecución se constituyó sobre una revisión exhaustiva de la información existente acerca del estado ambiental del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, proveniente de fuentes oficiales de diversas instituciones, tales como instrumentos de gestión ambiental del administrado, informes de supervisión del Oefa e informes de monitoreo ambiental que el propio administrado reporta a las autoridades competentes. Del análisis de la referida información se identificó a los actores sociales involucrados, la problemática socioambiental, los objetivos y el área de estudio y de esta manera se identificó preliminarmente la metodología de trabajo a utilizar, identificando los componentes ambientales a evaluar, la red de muestreo ambiental, los parámetros de muestreo y las herramientas de análisis necesarias para realizar una evaluación temprana de las condiciones ambientales en la zona de interés.



10. Finalmente, el presente informe corresponde principalmente al desarrollo del plan de ejecución de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, correspondiendo dicha ejecución a una primera evaluación de este tipo, realizada en mayo de 2017 (época de estiaje).

2. MARCO LEGAL

11. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
12. Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y sus modificatorias.
13. Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y sus modificatorias, así como su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM.
14. Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, así como sus modificatorias.
15. Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

16. Resolución Ministerial N° 247-2013-MINAM, que aprueba el Régimen Común de Fiscalización Ambiental.
17. Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
18. Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
19. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.
20. Decreto Supremo N° 033-2007-PCM - Aprueban el Procedimiento para la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental.
21. Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, Decreto Supremo que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para aire, derogado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.
22. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, Decreto Supremo que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para aire.
23. Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Decreto Supremo que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.
24. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias, derogado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
25. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.
26. Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, que aprueba el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA, correspondiente al año 2017.
27. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales". Publicado el 11 de enero de 2016.
28. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental" y su modificatoria aprobada mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.



3. ANTECEDENTES

29. En primer lugar, se realizó la revisión de los Instrumentos de Gestión Ambiental (en adelante, IGA) asociados a la U.M. Shahuindo, los cuales se detallan brevemente en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Instrumentos de gestión ambiental asociados a la U.M. Shahuindo

INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)				
N°	Administrado	Título del IGA	Número de resolución aprobada por el Minem	Fecha de aprobación
1		Informe Técnico Sustentatorio para la Instalación de Red de Distribución Eléctrica y Ampliación de la Plataforma de Chancado	R.D. N° 082-2016-SENACE/DCA	19 de setiembre de 2016
2	Shahuindo S.A.C.	Primera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero "Shahuindo"	R.D. N° 132-2016-MEM/AAM	02 de mayo de 2016
3		Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Shahuindo	R.D. N° 339-2013-MEM/AAM	10 de setiembre de 2013
4		Segunda modificación de EIA-sd del Proyecto de Exploración Minera "Sulliden Shahuindo"	R.D. N° 096-2012-MEM/AAM	27 de marzo de 2012
5		Primera modificación de EIA-sd del Proyecto de Exploración Minera "Sulliden Shahuindo"	R.D. N° 083-2011-MEM/AAM	15 de marzo de 2011
6		Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Explotación Minera Shahuindo	R.D. N° 229-2010-MEM/AAM	15 de julio de 2010
7		Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración Minera Shahuindo	R.D. N° 012-2004-MEM-AAM	26 de enero de 2004
REPORTE PÚBLICO OEFA				
N°	Nombre del estudio		Número de aprobación e institución	Fecha de aprobación
8	Reporte público de acciones de supervisión directa		---	23 de diciembre de 2016
INFORMES DE OTRAS INSTITUCIONES				
N°	Nombre del estudio		N° Informe	Fecha de aprobación
9	IV Monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial de la Cuenca del río Crisnejas		Informe técnico N° 054-2016-ANA-AAA.M-SDGCRH	Julio de 2016
10	III Monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial de la Cuenca del río Crisnejas		Informe técnico N° 007-2015-ANA-AAA.M-SDGCRH	2015
11	Monitoreo Participativo de la calidad del agua Cuenca Crisnejas		Informe técnico N° 038-2014-ANA-AAA.M-SDGCRH	Julio de 2014
12	Monitoreo Participativo de la calidad del agua Cuenca Crisnejas		Informe técnico N° 016-2014-ANA-AAA.M-SDGCRH	Marzo de 2014

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Minem, ALA Crisnejas y Coordinación de Minería – Dirección de Supervisión – Oefa.

30. De la revisión, análisis y sistematización de la información relevante de los IGA aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (en adelante, Minem), se describe en la Tabla 3-2 un breve resumen de los resultados recopilados en la línea base de los componentes ambientales evaluados y cuyos resultados servirían como



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

fuelle de referencia para la determinación de zonas críticas de cuerpos de agua de interés para la evaluación ambiental temprana.

Tabla 3-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA asociados a la U.M. Shahuindo

N°	Cuenca	Titular	Unidad minera	IGA revisado	Zonas de posible influencia
01	Cuenca Crisnejas	Shahuindo S.A.C.	Shahuindo	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Shahuindo (10/09/2013)	Qda. Shahuindo
					Qda. Los Merinos
					Qda. Choloque
					Qda. San José
					Río Condebamba

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – Minem.

31. De igual manera, de la revisión exhaustiva de los IGA, se presentan los componentes propuestos para el desarrollo de la U.M. Shahuindo; dicha información fue tomada en cuenta como un criterio más en la determinación de la red de puntos de muestreo de la evaluación ambiental temprana (ver Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Componentes mineros de interés respecto de la U.M. Shahuindo

N°	Unidad hidrográfica	Titular	Unidad minera	IGA revisado	Componentes mineros
01	Cuenca Crisnejas	Shahuindo S.A.C.	Shahuindo	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Shahuindo (10/09/2013)	Tajo
					Almacen temporal de residuos sólidos
					Depósitos de suelo orgánico
					Depósito de material estéril
					Laboratorio metalúrgico
					Stockpile
					Chancadora
					Planta de tratamiento de efluente
					Campamento permanente
					Almacen de RR.SS. y cancha de volatilización
					Planta de tratamiento de agua residual doméstica
					PAD lixiviación
					Planta ADR y almacén de reactivos
					Canteras de material de préstamo

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – Minem.

32. De acuerdo con la información descrita en los IGA aprobados para la U.M. Shahuindo, los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia presentan características que en algunos casos han excedido las normas de comparación establecidas en nuestro país. Al respecto, en la Tabla 3-4 se presenta un breve resumen de la línea base del componente agua, evaluado en los IGA de la U.M. Shahuindo en función de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales, subcategoría D1: vegetales de Tallo Bajo y Alto, y Subcategoría D2: Bebido de Animales⁴, vigentes para aquel entonces.

⁴ Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, aprobado el 30 de julio de 2008.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 3-4. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA relevantes de la U.M. Shahuindo

N°	IGA y/o informe revisado	Zonas críticas	Parámetros excedidos / normativa
01	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Explotación Minera Shahuindo (marzo de 2010)	Qda. Araqueda	Arsénico total (As) y fenoles
		Qda. San José – Shahuindo 1	Arsénico total (As), hierro total (Fe), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn), fenoles y pH
		Qda. Choloque 3	Arsénico total (As), hierro total (Fe), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn) y fenoles
		Afluente de la Qda. Choloque	Arsénico total (As), hierro total (Fe), mercurio total (Hg) y fenoles
		Afluente de la Qda. Higuierón	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn), plomo total (Pb), fenoles, coliformes totales y fecales
		Qda. Higuierón	Hierro total (Fe), cobre total (Cu), fenoles y pH
		Qda. Choloque 2	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg), plomo total (Pb) y fenoles
		Qda. La Chilca	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg) y fenoles
		Qda. Shingomate 1	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg) y fenoles
		Qda. Moyán	Mercurio total (Hg) y fenoles
		Qda. Shahuindo 2	Manganeso total (Mn), fenoles y pH
		Qda. Choloque 1	Mercurio total (Hg) y fenoles
		02	Primera modificación de EIA-sd del Proyecto de Exploración Minera "Sulliden Shahuindo" (2011)
Afluente Qda. Choloque	Arsénico total (As) hierro total (Fe)		
Qda. Choloque 3	Arsénico total (As) hierro total (Fe), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn)		
Qda. Shahuindo 2	Arsénico total (As), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn)		
Afluente de la Qda. Higuierón	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg), plomo total (Pb)		
Qda. Higuierón	Hierro total (Fe), cobre total (Cu), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn)		
Qda. La Chilca	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg) y plomo total (Pb)		
Qda. Shingomate 1	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg)		
Qda. San José – Shahuindo 1	Hierro total (Fe), mercurio total (Hg), manganeso total (Mn)		
Qda. Moyán	Mercurio total (Hg)		
Qda. Choloque 1	Mercurio total (Hg)		
03	Segunda modificación de EIA-sd del Proyecto de Exploración Minera "Sulliden Shahuindo"	Quebradas Araqueda, Moyán, Choloque 1, Higuierón, La Chilca, San José – Shahuindo 1, Choloque 3	Fenoles, carbonatos, arsénico total (As), calcio total (Ca), aceites y grasas
04	Informe Técnico N° 016-2014-ANA-AAA.M-SDGCRH, Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua – Cuenca Crisnejas	Río Condebamba	Aluminio total (Al), arsénico total (As), cadmio total (Cd), cobre total (Cu) y hierro total (Fe)
		Quebrada Chupalla	Aluminio total (Al), cadmio total (Cd) y hierro total (Fe)
05	Informe técnico N° 038-2014-ANA-AAA.M- SDGCRH. Monitoreo participativo de la calidad del agua - cuenca Crisnejas	Río Condebamba	Aluminio total (Al), hierro total (Fe), manganeso total (Mn) y coliformes termotolerantes
		Río Chimín y Qdas. San José y Shingomate	Hierro total (Fe)
		Qda. Choloque	Hierro total (Fe) y manganeso total (Mn)



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	IGA % informe revisado	Zonas críticas	Parámetros excedidos / normativa
		Qda. Chupalla	Aluminio total (Al), arsénico total (As), cadmio total (Cd), hierro total (Fe) y manganeso total (Mn)
		Qda. Shahuindo	Arsénico total (As), cadmio total (Cd), hierro total (Fe) y manganeso total (Mn)
06	Informe N° 007-2015- ANA-AAA.M-SDGCRH. III Monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Crisnejas	Río Condebamba	Carbonatos y E.Coli
		Río Chimín	Carbonatos, arsénico total (As), cobre total (Cu) y Hierro total (Fe)
		Qda. Choloque	Cadmio total (Cd), cobre total (Cu), cobalto total (Co) y manganeso total (Mn)
		Qda. Chupalla	Aluminio total (Al), arsénico total (As), cadmio total (Cd), cobalto total (Co), hierro total (Fe), manganeso total (Mn) y zinc total (Zn)
		Qda. Shingomate	E. Coli y coliformes termotolerantes
		Qda. Shahuindo	Sulfatos, arsénico total (As), cadmio total (Cd), cobalto total (Co), hierro total (Fe), manganeso total (Mn) y zinc total (Zn).
07	Informe N° 054-2016- ANA-AAA.M- SDGCRH IV Monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Crisnejas	Río Condebamba	DQO, E. Coli, hierro total (Fe) y manganeso total (Mn)
		Río Chimín	Cobre total (Cu) y hierro total (Fe)
		Qda. Choloque	pH, O.D., sulfatos, cadmio total (Cd), hierro total (Fe), manganeso total (Mn), zinc total (Zn).
		Qda. Chupalla	pH, DBO, sulfatos, nitrato, aluminio total (Al), arsénico total (As), cadmio total (Cd), hierro total (Fe), manganeso total (Mn) y zinc total (Zn)
		Qda. Shingomate	Cadmio total (Cd), cobre total (Cu), hierro total (Fe) y manganeso total (Mn)
		Qda. Shahuindo	pH, sulfatos, DQO, aluminio total (Al), arsénico total (As), cadmio total (Cd), hierro total (Fe), manganeso total (Mn) y zinc total (Zn).

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – Minem

33. Asimismo, en la Tabla 3-5, se describe un breve resumen de las tres denuncias ambientales registradas en el portal del Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (en adelante, Sinada) durante los años 2012 al 2016 con relación a la U.M. Shahuindo, ubicada en la subcuenca del río Condebamba.

Tabla 3-5. Denuncias ambientales atendidas por el Sinada del Oefa en los años 2012 al 2016 en relación a la U.M. Shahuindo

Año	Componente asociado a la denuncia	Administrado relacionado con la denuncia	Recurso afectado según denuncia
2015	Agua	Shahuindo S.A.C.	Río Condebamba
2016	Agua y aire	Shahuindo S.A.C.	Fuentes de agua y caserío Shahuindo de Araqueda
	Agua	Shahuindo S.A.C.	Afectación recursos hídricos de la zona.

Fuente: Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales – SINADA

4. JUSTIFICACIÓN

34. El presente informe se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del Oefa establecida en la Ley 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental – Sinefa, donde se establece que la función evaluadora comprende las acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares que realiza el Oefa, según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.
35. Asimismo, la ejecución de la presente evaluación ambiental se realiza en el marco del Planefa 2017 del Oefa, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD⁵ a fin dar soporte a la Dirección de Supervisión, generando información ambiental para la posterior verificación del cumplimiento de las medidas preventivas de riesgos ambientales por parte de los administrados.
36. Complementariamente, a través del Informe N° 043-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA, el equipo evaluador del Oefa estableció la viabilidad del desarrollo de una evaluación ambiental temprana en el área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.
37. La evaluación de la calidad ambiental con participación ciudadana para el ejercicio 2017 se realiza a través de evaluaciones ambientales tempranas, las cuales se enfocan en las áreas de influencia de los proyectos que son materia de la función evaluadora, ello de acuerdo a la priorización determinada en el Planefa 2017, con la finalidad de (i) contribuir a la prevención de los potenciales conflictos socioambientales, (ii) brindar soporte técnico a las acciones de supervisión y fiscalización ambiental que realiza el Oefa, (iii) proporcionar información a otras instituciones públicas y/o privadas para que actúen en el marco de sus competencias y (iv) constituir la etapa inicial de un sistema de vigilancia ambiental periódico.
38. Por ello, y en atención a los reclamos de la población local y a las denuncias presentadas a través del Sinada entre el 2012 al 2016 en razón de una presunta alteración de la calidad ambiental debido al desarrollo de las actividades mineras, el Oefa determinó que una de las evaluaciones de calidad ambiental a ser ejecutadas a través de una evaluación ambiental temprana por la Dirección de Evaluación para el año 2017 corresponde al área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, ello mediante actividades de caracterización y monitoreo de los componentes ambientales asociados a las actividades fiscalizables por el Oefa.
39. Para lograr lo anterior, fue necesario realizar un diagnóstico ambiental que comprenda la evaluación de distintos componentes ambientales en consenso con la población del área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, ello mediante los mecanismos establecidos en la normativa respecto a monitoreos ambientales participativos⁶, aplicados para la realización de evaluaciones ambientales tempranas.



⁵ Resolución de Consejo Directivo publicada el 01 de febrero de 2017.

⁶ Resoluciones de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD y N° 003-2016-OEFA/CD.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

40. Realizar una evaluación ambiental temprana con participación ciudadana en el área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

5.2. Objetivos específicos

41. Evaluar la calidad ambiental del agua superficial.
42. Evaluar la calidad ambiental de sedimentos.
43. Evaluar las condiciones de las comunidades hidrobiológicas.
44. Evaluar la calidad ambiental de aire.
45. Evaluar la calidad ambiental de suelo.
46. Determinar las concentraciones de metales en frutos de los cultivos del valle.

6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

47. El área de estudio comprende la zona de influencia de la U.M. Shahuindo. La unidad minera se encuentra emplazada en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca (ver Figura 6-1).
48. Hidrográficamente, el área del proyecto está ubicada en la subcuenca del río Condebamba, el cual es un afluente por la margen derecha del río Crisnejas. La cuenca del río Crisnejas cuenta con una extensión de aproximadamente 4,909 km² y es un afluente por la margen izquierda del río Marañón, el cual a su vez se ubica en la región hidrográfica del Amazonas en la vertiente del Atlántico.
49. A nivel local, el área de estudio se emplaza sobre las cuencas de las quebradas Shingomate, Shahuindo e Higuierón, todas afluentes por la margen izquierda del río Condebamba. Las cuencas de la quebrada Chiraque y el río Crisbamba son las otras quebradas que se ubican en la margen izquierda del río Condebamba.
50. Respecto de los componentes mineros, el pad de lixiviación se ubica en las quebradas Sauce y El Higuierón, cuyas cuencas drenan hacia la quebrada El Pacae; el botadero de desmonte se ubica en la quebrada Choloque, la cual drena hacia la quebrada Shahuindo. Las instalaciones del tajo abierto se ubican en las cuencas de las quebradas Shingomate, Shahuindo e Higuierón. Ninguna instalación del proyecto está ubicada en las cuencas Chiraque y Crisbamba.



[Handwritten signature]



PERU

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

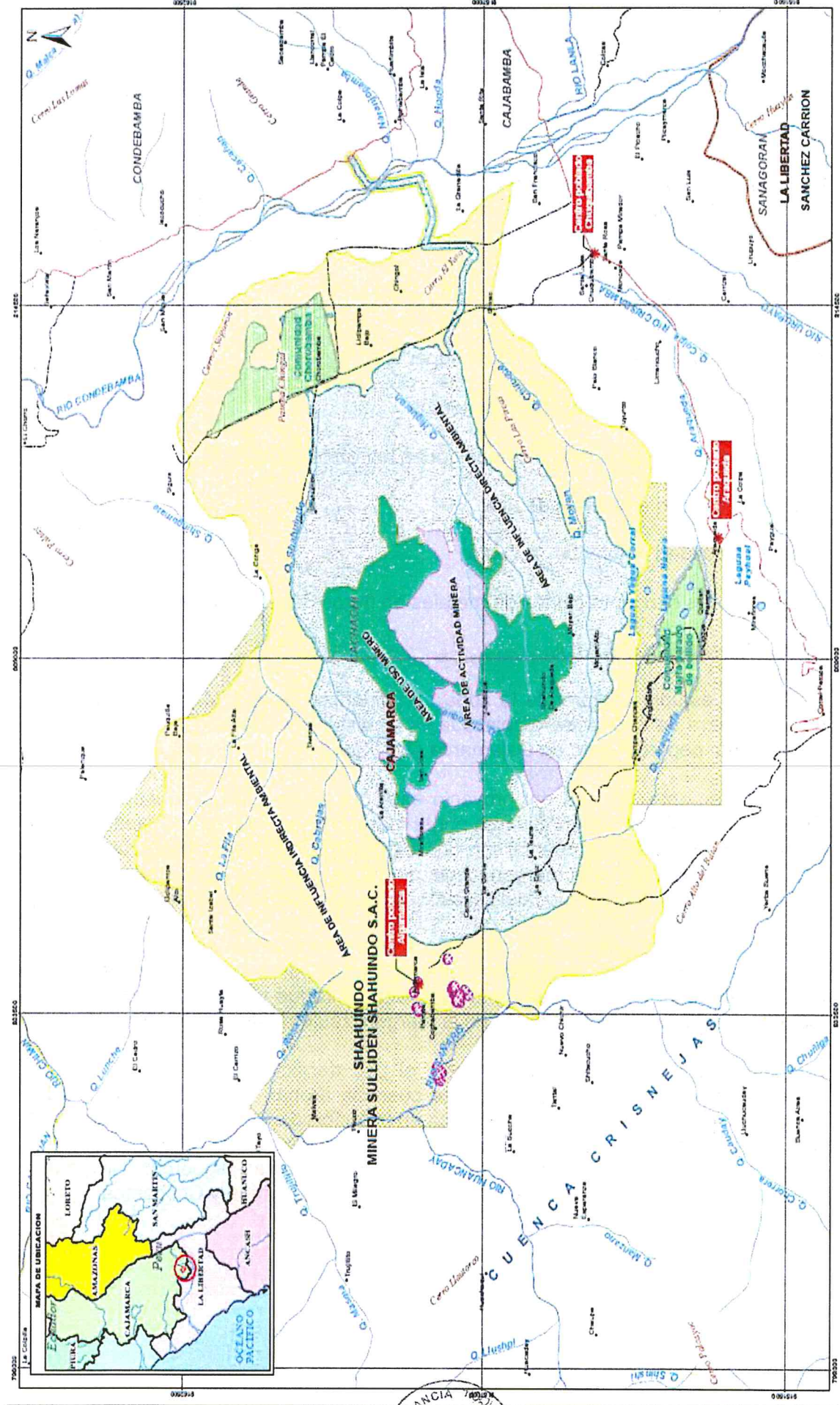


Figura 6-1. Mapa de ubicación geográfica de la Unidad Minera Shahundo.

6.1. Área de estudio de calidad de agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiológicas

51. Para fines prácticos, el área de estudio fue dividido en diferentes zonas de acuerdo a las ubicaciones de cada punto de muestreo. A continuación, se describen las cinco zonas:

- a) Zona I, que corresponde a la microcuenca de la quebrada Shahuindo.
 - En la microcuenca de la quebrada Shahuindo en la zona circundante, se ubican los puntos de muestreo que se encuentran ubicados en las quebradas Choloque, Chupaya, Shahuindo y manantiales (caserío San José y Shahuindo de Araqueda).
- b) Zona II, que corresponde al centro poblado de Araqueda
 - En el centro poblado Araqueda, en la zona circundante, conformado por los puntos de muestreo que se ubican en las quebrada Araqueda y La Colpa.
- c) Zona III, que corresponde a la subcuenca del río Condebamba
 - En la subcuenca del río Condebamba, en la zona circundante, conformado por los puntos de muestreo que se ubican en la quebrada Lanla y los ríos Chimín, Condebamba y Urupuyo.
- d) Zona IV, que corresponde al centro poblado de Algamarca
 - En el centro poblado Algamarca, en la zona circundante, conformado por los puntos de muestreo que se ubican en la quebrada Caipuro y el río Cañaris.
- e) Zona V, que corresponde a las microcuencas de las quebradas Los Merinos, Moyán, Higuérón
 - En las microcuencas de las quebradas Los Merinos, Moyán, Higuérón, en la zona circundante, conformado por los puntos de muestreo que se ubican en las quebradas Los Merinos, Shingomate, Sauce, Moyán, El Pacae, Higuérón y Contrahierba.



6.2. Área de estudio de calidad de aire

52. El área de estudio, corresponde a los centros poblados y caseríos que se encuentran dentro del área de influencia y cercanos a las actividades desarrolladas en la U.M. Shahuindo; se han identificado cuatro caseríos, siendo: Moyán Bajo, Moyán Alto, San José y Máximas Flores, los considerados para la presente evaluación ambiental.

6.3. Área de estudio de suelos y tejido vegetal

53. La zona evaluada para el monitoreo de suelos (niveles de fondo), se ubicaron en función del área de influencia de la U.M. Shahuindo y a la ubicación de áreas sin alteración de alguna actividad antropogénica y otras áreas se ubicaron en zonas de campos agrícolas del valle Condebamba.

7. CONTEXTO SOCIAL

54. El contexto social se refiere a todas aquellas circunstancias que enmarcan la situación en la que se encuentra el área de interés: en este caso, el lugar donde se desarrolló la evaluación ambiental y en el que también están incluidos todos los individuos que forman parte de la población residente en esa área.
55. La información del contexto social fue obtenida mediante la revisión de fuentes bibliográficas, lo que fue complementado con aquella recopilada durante la visita de reconocimiento previa al desarrollo de la evaluación ambiental y durante las etapas previas a la ejecución del mismo.
56. Las etapas tipificadas en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del Oefa⁷ para la ejecución de la evaluación ambiental temprana son las siguientes:

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

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

7.1. Etapas previas a la ejecución del monitoreo

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

- Visita de Reconocimiento

59. La visita de reconocimiento es una etapa adicional, previa al inicio del MAP, fue realizada del 15 al 21 de febrero de 2017. Su objetivo fue el de establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, conocer su percepción respecto a la realización del MAP, y reconocer técnica y logísticamente el área de intervención. Toda esta información, junto con el conocimiento de la situación social y ambiental del área de monitoreo, la existencia

⁷ Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Aprueban el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – Oefa", del 2 de setiembre de 2014, modificada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.

de conflictos, y las principales actividades económicas, entre otras, facilitaría el desarrollo del MAP.

60. Durante la visita de reconocimiento se identificaron a los principales actores involucrados, sosteniendo reuniones con representantes de las siguientes instituciones y/o organizaciones: Shahuindo S.A.C., ALA Crisnejas, Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente (RENAMA – Gore Cajamarca), municipalidad provincial de Cajabamba, municipalidad distrital de Cachachi, municipalidad del centro poblado de Chuquibamba, municipalidad del centro poblado de Araqueda, municipalidad del centro poblado de Algamarca, gobernación del caserío de Shahuindo de Araqueda, gobernación del caserío de Moyán Bajo, gobernación del caserío de San José, JASS Chorobamba, Federación de Rondas Campesinas de Cajabamba, prensa local "Con-tacto informativo", Red Salud Cajabamba, recogiendo su percepción respecto a la realización del monitoreo, así se recorrió técnica y logísticamente el área de intervención, con especial énfasis en el distrito de Cachachi y sus anexos, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.
61. Esta visita también sirvió para definir el área y los objetivos del estudio, lo que permitió identificar los componentes ambientales a evaluar, determinar la red y los parámetros de muestreo y establecer las herramientas de análisis que ayudarían a diagnosticar las condiciones ambientales de la zona.
- **Coordinación previa con los actores involucrados; convocatoria e inscripción a los programas de inducción.**
62. Estas etapas fueron desarrolladas del 12 al 18 de marzo de 2017, periodo durante el cual se realizaron reuniones de coordinación previa en las municipalidades de los centros poblados de Chuquibamba y Araqueda y en la provincia de Cajabamba, de igual manera se coordinó la difusión de la invitación a los talleres de inducción.
63. En dichas reuniones, se determinó lo siguiente:
- El MAP se realizaría en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.
 - Se concretaron las fechas y lugares para la convocatoria y la realización de los talleres de inducción y de la presentación de la propuesta del plan de ejecución.
 - Se definió el lugar en el que se dejarían las listas de inscripción.
64. La difusión fue realizada mediante comunicaciones formales y emisión radial (radios "Tebane" y "Julices"), convocándose a los principales actores sociales involucrados en el desarrollo del MAP, tales como instituciones del estado, juntas de riego, centros educativos, colegios profesionales y a la población del distrito involucrado (Cachachi).
65. Por último, se reconocieron algunas quebradas propuestas para realizar el monitoreo de calidad de agua, sedimento e hidrobiología.

- **Realización de la inducción y taller para la presentación de la propuesta de la evaluación ambiental temprana.**

66. Dichas etapas tuvieron lugar del 6 al 12 de abril de 2017, en los centros poblados de Chuquibamba y Araqueda, y en la ciudad de Cajabamba.
67. Durante la inducción, el Oefa informó sobre las competencias de fiscalización ambiental a su cargo, los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de monitoreo, los derechos y deberes de los participantes, y los lineamientos y procedimientos para la toma de muestras. Se entregó un certificado a los asistentes que se inscribieron con anticipación.
68. Inmediatamente después de la inducción, se continuó con el taller de presentación de la propuesta de ejecución. Durante la misma, se explicó lo siguiente:
- Los objetivos del monitoreo.
 - Las acciones de monitoreo que serían impulsadas por el Oefa en campo.
 - Los criterios para la elección de los puntos de muestreo.
 - La metodología para la recolección de muestras y mediciones en campo.
 - La metodología que se aplicará para la evaluación de los resultados obtenidos.
 - Los alcances de la participación ciudadana durante las labores de monitoreo a realizarse.
 - Otros aspectos de interés.

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

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

7.2. Ejecución de la evaluación ambiental temprana.

71. Esta etapa, previa a la presentación de los resultados, se desarrolló del 6 al 21 de mayo de 2017. Durante la misma se realizó la toma de muestras de agua, sedimentos, aire, suelo y tejido vegetal, teniendo en cuenta los puntos de muestreo que habían sido determinados previamente.
72. Las personas que habían sido seleccionadas previamente acompañaron a los especialistas durante el monitoreo de los componentes ambientales mencionados.

7.3. Actores involucrados

73. Los actores involucrados en el desarrollo del MAP se consignan en la Tabla 7-1, estos se encuentran especificados en Anexo A.



Tabla 7-1. Actores sociales involucrados para el desarrollo del MAP

Institución	Distrito	Provincia	Departamento
OD-Cajamarca (Oefa)	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Shahuindo S.A.C.	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobierno Regional de Cajamarca (GORE-Cajamarca)	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
GORE-Cajamarca: Dirección Regional de Energía y Minas	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
GORE-Cajamarca: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
GORE-Cajamarca: Gerencia Regional de Salud	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Autoridad Nacional del Agua	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Administración Local de Agua Crisnejas	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
Red Salud Cajabamba	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
Municipalidad provincial de Cajabamba	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
Municipalidad distrital de Cachachi	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Subprefectura Cachachi	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Defensoría del Pueblo	Cajamarca	Cajabamba	Cajamarca
Frente de Defensa y Desarrollo de la provincia de Cajabamba	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
Rondas campesinas de Cajabamba	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
Sindicato de Construcción Civil	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
Municipalidad del centro poblado de Chuquibamba	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Municipalidad del centro poblado de Araqueda	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Junta Administradora de Agua y Saneamiento	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío de Moyán Bajo	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío Moyán Alto	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío de Chorobamba	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío de Siguis	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío de Shahuindo de Araqueda	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío de Liclipampa Bajo	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío Máximas Flores	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca
Gobernación del caserío La Pauquilla	Cachachi	Cajabamba	Cajamarca



[Handwritten signature in blue ink]

8. MARCO CONCEPTUAL

74. En este apartado se realiza una introducción sobre cada uno de los componentes ambientales que fueron evaluados en el MAP llevado a cabo en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca; además, se presentan conceptos y metodologías que se han tenido en cuenta para realizar el análisis de resultados referentes a cada componente ambiental.

8.1. Agua superficial y sedimentos

75. La creciente presión sobre los cuerpos naturales de agua puede afectar la calidad de los recursos hídricos, impactando en los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la disponibilidad de los mismos.

76. Aunque el agua superficial disponible en Perú es relativamente abundante, su calidad es crítica en algunas regiones del país, lo que es uno de los problemas más graves existentes puesto que constituye un impedimento para lograr el uso de dicho recurso de manera eficiente.⁸

⁸ Autoridad Nacional del Agua (ANA).

77. De manera general, se puede afirmar que el deterioro de la calidad de agua se debe fundamentalmente al aumento de la población (situación que se agrava por las invasiones descontroladas) y a las actividades antropogénicas. Entre otras causas, la calidad del agua puede verse afectada por la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales, la realización de vertimientos procedentes de industrias extractivas (principalmente minería e hidrocarburos) no formalizadas, el uso de pesticidas, la ausencia de vegetación de ribera en los cursos de agua, etc. Toda esta problemática, también tiene un gran impacto sobre el resto de componentes ambientales que van hacer analizados en el presente informe.

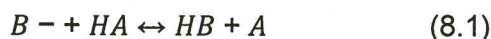
8.1.1. Parámetros físicos analizados

a. Sólidos totales y disueltos

78. Las partículas que se encuentran en los cuerpos de agua tienen una variedad de tamaños, formas y composición química, sin embargo, tienen características similares que facilitan su clasificación en determinadas categorías, una de ellas es la de sólidos disueltos, definida por contener aquellos sólidos que pueden filtrarse por poros de 1,2 μm o de diámetro menor, por lo general estos sólidos se encuentran entre el rango de 0,01 μm a 1,0 μm (Metcalf y Eddy, 2014). Otra categoría de sólidos es la de sólidos totales que incluye tanto a los disueltos como a los suspendidos. Los sólidos totales y los disueltos generan una serie de afectaciones a la salud de los ecosistemas, debido a la formación de turbidez en las aguas naturales, además de que pueden llegar a sedimentarse dañando así el hábitat de algunos organismos bentónicos y fomentar las sobrepoblaciones bacterianas lo que dificulta el tratamiento de las aguas potables, pues estos sólidos sirven como barrera protectora contra la acción desinfectantes en la cloración del líquido (Mackenzie, 2005).

b. pH

79. El pH es una escala logarítmica que mide la presencia de concentración de hidronios en una sustancia (Jenkins, 2009), que sufre reacciones químicas basadas en la siguiente ecuación:



Dónde:

B : Base1
HB : Ácido2
HA : Ácido1
A : Base2

80. Por lo general el pH de las aguas superficiales, está entre el rango de 6,5 y 8,5 y es gracias a estos valores que se pueden realizar otra serie de reacciones químicas como la reducción-oxidación, además que permite el desarrollo de la vida acuática y sus procesos biológicos (Alfayate, 2008).
81. Existen diversos factores que modifican la acides del líquido uno de ellos es la composición geológica del cauce del río, pues este sustrato es erosionado y con ello se da la liberación de sales, lo que aumenta el carácter básico del recurso (Mackenzie, 2005), caso contrario sucede cuando hay altas concentraciones de dióxido de carbono, el cual le da un carácter ácido a las aguas (Alfayate, 2008), es por ello que para garantizar la calidad de un cuerpo de agua es necesario



controlar variables como el pH, pues es parámetro que regula diversidad de procesos en el agua (Metcalf & Eddy, 2014).

c. Conductividad

82. La conductividad es una medida de la capacidad del agua de conducir una corriente eléctrica. Es sensible a las variaciones de sólidos disueltos, principalmente de sales minerales. Para un cuerpo de agua en específico, se relaciona con los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios (Chapman, 1996). La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a los 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$; aunque, por supuesto depende del tipo de geología. En zonas con influencia marino costera los valores pueden ir desde los 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras que en lagos y reservorios las conductividades son por lo general más bajas (ANZECC, 2000).

8.1.2. Principales características químicas del agua

83. El agua es una solución /suspensión acuosa en la cual suceden una serie de reacciones químicas de importancia biológica, las cuales entre sus interacciones brindan esas características al agua (Jenkins, 2009).

a. Cloruros (Cl)

84. El Cloro presente en las aguas naturales, se debe principalmente a la interacción del elemento con sales como el Calcio, Magnesio y Sodio, las cuales provienen de la erosión de las rocas evaporíticas (González, 2011); las concentraciones de cloruros por lo general no son lo suficientemente altas para modificar el sabor y el olor del agua y su rango promedio en aguas superficiales es de entre 1 mgCl/L hasta 100 mgCl/L (Sandí, 2010).

85. La presencia de este ión en concentraciones promedio brinda una serie de beneficios como lo es la desinfección de microorganismos que pueden ser patógenos para el ser humano (Barrio, 2009), además de mantener la presión osmótica en seres vivos y mantener el balance iónico del agua (Sandí, 2010). No obstante, el exceso de este ión puede generar efectos adversos como la disrupción en la presión osmótica, así como generar quemaduras en las hojas de las plantas que entre en contacto con este elemento (Moreno, 2007). Para garantizar una buena calidad del agua es necesario controlar el Cloro residual libre, pues es el tratamiento de este ión es muy costoso (Vargas, 2004).

b. Sulfatos

86. Los sulfatos son compuestos que se encuentran diluidos en las aguas superficiales por la acción erosiva que tiene el líquido sobre rocas sedimentarias como la lutita, y por las interacciones bioquímica de las bacterias sulfato-reductoras que están presentes en el medio, quienes modifican las propiedades químicas creando estos compuestos; para garantizar que el sulfato no vaya a ocasionar cambios en la calidad del agua es pertinente que las concentraciones no sobrepasen el rango comprendido entre 10 mg SO_4/L y 80 mg SO_4/L (Weiner, 2013).

87. La remoción de Sulfatos de las aguas naturales es un tratamiento muy costoso, por ello es recomendable no utilizar aquellos cuerpos de agua que contengan



[Handwritten signature]

concentraciones mayores a 500 mgSO₄/L pues luego de este umbral el agua empieza a generarse corrosión y se produce un efecto laxante en los consumidores (Weiner, 2013).

c. Plomo

88. El plomo es un elemento que se le puede encontrar en una variedad de medios ya sea en el aire, suelo, plantas, animales y el agua, sin embargo es el suelo quien contiene la mayor cantidad de este metal, el cual es liberado a los cuerpos de agua mediante la acción erosiva que sufre el manto y las rocas contenedoras; la capacidad de dispersión que tiene el recurso hídrico sobre este metal hace que las concentraciones promedio rondan de los 0,001 µgPb/ml hasta los 0,01 µgPb/ml, valores que están muy por debajo de la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud, la cual equivale a 0,1 µgPb/ml (Albert, 2012). Los problemas asociados al plomo en cuanto a la calidad de agua de consumo humano están relacionados fundamentalmente con el tiempo de retención y el medio de distribución del líquido, en esencia aquellas tuberías que están elaboradas con plomo (López, 2013), las cuales liberan partículas que pueden elevar las concentraciones hasta los 10.000 µgPb/ml (Vargas, 2004). Para poder reducir la presencia de este metal es recomendable colocar filtros de carbono activado en los sistemas de depuración, ya que estos absorben el plomo y su implementación es de bajo costo (Upadhyayula, 2009).

d. Cobre

89. La presencia de Cobre en las aguas es un buen indicador, ya que este elemento unido al cloro, permiten la desinfección de las aguas, pues tiene la capacidad de ingresar por las paredes celulares e inhibir el funcionamiento de los microorganismo (Rajagopal, 2012), la concentración deseable de Cobre en las aguas naturales es de 31,85 µmolCu/L, no obstante la Organización Mundial de la Salud permite concentraciones de hasta 828,03 µmolCu/L, sin que estas lleguen a afectar la salud humana (Arakeri, 2013), al igual que el plomo la afectación a la calidad de agua de consumo humano, se debe a que las tuberías de plomo también contienen trazas de Cobre el cual es liberado al agua y con ello puede ocasionar afectaciones a la salud (Vargas, 2004).

e. Hierro

90. El comportamiento químico del hierro en las aguas naturales es originado principalmente por la reacción oxidación-reducción que se da por medio de la interacción con compuestos orgánicos e inorgánicos del medio; así también es gracias a este tipo de reacciones que se reduce el contenido de este elemento en las aguas naturales (Jenkins, 2009). Es la especie Fe⁺², el ión que se encuentra mayoritariamente dentro de los cauces y su concentración promedio es de 700 µgFe/L, sin embargo, una acumulación excesiva de este metal puede llegar a ocasionar cambios en la coloración y sabor del agua, haciendo que no sea gusto del consumidor (Postawa, 2013).
91. Para lograr una remoción del Hierro de las aguas que van a ser consumidas, simplemente se deben seguir el mismo tratamiento de eliminación de la turbiedad, logrando así reducciones en las concentraciones de 0,3 mgFe/L hasta 10 mgFe/L (Vargas, 2004).



f. Manganeso

92. El Manganeso es un elemento que está asociado a la presencia del Hierro y de igual forma el Manganeso es un componente de los suelos el cual al ser erosionado por las aguas es incorporado a esta y sufre una serie de reacciones en las cuales se libera la especie Mn^{+2} , ión que puede reducirse hasta formar otros óxidos menos solubles; la concentración de este elemento ronda los 200 $\mu gMn/L$ y su límite máximo permisible es de 0,5 mg/L para consumo humano (Postawa, 2013).

g. Ión sodio

93. Las concentraciones de ion sodio en aguas naturales superficiales varían de manera considerable dependiendo de las condiciones geológicas locales, descargas de aguas residuales y en algunos países del uso estacional de sal en carreteras.
94. Algunas aguas superficiales, incluyendo aquellas que reciben descargas de aguas residuales tienen valores de concentración debajo de los 50 mg/L. Aunque las aguas subterráneas pueden exceder los 50 mg Na^+ /L . La sodificación de suelos (natural o antropogénica) provoca efectos negativos sobre la producción y la productividad de cultivos porque deteriora sus propiedades físicas. Este deterioro se manifiesta en una drástica disminución en la conductividad hidráulica o en la tasa de infiltración del agua en el suelo y puede ser difícil de corregir porque requiere la utilización conjunta de enmiendas, grandes volúmenes de agua y complicados sistemas de drenaje (Guerrero, 2004).
95. La acumulación del sodio en el suelo tiene dos efectos principales; en primer lugar, si es absorbido como ión, al acumularse es tóxico para las plantas y si es absorbido por las arcillas, sustituye al calcio y al magnesio, lo que provoca cambios en la estructura que afectan la permeabilidad del suelo y el crecimiento de las plantas. El peligro de sodificación depende de la concentración relativa y absoluta de los cationes en el agua, de los cuales los principales son el calcio, el magnesio y el sodio. Si la proporción de sodio es alta, es mayor el problema, pero si predomina el calcio y magnesio, es menor.

h. Bicarbonato

96. La alcalinidad es una medida de la capacidad de neutralización del agua. Indica la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y menos significativamente de boratos, silicatos, fosfatos y sustancias orgánicas. Se expresa como equivalentes de carbonato de calcio ($CaCO_3$). La composición de las especies de la alcalinidad depende del pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica; sin embargo, normalmente se interpreta como una función de los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (McNeely *et al.*, 1979).
97. Su presencia en las aguas naturales es importante ya que contribuye a mantener el balance iónico y a evitar propiedades corrosivas o incrustantes, raramente excede los 500 mg $CaCO_3/L$. Para proteger la vida acuática, las guías estipulan que la alcalinidad se debe mantener a los niveles naturales propios del área, sin variaciones drásticas.

i. Potasio

98. En aguas naturales las concentraciones de potasio son menores a 10 mg K⁺ /L, aunque puede aumentar por depositación atmosférica, escorrentía de terrenos agrícolas e influencia de drenajes de irrigación. Dado que son elementos esenciales, para la nutrición de las plantas, su presencia en el agua es beneficiosa.

j. Calcio

99. El calcio es un metal alcalino térreo y uno de los cationes más abundantes en aguas subterráneas y superficiales. Es fácilmente disuelto de las rocas ricas en minerales que lo contienen como calcita y dolomita, por el agua de escorrentía o de lluvia. Las sales de calcio, junto con las de magnesio, provocan la dureza del agua. La presencia de calcio en aguas naturales varía de acuerdo con la proximidad a la fuente natural. Típicamente se encuentra en concentraciones menores a 15 mg Ca²⁺/L, mientras que en aguas cercanas a rocas carbonatadas pueden estar en el ámbito de 30 mg Ca²⁺/L a 100 mg Ca²⁺/L.
100. Las aguas residuales contribuyen de manera importante a las concentraciones de calcio en las aguas superficiales. La lluvia ácida puede incrementar el lixiviado de los iones calcio del suelo. El calcio es esencial para la nutrición humana. También ayuda a mantener la estructura de las células de las plantas y es deseable en aguas de riego debido a que mejora la estructura del suelo. Las altas concentraciones de calcio en el agua no son dañinas para la mayoría de los organismos acuáticos y puede más bien reducir la toxicidad en peces de algunos compuestos químicos.

k. Magnesio

101. El magnesio está presente en las aguas como ion Mg²⁺ y junto con el calcio, provoca la dureza del agua. Proviene principalmente de los minerales ferromagnésicos y de algunas rocas que contienen carbonatos. Se encuentra también en la clorofila, en diferentes compuestos organometálicos, en materia orgánica y es un elemento esencial para los seres vivos. Las concentraciones naturales varían entre 1 y hasta 100 mg/L, dependiendo del tipo de roca de que provenga. Aunque, el magnesio es empleado en procesos industriales, el aporte de las aguas residuales en magnesio a las concentraciones totales en aguas superficiales, es relativamente bajo.

8.1.3. Hidroquímica**a. Métodos Gráficos**

102. Se utilizaron métodos gráficos simples, como por ejemplo diagramas de Piper y Stiff, para así establecer la distribución de las concentraciones de los parámetros en los diferentes puntos de muestreo (variación espacial), tanto para aguas superficiales como para aguas subterráneas (según componente hidrológico); además de relaciones entre las variables. Los análisis gráficos se realizaron para parámetros individuales, subconjuntos de parámetros y para razones entre ciertas variables seleccionadas. Se consideró el uso de gráficos bivariados y ternarios. Éstos se realizaron usando Excel (Microsoft Office 2007) y el programa Diagrammes 5.4 (Université d'Avignon).



• Diagrama de Piper

- 103. La ilustración gráfica trilinear de Piper da informaciones similares sobre los % miliequivalentes de los mayores iones (cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ y aniones: HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^-).
- 104. En el triángulo de la izquierda aumentan los % meq en el sentido de las agujas del reloj, en el triángulo de la derecha en sentido contrario y se delimita las aguas según sus composiciones y así distinguir los diversos tipos de agua de diferentes unidades geológicas e hidrológicas (Ver Figura 8-1).
- 105. En la trayectoria de las aguas se puede observar la evolución química y así clarificar tendencias y relaciones entre muestras. Entre grupos de aguas se reconocen mezclas alineadas entre los dos componentes iniciales o se puede reconocer la precipitación o disolución de alguna sal por el desplazamiento de muestras.

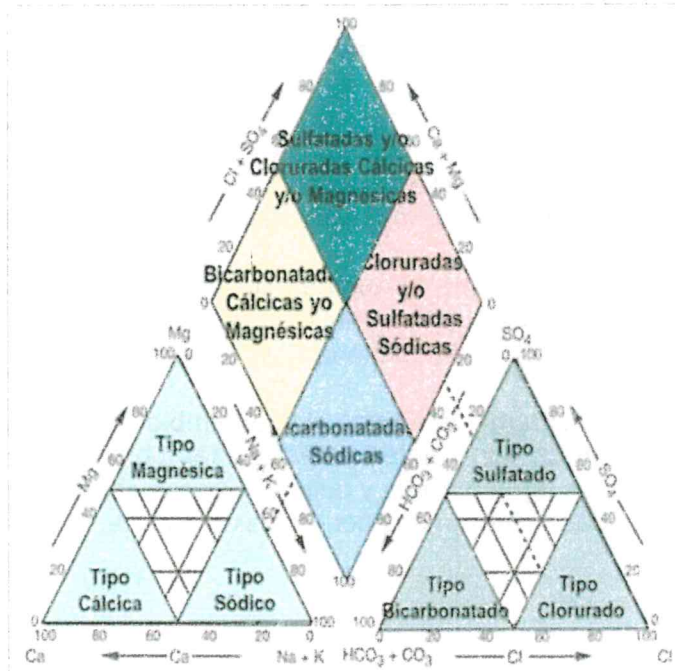


Figura 8-1. Facies de calidad de agua, según diagrama de Piper

• Diagrama de Stiff

- 106. El diagrama de Stiff es un polígono que muestra en el eje vertical marca los miliequivalentes por litro (meq/l) de los mayores cationes por la izquierda (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) y de los aniones por la derecha (HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^-) (ver Figura 8-2). Mientras más lejos un punto del eje vertical cero, mayor la concentración del ion y mayor el área del polígono.



Firma manuscrita

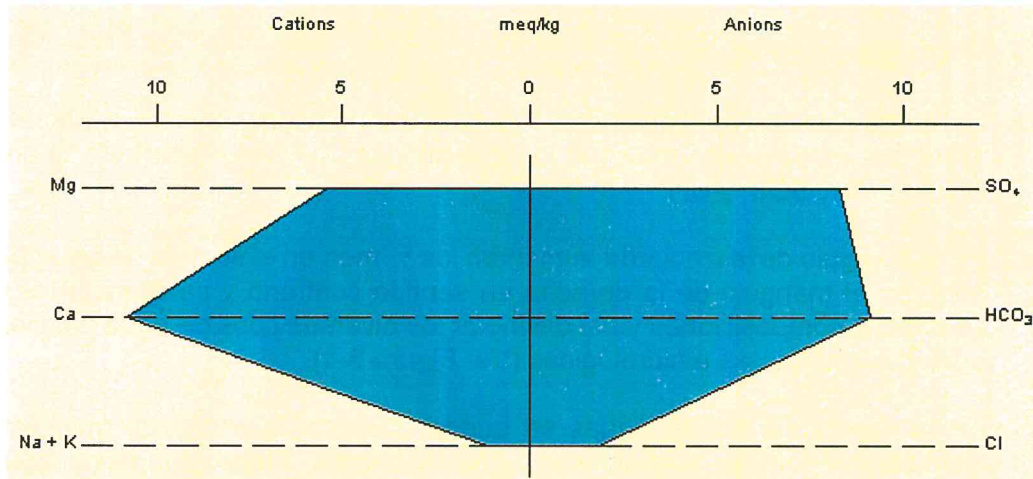


Figura 8-2. Diagrama de Stiff

107. Los diagramas Stiff pueden ser presentados como numerosos polígonos pequeños distribuidos sobre un mapa conocido como mapa hidroquímico

• Diagrama de Schöeller Berkloff

108. Este diagrama contiene columnas verticales paralelas, espaciadas y divididas en escala logarítmica. A cada columna se le asocia los cationes: Ca y Mg, los aniones: SO₄ y NO₃, y la suma de ellos: Na + K y HCO₃ + CO₃, expresada en mg/L; mientras las dos columnas de los extremos están en meq/L (ver Figura 8-3).

109. La utilidad de este diagrama es que permite ver la evolución temporal de los iones mayoritarios del agua en una misma línea de flujo que es formada por la unión de los puntos obtenidos de cada columna (ver Figura 8-4).

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



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

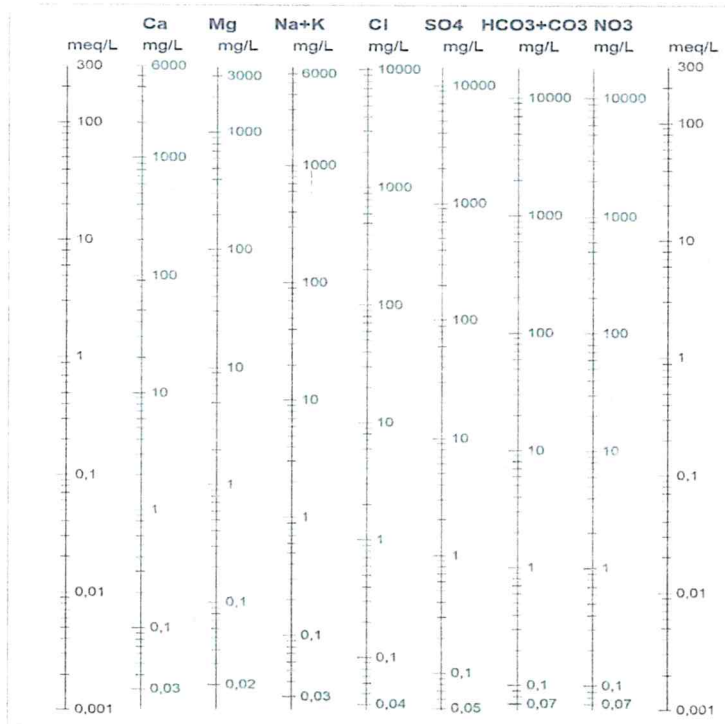


Figura 8-3. Diagrama de Schöeller - Berkloff (Simler, 2017)



[Handwritten signature]

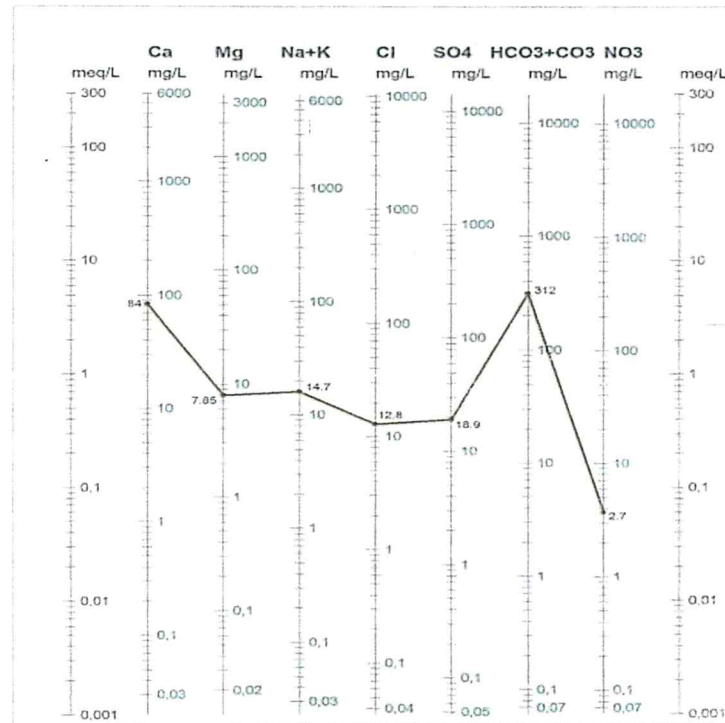


Figura 8-4. Caso de una muestra de agua (Villegas Y., 2011)

8.1.4. Métodos estadísticos aplicados al componente agua y sedimento

a. Métodos estadísticos simples

111. Para el análisis estadístico simple, se utilizó un análisis estadístico descriptivo (media, mediana, desviación estándar, máximo y mínimo), para explicar en forma general la distribución, rango y comportamiento de los datos analizados.

b. Análisis de correlación

112. Los test de correlación se basan en el análisis de la covarianza, que es la media del sumatorio de la combinación de las desviaciones. Más concretamente, estos test se basan en el análisis de correlaciones bivariadas, es decir, entre dos variables. De esta forma, el cálculo de la covarianza sirve para comprobar si dos variables están relacionadas entre sí. Una covarianza positiva indica que a medida que una variable se desvía de la media, la otra variable se desvía en la misma dirección. Los índices de correlación utilizados fueron los test de Pearson y de Kendall's Tau, en función de la normalidad de los datos. La correlación de Pearson es la más ampliamente utilizada, pero requiere que la distribución de la muestra sea normal. Por otro lado, la correlación de Kendall's Tau es otro test estadístico de correlación, pero no paramétrico. Por tanto, puede ser utilizado cuando los valores de la muestra han violado los supuestos paramétricos, tales como la distribución no normal de los valores. Con los test de correlaciones se produce una estandarización de la varianza que da como resultado un valor que se sitúa entre -1 y +1. Un coeficiente de +1 indica que las dos variables están perfectamente correlacionadas positivamente. Cuando una variable aumenta, la otra aumenta en su parte proporcional. Por otro lado, un coeficiente de -1 indica una relación negativa completa, es decir, si una variable aumenta, la otra disminuye en su parte proporcional. Un coeficiente de cero indica que no hay relación lineal en absoluto (Field, 2009).

c. Métodos estadísticos multivariados

113. Para realizar un análisis estadístico efectivo, primero se procedió a la selección de las variables a trabajar. Esto se logró, en primera instancia corrigiendo los parámetros "censurados", es decir aquellos con valores menores o iguales al límite de detección, reemplazando éstos por el promedio entre cero y el valor del límite de detección para cada parámetro.
114. Luego, sólo aquellos parámetros cuyo porcentaje de valores censurados fuese menor a 49% fueron seleccionados para el análisis multivariado. Una vez obtenidos estos parámetros, se procedió a determinar la distribución estadística de cada uno de ellos.
115. Para lograr una correcta utilización de las técnicas multivariadas, los parámetros deben presentar una distribución normal. Para verificar los ajustes de cada parámetro se realizó el test de Anderson-Darling (A-D) utilizando el programa Minitab 16. Este análisis consiste en hacer una comparación entre los valores de A-D y p-value arrojados en las curvas comparativas tanto para Normal y Lognormal. Se utilizó un nivel de significancia $\alpha=0,05$, con una hipótesis nula de no rechazar H_0 cuando el p-value tenga un valor mayor a 0,05. Se utilizó como criterio dominante, que a medida que el valor de A-D sea menor, mejor será el ajuste a la distribución señalada. Y, con respecto al valor de p-value, usado como



segundo criterio, se concluye que los datos siguen la curva en cuestión cuando éste tiene un valor mayor que el α (Minitab Inc.). Para aquellos parámetros que no seguían una distribución normal se aplicó una transformación logarítmica. En el Anexo H1, se muestra el análisis probalístico de datos comparativo bajo el test de Anderson-Darling.

116. Las técnicas estadísticas multivariadas utilizadas en este estudio fueron el Análisis de Clusters (Q-mode) y Análisis de Componentes Principales (ACP).
117. El método de análisis de clusters es una gran herramienta para analizar la química de las aguas. Consiste en agrupar las muestras en conglomerados de similares características y así poder establecer con éstos una coherencia espacial dentro de la zona de estudio. En relación a Q-mode, esta técnica forma los clusters según la variación entre las muestras, a diferencia de R-mode que lo hace según las fuentes de variación en un set de parámetros (Thyne *et al.*, 2004).
118. En este estudio se utilizó el software Minitab 16 (Minitab Inc.). Se utilizó una combinación del método de vinculación Ward y de distancia Euclidiana, ya que se ha comprobado que la utilización de éstos en conjunto produce clusters más distintivos. En relación a la estandarización de los datos, que centra los valores alrededor de media de cero y escalas de variabilidad de cada parámetro a un similar rango, se calculan automáticamente durante el análisis estadístico en Minitab 16 (Albrecht, 2007).
119. Respecto a la elección del número de clusters, esto es subjetivo. Según Thyne (2004), el número óptimo de clusters dependerá del investigador y/o del estudio en cuestión. Este criterio arbitrario requiere de una buena comprensión respecto al área de estudio y la agrupación de las variables, y a su vez lograr establecer la cantidad de grupos y subgrupos, considerando las características del sistema en cuestión. En esta oportunidad se utilizó dos criterios, el arbitrario y otro estadístico. En primer lugar, se utilizó un criterio estadístico, en este caso el de Sneath: $2/3 D_{\max}$, siendo D_{\max} la distancia máxima de separación, para definir los grupos principales. Posteriormente se usó un criterio arbitrario, para definir los subgrupos de forma tal de definir grupos menores y analizar la coherencia (significado) espacial de su distribución.
120. El Análisis de Componentes Principales es una técnica analítica multivariada que consiste en reducir la variabilidad de un set de datos en menos variables que estén compuestas por combinaciones lineales de las variables originales, y además serán independientes entre sí (Albrecht, 2007). En este análisis, pocos factores explicarían gran parte de la variabilidad total.
121. El número total de componentes o factores generados indica el número total de posibles fuentes de variación en los datos. Los componentes son clasificados en orden de mérito. Así, el primer componente que tenga valor propio (eigenvalue) más alto, representa la más importante fuente de variación de los datos. El último factor es el proceso menos importante que contribuye a la variación química (Yidana *et al.*, 2008).
122. Para este análisis, al igual que en el análisis de clusters, se utilizó el programa Minitab 16. La determinación de los componentes se realizó utilizando el criterio de Kaiser, el que establece que serán retenidos aquellos componentes principales

con valores propios (o eigenvalue) mayores o igual a la unidad. Además, se consideró una rotación tipo Varimax.

8.1.5. Concentración de metales en frutos

123. Los metales pesados han venido siendo usados, sobre todo en los últimos 100 años, de una manera excesiva para múltiples usos de todo tipo; este incremento se ha visto evidenciado en aumentos en la composición de estos elementos dentro de la naturaleza.
124. Mucho se ha hablado de la bioacumulabilidad de los metales pesados sobretodo dentro de las plantas, las cuales los absorben vía raíces o vía foliar procedente del medio ambiente (suelo, aire, agua), estos metales absorbidos aun en pequeñas cantidades pueden ser consideradas como peligrosas.
125. Las plantas más expuestas indudablemente son las que poseen un área foliar muy amplia y aquellas de tallo corto, como es el caso de las hortalizas, las cuales no alcanzan ni el metro de altura lo que las hace más susceptibles a la absorción de estos elementos procedentes del suelo (Calderón, 2005).
126. La agricultura constituye una muy importante fuente no puntual de metales, contribuyen significativamente a su concentración en los suelos en muchas partes del mundo en especial en regiones de agricultura extensiva. Las más importantes fuentes relacionadas con la agricultura se encuentran en la figura 8-5.

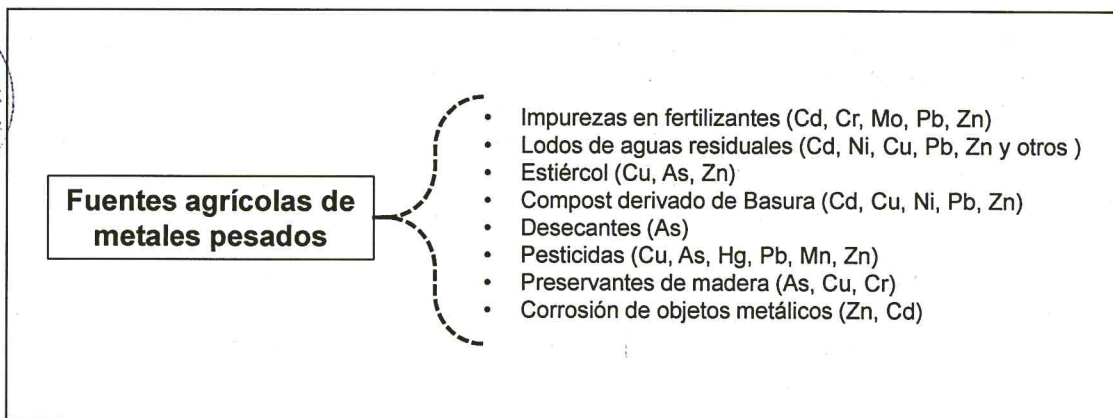


Figura 8-5. Fuentes de metales pesados relacionadas con la agricultura (Alloay, 1995)

127. Los cultivos en nuestro país utilizan regularmente fertilizantes y/o guano (excremento de animales como: cabra, vaca, aves) y en pocos casos se usa el compost (derivado de desechos vegetales) en el manejo de los mismos.
128. Estos insumos agrícolas pueden ser fuentes potenciales de metales en cantidades apreciables. Se debe considerar aquellos insumos que acidifican el suelo, como por ejemplo los superfosfatos, ya que esto facilita la movilidad y bioviabilidad de los metales pesados.
129. Lodos de aguas residuales, son el resultado del tratamiento de aguas residuales, ya sean domestica e industriales y que se extraen de las lagunas de estabilización. Estos lodos se producen en grandes cantidades por todo el mundo.

130. Estos lodos dada su procedencia, materia orgánica, son ricos en nutrientes para la planta, pero se han determinado en diferentes partes del mundo que contienen metales pesados en cantidades considerables.
131. El problema de los metales en las aguas residuales deriva de la no separación de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales, por lo que dichas aguas se sobrecargan de estos componentes sobretodo donde existen industrias generadoras de este tipo de contaminantes.
132. La quema de combustibles fósiles, en general, resulta en la deposición de un amplio rango de metales pesados, los cuales pueden incluir. Pb, Cd, Cr, Zn, As, Sb, Se, Ba, Cu, Mn y V, sobre una amplia área. No todos estos elementos están en concentraciones significativas en los combustibles fósiles.
133. Los metales contenidos en el petróleo y sus derivados son emitidos al medio ambiente durante la combustión en forma de partículas aerotransportadas o acumuladas en las cenizas, las cuales pueden migrar y contaminar suelo o agua, o pueden ser lixiviadas in situ. (Alloway, 1995)
134. La combustión de gasolinas que contienen aditivos de plomo han sido las fuentes más importantes de metales en el medio ambiente, según Albert (1999) más del 50 % de la producción mundial de plomo es utilizada en la industria automotriz (para la fabricación de baterías) y la producción de compuestos antidetonantes derivados del tetra etilo.
135. Finalmente, la adsorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación depende de (1) el movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta, (2) el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, (3) el transporte de los metales desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema. Después de la absorción por los vegetales los metales están disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria (John y Leventhal, 1995).

8.2. Comunidades hidrobiológicas

136. Las comunidades hidrobiológicas tanto en ambientes lénticos (lagos, lagunas, embalse, estanques, etc.) como lóticos (ríos, quebradas y arroyos) están conformadas por diversos organismos, relacionados entre sí y con el ecosistema acuático. Todas se caracterizan por su compleja composición, organización biótica, estrecha relación con el medio físico acuático del cual son dependientes. Estas comunidades según sus roles en el ecosistema son clasificados como productores primarios (microalgas, algas filamentosas), consumidores primarios, secundarios y terciarios (zooplancton, zoobentos y peces) y los descomponedores (bacterias, hongos y algunos organismos del zoobentos). (UNMSM-MHN & MINAM, 2014).

- **Perifiton**

137. El perifiton se caracteriza por ser comunidad acuática que crecen sobre las piedras, ramas y otras superficies sumergidas; estos organismos pueden ser bacterias (filamentosas o films), protozoos, rotíferos, algas y otros microorganismos de vida libre que nadan, se deslizan o se fijan entre las superficies sumergidas (Wetzel, 2001) en los análisis de esta comunidad se consideran los grupos de microalgas y microorganismos de vida libre. Debido a que esta comunidad se adjunta al sustrato, se puede integrar de forma física y química a las perturbaciones de la corriente y de los nutrientes, por ello serán considerados en las evaluaciones de ambientes lóticos.

- **Macroinvertebrados bentónicos**

138. Los macroinvertebrados bentónicos está constituido por organismos que habitan en el fondo u orillas de los ecosistemas acuáticos, formando parte de esta comunidad diversos invertebrados (insectos, larvas, crustáceos y gusanos) que viven asociados sustratos de los diferentes ambientes acuáticos (Roldan, 2008).

- **Necton (Peces)**

139. El necton se refiere a los organismos que poseen movimiento propio y voluntario para desplazarse en la columna de agua, siendo los más representativos y de importancia ecológica, los peces. La ictiofauna de aguas continentales de América del Sur es la de mayor diversidad comparada con otros continentes. Dicha diversidad está asociada a los diferentes hábitats que originan áreas de endemismo para los peces. En el Perú, la diversidad ictiológica es elevada, representada por más de 60 familias y 1 064 especies (Ortega *et al.*, 2012).

140. Por medio de diferentes investigaciones se encontró que los organismos indicadores de la calidad del agua determinan los efectos de los impactos en el ecosistema acuático a través de un tiempo más prolongado. La información biológica generada, a partir de los también llamados bioindicadores, no reemplaza los análisis fisicoquímicos, pero sí reduce costos por lo que estos estudios son importantes en el monitoreo de la calidad del agua (Chapman, 1996).

8.2.1. Composición, riqueza y abundancia

141. Entiéndase por Composición: Al conjunto particular de especies en una comunidad. Riqueza: Número de especies diferentes en una comunidad. Abundancia: Número de organismos de cada especie en una comunidad.

8.2.2. Diversidad alfa

142. 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 (Moreno & Halffter, 2000).



- Números de Hill (diversidad verdadera)

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

8.2.3. Diversidad beta

144. La diversidad beta es el marco conceptual del estudio de las similitudes y las diferencias entre comunidades bióticas y permite cuantificar la diferenciación taxonómica entre ellas (Moreno & Halffter, 2000).

- Índice de similitud de Bray Curtis

145. El índice de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957) es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo (Pielou, 1984), la consideran como una medida de la diferencia entre las abundancias relativas de cada especie presente. Toma valores entre 0 (ninguna especie en común) y 1 (muestras idénticas) lo que ha demostrado ser más útil para recoger información sobre la estructura de las comunidades que los métodos univariados (Warwick & Clarke, 1995).

8.2.4. Indicadores biológicos de referencia para la calidad de agua

146. La calidad del agua se puede medir a través de los índices biológicos, los cuales son una expresión numérica que relaciona atributos o características de las poblaciones, comunidades y ecosistemas con los diferentes tipos de actividades humanas que se realizan en una zona, de tal manera que permitan evaluar su impacto sobre el ambiente (Karr & Chu, 1999; Peralta, 2007). Estos índices consideran la sumatoria de los grados de sensibilidad o tolerancia de las familias de macroinvertebrados bentónicos en el ecosistema acuático será tomado como referente en el análisis de resultados.

8.3. Aire

8.3.1. Generalidades

147. El aire puro es una mezcla gaseosa compuesta por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y un 1% de diferentes compuestos totales como el argón, el dióxido de carbono y el ozono. Entendemos pues, por contaminación atmosférica, cualquier cambio en el equilibrio de estos componentes, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire.
148. La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes, y es, en gran parte, el resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, domésticas, agropecuarias, vehiculares, entre otras.

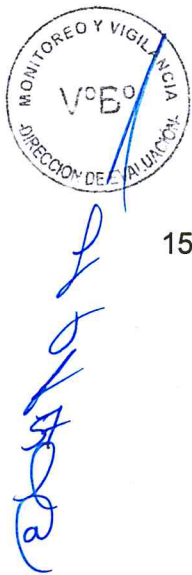


[Handwritten signature]

149. La combustión empleada para obtener calor, generar energía eléctrica o movimiento, es el proceso más significativo de emisión de contaminantes. Existen otras actividades, tales como la fundición y la producción de sustancias químicas, que pueden provocar el deterioro de la calidad del aire si se realizan sin control alguno.
150. Los principales contaminantes del aire se clasifican en: primarios y secundarios. Primarios: son los que permanecen en la atmósfera, tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluar la calidad del aire se consideran: el óxido de azufre, el monóxido de carbono, el óxido de nitrógeno, los hidrocarburos y las partículas. Secundarios: son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan los oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono.

8.3.2. Partículas suspendidas en su fracción respirable (PM₁₀)

151. Son Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro va de 0,3 a 10 μm) como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen. La fracción respirable de Partículas Suspendidas Totales (PST), conocida como PM₁₀ y PM_{2.5}, está constituida por aquellas partículas de diámetro inferior a 10 micras y 2,5 micras, respectivamente, que tiene la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio hasta los alvéolos pulmonares. Tiene como fuentes principales la combustión industrial y doméstica del carbón, de los procesos industriales, incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas, de las construcciones, demoliciones y otros.
152. Las partículas suspendidas en el aire incluyen, partículas finas y ultrafinas, escape de diesel, ceniza del carbón, polvos minerales (por ejemplo, carbón, asbesto, piedra caliza, cemento), polvos metálicos y humos (por ejemplo, zinc, cobre, hierro, plomo), neblinas ácidas (por ejemplo, ácido sulfúrico), partículas de fluoruro, pigmentos de pintura, partículas de plaguicidas, carbón negro, humo de petróleo, etcétera. Los contaminantes de las partículas suspendidas provocan enfermedades respiratorias y pueden causar cáncer, corrosión, destrucción de la vida vegetal, etcétera. También pueden generar molestias (por ejemplo, acumulación de suciedad), interferir con la luz solar (por ejemplo, difusión de la luz por smog y neblina) y actuar como superficies catalíticas para la reacción de productos químicos adsorbidos. En la Figura 8-6, se distinguen ejemplos de acuerdo a los tamaños de partículas.



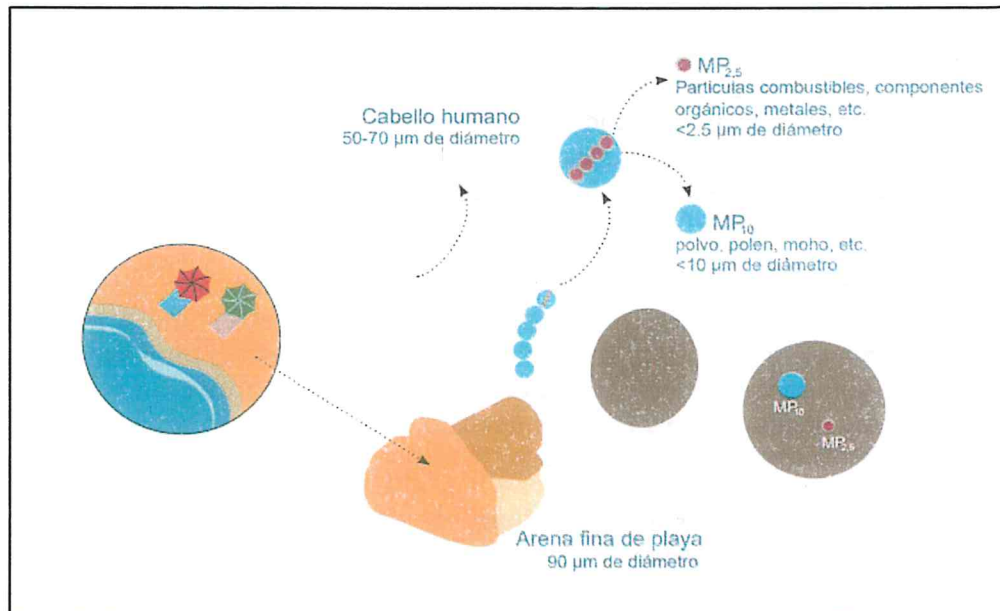


Figura 8-6. Diferencias entre PM_{2.5} y PM₁₀; en base a imagen de sitio web de la EPA.

8.3.3. Plomo (Pb)

153. Las características principales de este metal pesado no ferroso es que se presenta en forma de vapor, aerosol o polvo. Siendo sus fuentes principales producida por la combustión de gasolina con plomo, minería, fundiciones y procesos industriales.
154. El plomo es el único contaminante clásico del aire que puede ingresar en los seres humanos a través de vías indirectas. En aquellos lugares donde se usan combustibles a base de plomo, se pueden inhalar emisiones de partículas finas de los escapes de los vehículos. También se pueden ingerir las partículas que se acumulan en las superficies del suelo, ya sea directamente del suelo en los espacios de juego o después que hayan ingresado a los hogares como un componente del polvo de la vivienda. Incluso, el plomo particulado que se deposita en las plantas o en áreas agrícolas puede permanecer en los productos alimenticios e ingresar al cuerpo. Los demás contaminantes tóxicos del aire usan vías similares.

8.3.4. Factores que afectan la concentración de los contaminantes del aire

155. La concentración local de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de su dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones están más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes. El viento es un elemento clave en la dispersión de los contaminantes del aire: para fuentes ubicadas en el nivel del suelo, la concentración de los contaminantes tiene una relación inversa con la velocidad del viento. La turbulencia también es importante: un espacio accidentado, como el que presenta un conglomerado de edificios, tiende a incrementar la turbulencia y la dispersión de los contaminantes (OMS, 2004).



[Handwritten signature]

8.4. Suelo

156. Honorato (2000), menciona que un suelo es un cuerpo natural, tridimensional, trifásico (fase sólida, líquida y gaseosa) que ocupa un lugar en el espacio, con características únicas, producto de la transformación del material original o parental; que, a través de procesos destructivos y de síntesis provocada por una determinada combinación de factores ambientales se expresan en un perfil con horizontes y estratos.
157. El Semarnat (2007), indica que el suelo desde el punto de vista ambiental, es un recurso natural escaso, no renovable en escalas de tiempo humano (renovación y formación muy lenta), y que sostiene la producción primaria mundial; es parte de los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes.
158. El Minam (2013)⁹, en sus documentos de gestión de suelos, lo define como: *"...material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad..."*. Además, también define, que desde el punto de vista agrícola es: *"...Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas..."*.
159. Por otro lado, los suelos tienen algunas propiedades físicas muy importantes tales como la textura, el color, la estructura, el peso, la porosidad, el drenaje y la profundidad, las cuales de acuerdo con su variación le confieren características propias.



8.4.1. Niveles de fondo

160. Según Ramos (2002), no existe un criterio común universalmente aceptado para la definición de los niveles de fondo. Sin embargo, diferentes autores como Chen *et al.* (1999), definen al nivel de fondo como el rango de concentración alrededor de la media en suelos no contaminados. Asimismo, el Model Toxics Control Act (MTCA, Ch. 173-340-200 WAC), lo define como la concentración de sustancias peligrosas, presentes de forma sistemática en el medio natural que no han sido influenciadas por actividades humanas localizadas.
161. En ese mismo sentido, de Miguel *et al.* (2002) manifiesta, que los valores de fondo caracterizan la situación real de los suelos naturales de una región en el momento de su estudio. En consecuencia, dichos valores de fondo describen la distribución de valores de concentración de los diferentes elementos químicos, en los suelos de una región no afectada por actividades antrópicas.
162. Atendiendo a lo mencionado en el párrafo anterior, para la expresión del nivel de fondo se empleó un intervalo entre los cuales se puede afirmar que, excepto para

⁹ Minam - Ministerio del Ambiente, publica el Decreto Supremo 002-2013-MINAM, donde se aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, donde define los términos referentes al término suelo.

ocurrencias de fenómenos poco frecuentes en el muestreo realizado, está incluido el valor verdadero del estimador en estudio. Por este motivo, en lo que se refiere a valores de fondo, interesa esencialmente la cota superior¹⁰ de dicho intervalo para la media. Esta cota debe garantizar con un elevado grado de confianza para que el valor verdadero del estimador correspondiente a los sedimentos muestreados sea inferior a la misma. Por ello, el grado de confianza elegido para el presente estudio ha sido el del 95%.

163. Cuando el conjunto de datos sigue una distribución Normal, la expresión de la cota superior de la media permite definir los valores de fondo para cada elemento evaluado, la cual viene dada por la USEPA, 2013:

$$C_M = \bar{x} + t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n} \quad (8.2)$$

Donde:

- C_M : Cota superior de la media de n datos.
- n : Tamaño de la muestra.
- \bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos.
- S : Desviación estándar de la muestra de n datos.
- $t_{\alpha, n-1}$: Percentil 100(1- α)-ésimo de la distribución t-Student de n-1 grados de libertad.

164. Por otro lado, cuando el conjunto de datos no se ajusta a una distribución ajusta a una distribución log normal, la expresión para determinar la cota superior de la media es la siguiente (USEPA, 2013).

$$C_M = \exp(\bar{y} + 0,5s_y^2 + s_y H_{1-\alpha} / \sqrt{n-1}) \quad (8.3)$$

Donde:

- \bar{y} : Es la media aritmética de la muestra de los datos transformados logarítmicamente.
- s_y : Desviación estándar de la muestra de n datos transformados logarítmicamente.
- $H_{1-\alpha}$: Es el estadístico H propuesto por Land (1975)

165. Además, para los conjuntos de datos que se ajustaron a una distribución Gamma, el valor de la cota superior de la media se determinó dependiendo del tamaño de la muestra, es así que para $n \leq 50$ se tiene la siguiente expresión (USEPA, 2013).

$$C_M = \frac{2nk\bar{x}}{X_{2nk}^2(\alpha)} \quad (8.4)$$

Y para el caso para $n > 50$, el valor de la cota superior viene dada por:

$$C_M = 2nk\bar{x} / X_{2nk}^2(\beta) \quad (8.5)$$

Donde:

- C_M : Cota superior de la media.
- n : Tamaño de la muestra.
- k : Parámetro de forma de la distribución Gamma.
- \bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos.
- X_{2nk}^2 : Estadístico Chi cuadrado con 2nk grados de libertad.

¹⁰ Es el límite superior de un intervalo de confianza de un parámetro de interés, por ejemplo, la cota superior de la media.

- α : Nivel de significancia.
 β : Nivel de significancia ajustado.

166. Por otro lado, hay conjuntos de datos que no se ajustan a ninguno de los tipos de distribución vistos anteriormente, para estos casos en particular se realizó una estimación no paramétrica de la cota superior de la media a partir del conjunto de datos disponibles. En estos casos, la cota superior de la media se calculó empleando el método bootstrap propuesto por Efron (1981), el cual es un método no paramétrico que utiliza técnicas de remuestreo¹¹ para reducir el sesgo en las estimaciones y construir intervalos de confianza aproximados para los parámetros tales como la media y los percentiles (USEPA, 2013).

8.4.2. Valor de referencia

167. De Miguel *et al.* (2002) denominan al valor de referencia como aquel que su superación por unidad muestral de la población actual caracterizada sea poco probable y que, por tanto, si no ha habido modificaciones de las condiciones de muestreo, sea también poco probable su superación por unidad muestral obtenida posteriormente.

168. A efectos del presente informe se consideró como valor de referencia la cota superior del percentil 95 % con un 95 % de nivel de confianza; en otras palabras, representa el valor por debajo del cual se encuentra el 95% de los datos de la población con un 95% de nivel de confianza (USEPA, 2013).

169. Bajo esta definición, es que se tiene la expresión de la cota superior del percentil p-ésimo, el cual permite definir los valores de referencia. Asimismo, cabe resaltar que la expresión de esta cota dependerá del tipo de distribución a la que se ajusta el conjunto de datos. Así se tiene que para una distribución normal la expresión es la siguiente:

$$C_p = \bar{x} + K_{(n,\alpha,p)} * s \quad (8.6)$$

Donde:

- C_p : Cota superior del percentil p-ésimo.
 \bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos.
 S : Desviación estándar de la muestra de n datos.
 $K_{(n,\alpha,p)}$: Factor de tolerancia para la determinación de la cota superior del percentil p-ésimo, a partir de una muestra de n datos, con un nivel de confianza de $1-\alpha$, basada en la distribución t-Student (Hahn y Meeker, 1991)

170. Por otro lado, cuando el conjunto de datos se ajusta a una distribución log normal, la expresión para determinar la cota superior del percentil 95 % es la siguiente (EPA, 2013):

$$C_p = \exp(\bar{y} + K_{(n,\alpha,p)} * s_y) \quad (8.7)$$

Donde:

- \bar{y} : Media aritmética de los datos transformados logarítmicamente

¹¹ El método bootstrap es una técnica de remuestreo que no requiere el supuesto de normalidad y acepta muestras de cualquier tamaño para la estimación de intervalos. Esta técnica permite estimar la variabilidad de la muestra a través de la toma de sucesivas muestras con reemplazo, de la muestra original. Fuente: *Intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2001, 18: 222-234.*

s_y : Desviación estándar de n datos transformados logarítmicamente.

171. Asimismo, para un conjunto de datos que se ajuste a una distribución tipo Gamma, que transformando los datos según $Y=X^{1/4}$, esta se aproxima a una distribución normal, presenta la siguiente expresión (USEPA, 2013):

$$C_p = (\bar{y} + K_{(n,\alpha,p)} * s_y)^4 \quad (8.8)$$

Donde:

\bar{y} : Media aritmética de datos transformados para distribución gamma.
 s_y : Desviación estándar de n datos transformados para distribución gamma.

172. Por otra parte, se tiene el caso que el conjunto de datos no se ajusta a alguna distribución conocida, en esa situación se emplean métodos robustos o no paramétricos.

8.4.3. Asociaciones de suelos

173. Zamora (1972), afirma que la asociación de suelos puede definirse como una agrupación de unidades taxonómicas que ocurren geográficamente asociadas y que guardan entre si una relación bien de origen (material generador) o bien de posición topográfica.

174. Una asociación de suelos es una unidad de mapa cartográfica que contiene dos o más clases de suelos o áreas misceláneas, cuyos componentes principales no se pueden separar a escalas pequeñas, pero sí a escalas grandes, pues los suelos ocupan porciones geográficas considerables. Esto posibilita establecer las pautas de distribución en el paisaje¹².

175. Los puntos de muestreo de nivel de fondo se ubicaron en su totalidad en la asociación de suelos pertenecientes a: Regosol éutrico – Cambisol éutrico (RGE-CMe), esta asociación es una de los ocho tipos de asociaciones encontradas en la región de Cajamarca.

176. Los regosol son suelos desarrollados sobre material no consolidado y de textura fina, los cuales presentan perfil tipo A-C, son suelos poco evolucionados y de poca profundidad, la subdivisión Regosol éutrico suelen ser ricos en nutrientes o bases (Ca, Mg, K y Na), asimismo los cambisoles son medianamente evolucionados, pobres en materia orgánica, por lo general son formados por rocas ácidas, la subdivisión Cambisol éutrico es rico en nutrientes o bases.

8.4.4. Clasificación de tierras por su Capacidad de Uso Mayor (CUM)

177. Para el desarrollo de este informe se considera de forma referencial, la clasificación del suelo por su Capacidad de Uso Mayor (CUM), realizado por la ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN (1982)¹³. La Tabla 8-1, muestra los símbolos de CUM del suelo, en las áreas donde se establecieron puntos de evaluación de suelos.

¹² Reglamento para la Ejecución de Levantamientos de Suelos – 2009, aprobado mediante Decreto Supremo N° 013-2010-AG. p. 9.

¹³ En 1982, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN, publica el mapa de clasificación de tierras del Perú y su respectiva memoria descriptiva

Tabla 8-1. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor para las áreas de estudio

Símbolo de CUM del suelo	Calidad agrológica	Descripción
P3se	Baja	Tierras aptas para pastos, con limitaciones por suelo y topografía
C3se(r)	Baja	Tierras aptas para cultivos permanente, con limitación por el suelo y topografía, requieren riego continuo
P3sc(t)	Baja	Tierras aptas para pastos, con limitación por suelo y clima
P3sec(t)	Baja	Tierras aptas para pastos, con limitación por suelo, topografía y clima
A3sc(r)	Baja	Tierras aptas para cultivo en limpio, con limitación por suelo y clima. Requiere de riego continuo

8.4.5. Geología

178. El área evaluada presenta una morfología variada, debido al plegamiento, fallamiento y eventos de instrucción magmática que han afectado al sustrato Cretácico durante su evolución geológica.
179. La estratigrafía en la zona evaluada está representada por secuencias sedimentarias del Cretácico inferior, replegadas y falladas y cubiertas en parte por depósitos del Cuaternario reciente.
180. Dentro del área evaluado se encuentran las siguientes formaciones geológicas formación Chimú (Ki-chi), Formación Santa (Ki-sa), Formación Carhuaz (Ki-ca), Formación Farrat (Ki-fa), Formación Inca (Ki-i), Formación Chulec (Ki-chu), Formación Pariatambo (Ki-pa), depósitos cuaternarios (Q-pl), depósitos fluviales (Qh-fl) y rocas andesitas (T-an).
181. Dentro del área evaluada se encuentra la U.M. Shahuindo, la cual explota yacimientos de oro y plata los cuales están relacionados con los minerales jarosita y la hematita. También se han reportado minerales como: tetrahedrita, pirita, calcopirita, esfalerita, blenda, galena, arsenopirita, estibina, y covelina. La plata se encuentra generalmente en sulfosales.
182. La alteración hidrotermal produce un enriquecimiento en hierro, potasio, arsénico, bario, bismuto, cobre, mercurio y plomo, y el agotamiento de calcio y zinc. Cabe indicar, que en Shahuindo se registra también pirofilita, alunita, y diáspora (EIAS, 2012).

9. METODOLOGÍA

183. En esta sección se describe la metodología aplicada durante la evaluación ambiental en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. Dichos métodos fueron desarrollados para los componentes agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, aire, suelo y tejido vegetal.

9.1. Calidad de agua

184. En esta sección se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad del componente agua, describiéndose la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, estándares de



[Handwritten signature in blue ink]

comparación y la forma de análisis de datos que se emplearon para este componente.

9.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo

185. Los recursos hídricos a ser evaluados comprenden las quebradas Higuerón, El Pacae, La Colpa, Araqueda, Los Merinos, Contrahierba, Sauce, Shingomate, Choloque, Chupaya, Shahuindo, Lanla, Caipuro, Moyán y los ríos Urupuyo, Condebamba, Cañaris y Chimín, así como manantiales encontrados en el área de influencia de la U.M. Shahuindo, del distrito de Cachachi.

186. La ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial, manantiales, así como las filtraciones y flujos de agua provenientes de la zona donde están ubicados los principales componentes mineros, se establecieron de acuerdo a los siguientes criterios.

- Ubicación de cuerpos receptores en el área de estudio.
- Aguas arriba y aguas abajo de los vertimientos de las operaciones del administrado.
- Cercanía a posibles fuentes de contaminación.
- Redes de monitoreo ambiental contemplados en los instrumentos de gestión ambiental del administrado.
- Entrevistas y observaciones recopiladas durante la visita de reconocimiento al área de estudio y demás etapas del monitoreo ambiental participativo para la evaluación ambiental temprana.
- Denuncias ambientales recogidas por el Sistema Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada).

187. De esta manera se establecieron 31 puntos de muestreo para evaluar la calidad ambiental del agua de los cuales, 28 puntos de muestreo corresponden a agua superficial y 3 puntos son aguas provenientes de manantiales en el área de estudio. Las descripciones de la ubicación de los puntos de muestreo se presentan en la Tabla 9-1 y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo B1. En relación a las observaciones y parámetros de campo obtenidos en los puntos de muestreo evaluados se detallan en el Anexo B.2. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo B4.



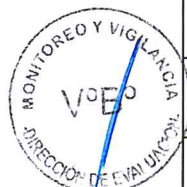
Tabla 9-1. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua superficial

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
1	ZONA I	Quebrada	Choloque	QCho1	806 440	9 156 308	3 186	Ubicado en la quebrada Choloque, en el punto de muestreo SH-9 de la U.M. Shahuindo, aguas arriba a la zona de operaciones
2		Quebrada	Chupaya	QChu1	807 332	9 158 325	2 936	Ubicado en la quebrada Chupaya, aproximadamente a 300 m al noreste de la institución educativa del caserío San José.
3		Quebrada	Sin nombre	Qs/n1	808 310	9 159 670	2 608	Ubicado en la bocamina abandonada, aproximadamente a 20 m de la confluencia con la quebrada Chupaya.
4		Quebrada	Choloque	QCho2	808 842	9 159 796	2 438	Ubicado en la quebrada Choloque, aproximadamente a 550 m aguas abajo del punto de muestreo SH-5 y



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
								a 2,5 km de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.
5		Quebrada	Chupaya	QChu2	808 788	9 159 836	2 469	Ubicado en la quebrada Chupaya, aproximadamente a 380m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Choloque.
6		Quebrada	Shahuindo	QSha1	809 419	9 160 282	2 369	Ubicado en la quebrada Shahuindo, aproximadamente a 1,5 km aguas arriba del caserío Shahuindo de Araqueda.
7	ZONA II	Quebrada	Araqueda	QAra1	808 989	9 153 115	2 630	Ubicado en la quebrada Araqueda, aproximadamente a 2 km aguas arriba del centro poblado Araqueda
8		Quebrada	Araqueda	QAra2	812 166	9 152 981	2 394	Ubicado en la quebrada Araqueda, aproximadamente a unos 850 m aguas abajo del centro poblado Araqueda
9		Quebrada	La Colpa	QLCol1	810 102	9 151 109	2 726	Ubicado en la quebrada La Colpa, a 10 metros del puente ubicado en el caserío La Colpa
10		Quebrada	La Colpa	QCol2	813 890	9 153 410	2 509	Ubicado en la quebrada La Colpa, aproximadamente a 250 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Araqueda
11	ZONA III	Río	Condebamba	RCon1	817 592	9 154 837	2 269	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 300 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Lanla.
12		Río	Urupuyo	RUru1	814 672	9 152 188	2 332	Ubicado en el río Urupuyo, aproximadamente a unos 650 m aguas arriba del sector Carrizal.
13		Quebrada	Lanla	QLan1	817 713	9 155 185	2 159	Ubicado en la quebrada Lanla, aproximadamente a unos 300 m de la hacienda Huayito.
14		Río	Condebamba	RCon2	815 540	9 157 969	2 192	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 20 m aguas arriba del puente Condebamba.
15		Río	Condebamba	RCon3	814 045	9 167 588	2 040	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 550 m aguas arriba de la confluencia con el río Chimín
16		Río	Chimín	RChi2	811 192	9 166 624	2 087	Ubicado en el río Chimín, aproximadamente a 3 km aguas arriba de la confluencia con el río Condebamba
17	ZONA IV	Río	Cañaris	RCañ1	803 575	9 156 451	2 702	Ubicado en el río Cañaris, aproximadamente a unos 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Tranca El Agua
18		Quebrada	Caipuro	QCai1	802 856	9 157 596	2 638	Ubicado en la quebrada Caipuro, 50 m agua arriba de la confluencia con el Río Cañaris
19		Río	Cañaris	RCañ2	802 475	9 157 791	2 604	Ubicado en el río Cañaris, aproximadamente a 450 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Caipuro
20	ZONA V	Quebrada	Moyán	QMoy1	808 282	9 155 052	2 858	Ubicado en la quebrada Moyán, aproximadamente a 500 m al noroeste de la garita de la unidad minera Shahuindo.
21		Quebrada	Moyán	QMoy2	812 951	9 158 959	2 271	Ubicado en la quebrada Moyán, aproximadamente a 3,3 km aguas



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
								arriba del punto de muestreo QMoy1.
22		Quebrada	Los Merinos	QLMer1	810 525	9 156 658	2 576	Ubicado en la quebrada Los Merinos, aproximadamente a 700 m aguas abajo del punto de muestreo SH-3 de la unidad minera Shahuindo.
23		Quebrada	Sauce	QSau1	811 434	9 157 436	2 318	Ubicado en la quebrada Sauce, aproximadamente a 70 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Pacae.
24		Quebrada	El Pacae	QEPac1	811 957	9 157 459	2 279	Ubicado en la quebrada El Pacae, aproximadamente a 270 m aguas abajo del punto de muestreo SH-6 de la unidad minera Shahuindo.
25		Quebrada	Higuerón	QHig1	811 255	9 158 301	2 319	Ubicado en la quebrada Higuerón, aproximadamente a 1,7 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Pacae.
26		Quebrada	Contrahierba	QCHie1	810 703	9 159 416	2 416	Ubicado en la quebrada Contrahierba, aproximadamente a 800 m al suroeste de la institución educativa del caserío de Shahuindo de Araqueda.
27		Quebrada	Shingomate	QShi1	809 725	9 161 005	2 438	Ubicado en la quebrada Shingomate, aproximadamente a 1,3 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada La Chilca
28		Quebrada	Shingomate	QShi2	801 289	9 162 793	2 302	Ubicado en la quebrada Shingomate, a 2,5 km aguas abajo del punto QShi1



188. Adicionalmente se identificaron y evaluaron 3 puntos de muestreo pertenecientes a manantiales ubicados en la Zona I (microcuenca Shahuindo), estos se detallan en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua en manantiales

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
1	ZONA I	Manantial	Sin nombre	FNat1	807 601	9 158 846	2 842	Ubicado en el manantial sin nombre, aproximadamente a 870 m al noroeste de la institución educativa del caserío San José
2		Manantial	Sin nombre	FNat2	807 707	9 159 149	2 779	Ubicado en el manantial sin nombre, aproximadamente a unos 300 m al oeste de la quebrada Chupaya, en el caserío San José.
3		Manantial	Sin nombre	FNat3	808 822	9 159 785	2 434	Ubicado en el manantial sin nombre, aproximadamente a unos 250 m al oeste de la quebrada Chupaya, en el caserío San José.

9.1.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

189. La metodología aplicada para la evaluación de agua superficial y agua de manantiales, se enmarcó en el Capítulo 6: "Monitoreo de la calidad de los recursos"

hídricos superficiales" del "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales"¹⁴. En el mencionado capítulo se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua, como la logística mínima necesaria, el establecimiento de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, seguridad en el trabajo de campo, procedimiento para la toma de muestras, preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros. Para la selección de los parámetros de campo y los que requieren ser determinados en laboratorio, se consideró los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante, ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM¹⁵. Referente a la categoría del cuerpo de agua esta fue asignada siguiendo los lineamientos establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (en adelante, ANA). Sobre esta base se priorizó los parámetros relacionados con la actividad minera. Asimismo, se consideraron parámetros adicionales que permitieron una mejor interpretación de los resultados.

190. Por ende, los parámetros evaluados fueron: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), temperatura (T), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos totales disueltos (STD), cianuro wad, cloruros, sulfatos, carbonatos, metales totales y disueltos (incluyendo mercurio). Por otra parte, los equipos, accesorios y otros materiales utilizados durante la evaluación en campo se muestran en la Tabla 9-3. Asimismo, los detalles de la calibración y verificación de equipos, se muestran en el Anexo B3 y los respectivos certificados de calibración o constancias de verificación en el Anexo B6.



Tabla 9-3. Equipos y accesorios utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de agua

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
Multiparámetro	HACH	HQ40d HQ40d	15050000299 15050000918	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-201	162662618054 162652617020	Mide el valor de pH. Cabe indicar que la sonda incluye un termómetro digital. Calibración 27 de octubre de 2016.
Sonda de conductividad	HACH	CDC-401	151282587012 150252587017	Mide la CE. Se precisa que la sonda incluye un termómetro digital.
Sonda de oxígeno disuelto	HACH	LDO-101	151482597007 150632597010	Mide el oxígeno disuelto.
Bomba de vacío	--	H003-A	14060574253	Utilizado para la filtración de la muestra de agua mediante filtros de 0.45µ de porosidad.
Sistema de bombeo	--	--	--	Bombeo de agua subterránea de piezómetros.

¹⁴ Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales". Aprobado el 11 de enero de 2016.

¹⁵ Decreto que aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones complementarias, aprobado el 6 de junio de 2017.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
GPS	GARMIN	MONTONA	4HU004973 4HU004978 4HU004979	Utilizado para la ubicación geográfica de los puntos para la toma de muestra.
Cámara digital	CANON	D30	62021001198 62021001199 62021001200	Registro fotográfico.

191. Con referencia a los parámetros de campo (pH, C.E, O.D y T°), todos los puntos de muestreo evaluados fueron accesibles, por lo que las mediciones se realizaron directamente en el cuerpo de agua. Durante el monitoreo, las muestras de agua tomadas fueron de tipo simple¹⁶ y a nivel superficial, así el procedimiento para la toma de muestra tuvo las siguientes consideraciones.

a. En los ríos y/o quebradas con bajo caudal o de poca profundidad, el personal responsable del muestreo trató de ubicarse cuidadosamente en un punto medio de la corriente principal (procurando no disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce), donde la corriente fuese homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas, para poder tomar las muestras.

b. En todos los casos la toma de muestra se realizó en sentido contrario a la corriente, sumergiendo los frascos a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie. Es preciso indicar que antes de coleccionar las muestras, los envases de plásticos fueron enjuagados (como mínimo dos veces).

192. Posterior a la toma de muestras, se les adicionó preservante solo para aquellas correspondientes a los parámetros que requieren preservación para el análisis, esto de acuerdo con las indicaciones del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en *coolers* (cajas térmicas) y conservadas en posición vertical con *ice-packs* (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia, para sus análisis.

193. Es preciso mencionar que los análisis de las muestras fueron realizados por los laboratorios AGQ Perú S.A.C., Inspectorate Services Perú S.A.C. y NSF Envirolab S.A.C., los cuales proporcionaron los materiales (frascos y preservantes), según los parámetros evaluados. A continuación, se describen los métodos para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar, utilizados por los laboratorios correspondientes (ver Tabla 9-4).

Tabla 9-4. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua superficial y manantiales

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540D, 22nd Ed.2012	Pesaje de filtro mediante secado en 103 - 105 °C	Inspectorate Services Perú S.A.C
Demanda química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. 2012.	Reflujo cerrado, método titrimétrico	

¹⁶ 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.



Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Cloruros	EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	Titulación con nitrato de mercurio	NSF Envirolab S.A.C
Sulfatos	EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	Método espectrofotométrico	
Mercurio total y disuelto	EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	Espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío	
Metales totales y disueltos	EPA Método 200.7, revisado 4.4, mayo 1994	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	
Cianuro Wad	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN I, 22nd Ed. 2012.	Electrometría	
Cromo hexavalente	SMEWW Parte 3500Cr-B, 22nd Ed. 2012.	Volumetría	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO ₂ , 22nd Ed. 2012.	Volumetría	
Sólidos totales disueltos	SM 2540 C Ed. 22.	Gravimetría	Consortio AGQ Perú S.A.C

9.1.3. Estándares de comparación y análisis de datos



194. El estudio contempla la evaluación ambiental temprana de los siguientes cuerpos de agua: las quebradas Higuerón, El Pacae, La Colpa, Araqueda, Los Merinos, Contrahierba, Sauce, Shingomate, Choloque, Chupaya, Shahuindo, Lanla, Caipuro y los ríos Urupuyo, Condebamba, Cañaris y Chimín, así como los manantiales encontrados en el área de influencia de la U.M. Shahuindo.
195. De acuerdo con lo establecido en la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA¹⁷; a los cuerpos de agua a ser evaluados, no se les ha asignado una categoría, sin embargo, estos tributan al río Condebamba, que a su vez tributa al río Crisnejas, tributario del río Marañón; este último se encuentra clasificados en la categoría 3.
196. Así pues, de acuerdo con Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM¹⁸, el cual en su artículo 3, numeral 3.3, indica que "para aquellos cuerpos de agua que no se les haya asignado categoría de acuerdo a su calidad, se considerará transitoriamente la categoría del recurso hídrico al que tributan".
197. Sobre la base de lo mencionado, a aquellos cuerpos de agua sin categoría contemplados en el presente estudio, se les asignó la categoría 3. Por lo tanto, los resultados de los parámetros obtenidos en campo y los determinados por el laboratorio fueron comparados con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua¹⁹ (en adelante ECA para Agua), Categoría 3: "Riego de

¹⁷ Aprueban la Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros. R.J. N° 202-2010-ANA (22.03.2010)

¹⁸ Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM. Aprueban disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Aprobada el 18 de diciembre de 2009.

¹⁹ Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Publicado el 07 de junio de 2017.

vegetales y bebida de animales", Subcategoría D1: "Riego de vegetales" y D2: "Bebida de animales", (en adelante, Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

198. Adicionalmente, se realiza una comparación con los parámetros establecidos en el ECA para Agua, categoría 3, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el 30 de julio de 2008; en adelante ECA para Agua (2008). Esta comparación se hizo tomando en cuenta que citada norma, fue con la que se aprobaron los IGA de Shahuindo S.A.C.
199. Con respecto a los resultados de los manantiales, y al punto Qs/n1 (escorrentía proveniente de una bocamina abandonada), éstos fueron considerados referencialmente como categoría 3, ya que constituyen afloramientos de agua que se mezclan en el curso de las quebradas, las mismas que son utilizadas con fines agrarios.
200. En la Tabla 9-5 se detallan los estándares de comparación de la calidad de agua que se emplearon para cada cuerpo de agua, conforme a lo que se ha mencionado previamente.

Tabla 9-5. Estándares de comparación de la calidad de agua

Ubicación	Unidad Hidrográfica	Cuerpos de agua	ECA para agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM		
			Categoría de comparación	Subcategoría de comparación	
Distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca	Río Marañón	Grupo 1: Ambientes lóticos			D1 "Riego de cultivos de tallo alto y bajo"
		Ríos Urupuyo, Condebamba, Cañaris y Chimín;	Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales"	D2 "Bebida de animales"	
		Quebradas, Higuero, El Pacae, La Colpa, Araqueda, Los Merinos, Contrahierba, Sauce, Shingomate, Choloque, Chupaya, Shahuindo, Lanla, Caipuro, Moyán			
		Manantiales encontrados en el área de influencia de la U.M. Shahuindo, del distrito de Cachachi.	Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales" (*)	D1 "Riego de cultivos de tallo alto y bajo"	
				D2 "Bebida de animales"	

(*) Comparación referencial

201. Finalmente, la sistematización con la comparación normativa, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detalla en el Anexo B5.

9.2. Calidad de sedimento

202. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad del componente sedimentos consignándose los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y estándares de comparación.

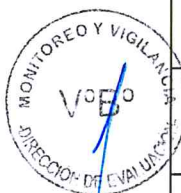


9.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo

203. Los puntos de muestreo 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 muestreo de sedimentos estuvieron cubiertos por agua. En consecuencia, se evaluaron 27 puntos de muestreo, los cuales se detallan por cada zona de estudio en la Tabla 9-6 y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo C1. En relación a las observaciones obtenidas en los puntos de muestreo evaluados se detallan en el Anexo C2. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo C3.

Tabla 9-6. Puntos de muestreo de calidad de sedimento

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
1	ZONA I	Quebrada	Choloque	SED-QCho1	806 440	9 156 308	3 186	Ubicado en la quebrada Choloque, en el punto de muestreo SH-9 de la U.M. Shahuindo, aguas arriba a la zona de operaciones
2		Quebrada	Chupaya	SED-QChu1	807 332	9 158 325	2 936	Ubicado en la quebrada Chupaya, aproximadamente a 300 m al noreste de la institución educativa del caserío San José.
3		Quebrada	Sin nombre	SED-Qs/n1	808 310	9 159 670	2 608	Ubicado en la bocamina abandonada, aproximadamente a 20 m de la confluencia con la quebrada Chupaya.
4		Quebrada	Choloque	SED-QCho2	808 842	9 159 796	2 438	Ubicado en la quebrada Choloque, aproximadamente a 550 m aguas abajo del punto de muestreo SH-5 y a 2,5 km de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.
5		Quebrada	Chupaya	SED-QChu2	808 788	9 159 836	2 469	Ubicado en la quebrada Chupaya, aproximadamente a 380m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Choloque.
6		Quebrada	Shahuindo	SED-QSha1	809 419	9 160 282	2 369	Ubicado en la quebrada Shahuindo, aproximadamente a 1,5 km aguas arriba del caserío Shahuindo de Araqueda.
7	ZONA II	Quebrada	Araqueda	SED-QAra1	808 989	9 153 115	2 630	Ubicado en la quebrada Araqueda, aproximadamente a 2 km aguas arriba del centro poblado Araqueda
8		Quebrada	Araqueda	SED-QAra2	812 166	9 152 981	2 394	Ubicado en la quebrada Araqueda, aproximadamente a unos 850 m aguas abajo del centro poblado Araqueda
9		Quebrada	La Colpa	SED-QLCol1	810 102	9 151 109	2 726	Ubicado en la quebrada La Colpa, a 10 metros del puente ubicado en el caserío La Colpa
10		Quebrada	La Colpa	SED-QCol2	813 890	9 153 410	2 509	Ubicado en la quebrada La Colpa, aproximadamente a 250 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Araqueda
11	ZONA III	Río	Condebamba	SED-RCon1	817 592	9 154 837	2 269	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 300 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Lanla.
12		Río	Urupuyo	SED-RUru1	814 672	9 152 188	2 332	Ubicado en el río Urupuyo, aproximadamente a unos 650 m aguas arriba del sector Carrizal.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	ZONA	CUERPO DE AGUA		CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	REFERENCIA
		TIPO	NOMBRE		ESTE	NORTE		
13		Quebrada	Lanla	SED-QLan1	817 713	9 155 185	2 159	Ubicado en la quebrada Lanla, aproximadamente a unos 300 m de la hacienda Huayito.
14		Río	Condebamba	SED-RCon3	814 045	9 167 588	2 040	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 550 m aguas arriba de la confluencia con el río Chimín
15		Río	Chimín	SED-RChi2	811 192	9 166 624	2 087	Ubicado en el río Chimín, aproximadamente a 3 km aguas arriba de la confluencia con el río Condebamba
16	ZONA IV	Río	Cañaris	SED-RCañ1	803 575	9 156 451	2 702	Ubicado en el río Cañaris, aproximadamente a unos 100 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Tranca El Agua
17		Quebrada	Caipuro	SED-QCai1	802 856	9 157 596	2 638	Ubicado en la quebrada Caipuro, 50 m agua arriba de la confluencia con el Río Cañaris
18		Río	Cañaris	SED-RCañ2	802 475	9 157 791	2 604	Ubicado en el río Cañaris, aproximadamente a 450 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Caipuro
19	ZONA V	Quebrada	Moyán	SED-QMoy1	808 282	9 155 052	2 858	Ubicado en la quebrada Moyán, aproximadamente a 500 m al noroeste de la garita de la unidad minera Shahuindo.
20		Quebrada	Moyán	SED-QMoy2	812 951	9 158 959	2 271	Ubicado en la quebrada Moyán, aproximadamente a 3,3 km aguas arriba del punto de muestreo QMoy1.
21		Quebrada	Los Merinos	SED-QLMer1	810 525	9 156 658	2 576	Ubicado en la quebrada Los Merinos, aproximadamente a 700 m aguas abajo del punto de muestreo SH-3 de la unidad minera Shahuindo.
22		Quebrada	Sauce	SED-QSau1	811 434	9 157 436	2 318	Ubicado en la quebrada Sauce, aproximadamente a 70 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Pacae.
23		Quebrada	El Pacae	SED-QEPac1	811 957	9 157 459	2 279	Ubicado en la quebrada El Pacae, aproximadamente a 270 m aguas abajo del punto de muestreo SH-6 de la unidad minera Shahuindo.
24		Quebrada	Higuerón	SED-QHig1	811 255	9 158 301	2 319	Ubicado en la quebrada Higuerón, aproximadamente a 1,7 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Pacae.
25		Quebrada	Contrahierba	SED-QChie1	810 703	9 159 416	2 416	Ubicado en la quebrada Contrahierba, aproximadamente a 800 m al suroeste de la institución educativa del caserío de Shahuindo de Araqueda.
26		Quebrada	Shingomate	SED-QShi1	809 725	9 161 005	2 438	Ubicado en la quebrada Shingomate, aproximadamente a 1,3 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada La Chilca
27		Quebrada	Shingomate	SED-QShi2	801 289	9 162 793	2 302	Ubicado en la quebrada Shingomate, a 2,5 km aguas abajo del punto QShi1



[Handwritten signature]

9.2.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

204. La toma de muestras de sedimento, estuvo enmarcada en los lineamientos del "Procedimiento para monitoreo de aguas y sedimentos para determinación de metales"²⁰ 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)"²¹; a su vez, se siguieron las recomendaciones de los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (en adelante, INACAL). Cabe precisar que se tomó referencialmente dichas normativas, considerando que, en la actualidad, el Perú no cuenta con un protocolo nacional para el desarrollo del monitoreo de sedimentos.
205. La toma de muestras de sedimentos en la subcuenca de Condebamba fue de tipo simple y puntual²², para lo cual, se sumergió un cucharón de polietileno hasta el fondo de la corriente y se recogió una porción de sedimento a una profundidad, que osciló entre 0 a 5 centímetros.²³ 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 plástico se colocó en bolsas de polietileno tipo Ziplock 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 muestreo, se lavó el material y el equipo utilizado, para evitar que los sobrantes puedan contaminar otros puntos de muestreo 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.
206. Por otra parte, los equipos, accesorios y otros materiales utilizados durante la evaluación en campo se muestran en la Tabla 9-7.

Tabla 9-7. Equipos y accesorios utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de sedimentos

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
GPS	GARMIN	MONTONA	4HU004973 4HU004978 4HU004979	Registro de coordenadas geográficas en sistema WGS 84 UTM.
Cámara	CANON	D30	62021001198 62021001199 62021001200	Registro fotográfico.
Pala de polietileno	--	--	--	Herramienta de fácil manipulación para coleccionar el sedimento superficial hasta unos 20 cm.
Compósito de polietileno	-	-	-	Recipiente para coleccionar y homogenizar la muestra antes de vaciar al frasco de transporte para el análisis.

(-) No corresponde

²⁰ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial" de la República de Colombia.5-7pp.

²¹ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de la República de México. 29-35pp.

²² Muestra que representa la composición del sedimento para el lugar, tiempo y circunstancias particulares.

²³ 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.



207. Posterior a la toma de muestras, no se les adicionó preservante a las muestras correspondientes para el análisis. Esto de acuerdo con las indicaciones del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en *coolers* (cajas térmicas), sujetadas por precintos de seguridad en doble bolsa conservadas en posición vertical con *ice-packs* (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia, para sus análisis.
208. Es preciso mencionar que los análisis de las muestras fueron realizados por el laboratorio AGQ Perú S.A.C., el cual proporcionó los materiales (bolsas de polietileno tipo ziplock), según el parámetro evaluado. A continuación, se describe el método para el análisis de las muestras, según el parámetro, utilizados por el laboratorio correspondiente (ver Tabla 9-8).

Tabla 9-8. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de sedimentos

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Metales totales	EPA Método 200.8 Revisión 5.4. 1994	Espectrometría ICP-MS	Parámetros analizados por el laboratorio de ensayo acreditado AGQ PERÚ S.A.C.

9.2.3. Análisis de datos

209. Hasta el momento, no se cuenta con legislación nacional sobre estándares de calidad ambiental para sedimentos. Por ello, los resultados de los parámetros evaluados serán evaluados mediante métodos estadísticos con ayuda del software libre Minitab 17, de igual manera se determinarán los metales más representativos encontrados por puntos de muestreo y zona evaluada.
210. Finalmente, la sistematización, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detalla en el Anexo C4.

9.3. Comunidades hidrobiológicas

211. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar las comunidades hidrobiológicas (perifiton y macroinvertebrados bentónicos) en ambientes lóticos (ríos y quebradas) en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, consignándose, los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis y la caracterización hidromorfológica de los puntos de muestreo hidrobiológicos.

9.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo

212. Las estaciones de monitoreo hidrobiológico fueron ubicadas en los mismos lugares donde se tomaron las muestras de calidad de agua superficial en el área de influencia de la U.M. Shahuindo.
213. Se consideró un total de 26 estaciones de monitoreo donde se colectaron muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos; no obstante, cabe precisar que en el punto HID-FNat3 (manantial), solo se colectó la muestra correspondiente a perifiton por haberse encontrado aquí una formación de algas filamentosas



sobre el sustrato. En la Tabla 9-9, se señala la ubicación de las estaciones de monitoreo y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo D1. En relación a las observaciones obtenidas en los puntos de muestreo evaluados se detallan en el Anexo D2. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo D3.

Tabla 9-9. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas

N°	Zona	CUERPO DE AGUA	CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	DESCRIPCIÓN
				ESTE	NORTE		
1	Zona I	Choloque	HID-QCho1	806 440	9 156 308	3 186	Ubicado en la quebrada Choloque, en el punto de muestreo SH-9 de la U.M. Shahuindo, aguas arriba a la zona de operaciones
2		Sin nombre	HID-Qs/n1	808 310	9 159 670	2 608	Ubicado en la bocamina abandonada, aproximadamente a 20 m de la confluencia con la quebrada Chupaya y a 40 m al norte de una bocamina abandonada.
3		Chupaya	HID-QChu2	808 788	9 159 836	2 469	Ubicado en la quebrada Chupaya, aproximadamente a 380m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Choloque.
4		Choloque	HID-QCho2	808 842	9 159 796	2 438	Ubicado en la quebrada Choloque, aproximadamente a 550 m aguas abajo del punto de muestreo SH-5 y a 2,5 km de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.
5		Shahuindo	HID-QSha1	809 419	9 160 282	2 369	Ubicado en la quebrada Shahuindo, aproximadamente a 1,5 km aguas arriba del caserío Shahuindo de Araqueda.
6		Sin nombre	HID-FNat3 (*)	808 822	9 159 785	2 434	Ubicado en el manantial sin nombre, aproximadamente a unos 250 m al oeste de la quebrada Chupaya, en el caserío San José.
7	Zona II	Araqueda	HID-QAra1	808 989	9 153 115	2 630	Ubicado en la quebrada Araqueda, aproximadamente a 2 km aguas arriba del centro poblado Araqueda
8		La Colpa	HID-QLCol1	810 102	9 151 109	2 726	Ubicado en la quebrada La Colpa, a 10 metros del puente ubicado en el caserío La Colpa
9		Araqueda	HID-QAra2	812 166	9 152 981	2 394	Ubicado en la quebrada Araqueda, aproximadamente a unos 850 m aguas abajo del centro poblado Araqueda
10		La Colpa	HID-QCol2	813 890	9 153 410	2 509	Ubicado en la quebrada La Colpa, aproximadamente a 250 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Araqueda
11		Urupuyo	HID-RUru1	814 672	9 152 188	2 332	Ubicado en el río Urupuyo, aproximadamente a unos 650 m aguas arriba del sector Carrizal.
12	Zona III	Condebamba	HID-RCon1	817 592	9 154 837	2 269	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 300 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Lanla.
13		Lanla	HID-QLan1	817 713	9 155 185	2 159	Ubicado en la quebrada Lanla, aproximadamente a unos 300 m de la hacienda Huayito.



N°	Zona	CUERPO DE AGUA	CÓDIGO	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 17 M		ALTITUD m s.n.m.	DESCRIPCIÓN
				ESTE	NORTE		
14		Chimín	HID-RChi2	811 192	9 166 624	2 087	Ubicado en el río Chimín, aproximadamente a 3 km aguas arriba de la confluencia con el río Condebamba
15		Condebamba	HID-RCon3	814 045	9 167 588	2 040	Ubicado en el río Condebamba, aproximadamente a unos 550 m aguas arriba de la confluencia con el río Chimín
16	Zona IV	Caipuro	HID-QCai1	802 856	9 157 596	2 638	Ubicado en la quebrada Caipuro, 50 m agua arriba de la confluencia con el Río Cañaris
17		Cañaris	HID-RCañ2	802 475	9 157 791	2 604	Ubicado en el río Cañaris, aproximadamente a 450 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada Caipuro
18	Zona V	Moyán	HID-QMoy1	808 282	9 155 052	2 858	Ubicado en la quebrada Moyán, aproximadamente a 500 m al noroeste de la garita de la unidad minera Shahuindo.
19		Moyán	HID-QMoy2	812 951	9 158 959	2 271	Ubicado en la quebrada Moyán, aproximadamente a 3,3 km aguas arriba del punto de muestreo QMoy1.
20		Los Merinos	HID-QLMer1	810 525	9 156 658	2 576	Ubicado en la quebrada Los Merinos, aproximadamente a 700 m aguas abajo del punto de muestreo SH-3 de la unidad minera Shahuindo.
21		Sauce	HID-QSau1	811 434	9 157 436	2 318	Ubicado en la quebrada Sauce, aproximadamente a 70 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Pacae.
22		El Pacae	HID-QEPac1	811 957	9 157 459	2 279	Ubicado en la quebrada El Pacae, aproximadamente a 270 m aguas abajo del punto de muestreo SH-6 de la unidad minera Shahuindo.
23		Higuerón	HID-QHig1	811 255	9 158 301	2 319	Ubicado en la quebrada Higuerón, aproximadamente a 1,7 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Pacae.
24		Contrahierba	HID-QCHie1	810 703	9 159 416	2 416	Ubicado en la quebrada Contrahierba, aproximadamente a 800 m al suroeste de la institución educativa del caserío de Shahuindo de Araqueda.
25		Shingomate	HID-QShi1	809 725	9 161 005	2 438	Ubicado en la quebrada Shingomate, aproximadamente a 1,3 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada La Chilca
26	Shingomate	HID-QShi2	801 289	9 162 793	2 302	Ubicado en la quebrada Shingomate, a 2,5 km aguas abajo del punto QShi1	



(*) Sólo se colectó la muestra correspondiente a perifiton.

9.3.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

214. La colecta de muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos tuvo como base metodológica las técnicas de monitoreo descritas en el manual "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton,

bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú" (UNMSM-MHN 2014).

215. En el mencionado manual también se listan los equipos y materiales necesarios para llevar a cabo un monitoreo hidrobiológico. En el caso de la presente evaluación se emplearon los materiales y equipos que se presentan en la Tabla 9-10.

Tabla 9-10. Equipos y materiales utilizados para el monitoreo de las comunidades hidrobiológicas

EQUIPOS Y MATERIALES	MARCA	MODELO	UTILIDAD	CARACTERÍSTICAS
GPS	GARMIN	OREGON 650	Medición de coordenadas UTM	--
Cámara fotográfica	CANON	D30	Registro fotográfico	--
Red Surber	--	--	Colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos	Área de muestreo de 0,09 m ² y abertura de malla de 500 µm

216. Además de los equipos y materiales listados en la Tabla 9-10, se utilizaron otros materiales complementarios como guantes de látex y PVC, picetas de 500 mL, cepillos, jeringas de 10 mL, frascos de polietileno de boca ancha de 250 mL y 1000 mL, formol y etanol como preservante, los cuales se usaron para la manipulación, colecta y preservación de las diferentes muestras.

- Método de muestreo

217. Antes de iniciar el muestreo es necesario observar y describir la zona de trabajo, esto es de gran importancia para identificar los sitios más propicios para obtener muestras representativas de las comunidades que deseamos evaluar. Para este fin, se contó con fichas de campo que permitieron realizar anotaciones que describan la vegetación ribereña, el lecho del río, los sustratos elegidos para la colecta, tamaño de muestra, entre otras observaciones necesarias según el criterio del especialista. Hecho esto, se continuó con la colecta de muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos obedeciendo las siguientes pautas:

- Perifiton.** Para la colecta de muestras de perifiton se obtuvieron raspados superficiales de piedras u otros sustratos sumergidos en un área de 25 cm² (5 x 5 cm). Para tal fin, del lado más regular de una piedra se delimitó un área de 5 x 5 cm y ayudados con un cepillo y una pizeta con agua destilada, se obtuvo un raspado (muestra) en un pote de 250 ml. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 75 cm². La muestra final fue etiquetada y preservada con formol al 4% (4 ml de formol por 100 ml de muestra) con la ayuda de una jeringa para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por especialistas del Oefa.
- Macroinvertebrados bentónicos.** Para la colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red Surber de 500 µm de luz de malla y 0,09 m² (30 x 30 cm) de área. Para tal fin, se colocó el marco cuadrado de la red Surber en el fondo del ambiente a evaluar, en sentido contrario a la corriente, luego se removió con fuerza el sustrato con las manos para facilitar el desprendimiento de los organismos y queden atrapados en la red. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra



compuesta de 0,27 m². La muestra final fue vertida en potes de 1 L, etiquetada y preservada con etanol al 70% para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por especialistas del Oefa.

218. Es necesario mencionar que al principio del monitoreo se tuvo contemplado coleccionar muestras de peces, sin embargo, esto no fue posible ya que los cuerpos de agua evaluados no mostraron condiciones favorables para pescar o no constituían hábitats que permitan el desarrollo de peces. En el caso del río Condebamba el elevado caudal impidió el acceso al río de forma segura y en el caso de las quebradas Araqueda, Moyán, Choloque, Higuierón, La Chilca, Los Merinos, El Sauce y Shahuindo su caudal muy reducido y su naturaleza muy somera no favorecieron el desarrollo de un hábitat donde se puedan desarrollar las poblaciones de peces durante la ejecución del monitoreo.

- Métodos de análisis de muestras

219. Las muestras fueron analizadas por especialistas de la Dirección de Evaluación del Oefa obedeciendo las directrices del *Standard methods for examination of water and wastewater 22 nd* (APHA 2012). En la Tabla 9-11 se describen los métodos empleados para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar.

Tabla 9-11. Métodos de ensayo utilizados para los análisis hidrobiológicos

PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO DE REFERENCIA	UNIDAD DE CONTEO ⁽¹⁾	TÉCNICA EMPLEADA
Perifiton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	Org/cm ²	Identificación taxonómica y análisis cuantitativo
Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	Org/m ²	

Fuente: Informes de ensayo del Oefa.



9.3.3. Estándares de comparación y análisis de datos

220. En lo que respecta a la identificación taxonómica y análisis cuantitativo de muestras de las comunidades hidrobiológicas no existen estándares de comparación nacionales. A nivel de la Comunidad Económica Europea existe la Directiva Marco del Agua (DOCE 2000), norma que contempla la estimación de del estado ecológico de los ecosistemas mediante el uso de macro invertebrados bentónicos, sin embargo, esta no sería aplicable al Perú por necesitarse una adaptación que incluya una comparación con condiciones de referencia locales.

221. Es preciso indicar que la abundancia en la comunidad de macroinvertebrados se tomará como el número de organismos/m² y en el caso de perifiton se expresará organismos/cm².

222. Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación hidrobiológica, se procederá a caracterizar las comunidades del perifiton y macro invertebrados bentónicos teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

a. Composición, riqueza y abundancia

223. Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia de la U.M. Shahuindo. Esta clasificación taxonómica así como sus cadenas de custodia se encuentra en el Anexo D4 y D5 del presente informe.
224. La evaluación de la riqueza y la abundancia del perifiton y macroinvertebrados bentónicos se desarrolló en base a las categorías taxonómica phylum y orden, respectivamente. Es necesario indicar que los resultados de abundancia se analizaron en base a la abundancia total, representándose los resultados en organismos/cm² para perifiton y organismos/m² para macroinvertebrados bentónicos. Para ello se utilizó el programa excel, donde se sistematizaron los valores de riqueza y abundancia por la categoría taxonómica elegida y estación de monitoreo a partir de los resultados de análisis de muestras; enseguida se hicieron las correspondientes representaciones mediante gráficas acumuladas por zona evaluada.

b. Diversidad alfa

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

$$N1 = \exp(H') \quad (9.1)$$

Donde:

H' : Es el índice de Shannon.

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

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (9.2)$$

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

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (9.3)$$

Donde:

J' : Índice de equidad de Pielou.

H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$$H'_{max} = \ln(S) \quad (9.4)$$



Donde:

S : Número de especies.

c. Diversidad beta

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

$$IBC = 1 - \frac{(\sum xi - yi)}{(\sum xi + yi)} \quad (9.5)$$

Donde:

IBC : Índice de Bray Curtis.

xi : Abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1.

yi : Abundancia de las especies en el otro.

228. Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendrogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) mediante el software Paleontological Data Analysis PAST v3.15 (Hammer *et al.* 2001). Esta gráfica resume la similitud de las especies entre dos estaciones de monitoreo.

d. Calidad ecológica

229. La evaluación de calidad ecológica se realizó tomando como base metodológica el "Protocolo Simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)" (Encalada *et al.* 2011). Para su aplicación, se eligió en el sitio de muestreo un tramo que midió entre 50 y 100 m de longitud, en el cual se observaron y valoraron dos grupos de variables:

- Las características hidromorfológicas: incluye observaciones de vegetación de ribera, paisaje próximo al río y algunos elementos del canal del río como su forma y sustrato. Mediante estas observaciones se estimará la calidad hidromorfológica.
- Los organismos que habitan el agua: los macroinvertebrados bentónicos. Con información de la composición de especies por estación de monitoreo y el respectivo valor de tolerancia de cada orden taxonómico se estimará la calidad biológica.

230. La calidad hidromorfológica se estimó a partir de la observación de ocho características hidromorfológicas, las cuales son listadas a continuación.

- i. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera
- ii. Continuidad de la ribera
- iii. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje
- iv. Presencia de basuras y escombros



[Handwritten signature]

- v. Naturalidad del canal fluvial
- vi. Composición del sustrato
- vii. Regímenes de velocidad y profundidad del río
- viii. Elementos de heterogeneidad

231. El criterio de elección del puntaje respectivo para cada característica es detallado en el Anexo D6. Una vez obtenidas las puntuaciones para cada característica hidromorfológica se procedió obtener una sumatoria de todas ellas, con la finalidad de tener un solo valor por estación de monitoreo. Finalmente, para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, dichos valores fueron comparados con la siguiente escala (Tabla 9-12).

Tabla 9-12. Calidad hidromorfológica del río

CLASE	PUNTUACIÓN	CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA
1	> 35	Excelente
2	28 - 35	Buena
3	20 - 28	Moderada
4	10 - 20	Mala
5	0 - 10	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

232. La **calidad biológica** del agua se estimó a través del índice biótico *Andean Biotic Index* (Ríos-Touma *et al.* 2014), el cual fue desarrollado para evaluar la calidad de agua de ríos alto andinos ubicados a más de 2000 m de altitud. Este índice estima la calidad del agua atribuyendo a cada familia taxonómica presente en una muestra un valor de intolerancia (0-10), luego los valores de intolerancia hallados por todas las familias presentes en la muestra son sumados y se obtiene un valor final que es comparado con las puntuaciones de la Tabla 9-13. El valor asignado a cada familia es directamente proporcional a su intolerancia (ver Anexo D6).

Tabla 9-13. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI

CLASE	PUNTUACIONES	CALIDAD BIOLÓGICA
1	> 74	Excelente
2	45 – 74	Buena
3	27 – 44	Moderada
4	11 – 26	Mala
5	< 11	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

233. La **calidad ecológica** se obtuvo combinando las valoraciones de calidad hidromorfológica y calidad biológica. Por ejemplo: si el resultado de combinar las dos evaluaciones es azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente; si es verde, es buena; si es amarilla, es moderada; si es naranja, es mala; y por último si es roja, es pésima. Otras combinaciones también son posibles (Tabla 9-14).



Tabla 9-14. Escala de calidad ecológica de un río

		CALIDAD BIOLÓGICA				
		Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA	Excelente	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Buena	Buena	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Mala	Mala	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Pésima	Moderada	Mala	Mala	Pésima	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

e. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

234. Para determinar la relación entre las variables ambientales (físicoquímicas del agua) y la abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos se realizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.* 2001). Dicho análisis aportó información importante sobre el porcentaje de variabilidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos que puede ser explicado por el efecto de las variables ambientales.

235. Los datos de abundancia de organismos fueron transformados a Log (X+1) para disminuir los efectos de los taxa dominantes; del mismo modo, los datos ambientales, a excepción del pH, también fueron transformados a Log (X+1). Se decidió no excluir del análisis las especies raras, puesto que más del 30% de especies registradas solo aparecieron una vez.



[Handwritten signature]

9.4. Calidad de aire

236. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad del componente aire, consignándose la ubicación de las estaciones de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, y estándares de comparación.

9.4.1. Ubicación de las estaciones de muestreo

237. Las estaciones de monitoreo de calidad de aire, fueron ubicados los centros poblados ubicados alrededor del área de influencia de la Unidad Shahuindo, entre ellos, en los caseríos de San José, Moyán Bajo, Moyán Alto y Máximas Flores del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.

238. Para la determinación y ubicación de los puntos de muestreo se consideraron factores como la accesibilidad al punto de muestreo, puntos de abastecimiento eléctrico y seguridad del equipo evaluador. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las áreas despejadas y sin obstáculos dentro de los los centros poblados ubicados alrededor del área de influencia de la Unidad Shahuindo, en el distrito de Cachachi.

239. Para la presente evaluación ambiental temprana se determinó la categoría Escala Local para la realización del monitoreo de la calidad del aire en el distrito de Cachachi, considerando que las cuatro estaciones de monitoreo se encuentran en un rango de 4 kilómetros aproximadamente. En la Tabla 9-15, se señala la ubicación de puntos de muestreo y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo E1. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo E2.

Tabla 9-15. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de aire

CÓDIGO DE PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84 - Zona 17 M			REFERENCIA
	ESTE	NORTE	ALTITUD m s.n.m.	
CA-MBaj1	810 279	9 156 071	2 652	A 10 metros aproximadamente de la tranquera del caserío de Moyán Bajo
CA-MAIt1	808 532	9 154 941	2 874	Frente a la gobernación del caserío de Moyán Alto.
CA-SJos1	807 159	9 158 061	3 004	En la I.E. San José, en el caserío de San José
CA-MFlo1	810 235	9 160 931	2 485	Frente a la I.E.I N° 1129, a unos 15 m de la iglesia evangélica asamblea de Dios.

9.4.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

240. El muestreo se realizó con equipos del Oefa. Con respecto a los métodos y criterios utilizados para la evaluación ambiental temprana de la calidad del aire, se consideró lo señalado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa)²⁴. Este protocolo establece los procedimientos y criterios técnicos para la instalación y operación de sistemas de monitoreo de calidad de aire, así como el manejo de los datos una vez colectados.

241. En este sentido, los equipos fueron instalados considerando los criterios técnicos del protocolo, manteniendo las distancias adecuadas a obstáculos, manteniendo la altura adecuada para el ingreso de la muestra de aire a los analizadores y altura adecuada para la medición de los parámetros meteorológicos. Asimismo, en el Anexo E3 del presente informe se muestran los certificados de calibración de los equipos utilizados. Ver Tabla 9-16.

Tabla 9-16. Características de los equipos accesorios y otros materiales utilizados en las estaciones de monitoreo de calidad de aire

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIÓN
Vénturi PM ₁₀	THERMO SCIENTIFIC	G10551	P 9312 X P 9313 X P 9315 X P 9321 X	-
Estación meteorológica	CAMPBELL SCIENTIFIC	CR1000	25512 2590	-
GPS	GARMIN	MONTANA 680	4HU001973	-
Cámara	CANON	D30	62051001198	-
Manómetro tipo U de plástico	DWYER	SLACK TUBE	OEFA/17-0018 OEFA/17-0019	-



²⁴ El Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de Datos fue aprobado el 7 de setiembre de 2005, mediante Resolución Directoral N° 1404/2005/DIGESA/SA. Dirección General de Salud Ambiental (Digesa).

242. Para la medición de material particulado (PM_{10}), se utilizó muestreadores de alto volumen, que cumplen con las especificaciones técnicas del Código Federal de Regulaciones (CFR, por sus siglas en inglés) aprobados por la USEPA y otras agencias internacionales, el método de referencia y la metodología se muestran en la Tabla 9-17.

Tabla 9-17. Métodos de ensayo utilizados por la medición de material particulado

Parámetros	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio
PM_{10} (Alto Volumen)	NTP 900.030	Gravimetría	AGQ Labs & Technological Services
Metales Totales en PM_{10}	EPA IO-3.4 1999	Espectrometría ICP-OES	

9.4.3. Estándares de comparación y análisis de datos

a. Determinación de concentración de material particulado y metales

243. Para determinar la concentración de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y metales, se realizaron los cálculos correspondientes, utilizando la metodología de la US EPA 40 CFR, Apéndice O Parte 50 - Método de Referencia para la determinación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la atmósfera, para los cálculos se utilizó los pesos de los filtros reportados por el AGQ Perú S.A.C., y los parámetros de presión y temperatura del lugar ambos registrados por la estación meteorológica.

$$C_{PM_{10}} = 10^{-6} \cdot (W_f - W_i) / V_{std} \quad (9.6)$$

Donde:

$C_{PM_{10}}$: Concentración de PM_{10} (ó $PM_{2.5}$) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$W_f - W_i$: Masas final e inicial del filtro de exposición en g

V_{std} : Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar²⁵ en m^3

De manera análoga se determinaron las concentraciones de metales totales en el aire ambiente en los puntos de muestreo.

$$C_{Metal} = 10^{-6} \cdot (W_{metal}) / V_{std} \quad (9.7)$$

Donde:

C_{Metal} : Concentración del metal en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

W_{metal} : Masa del metal en g

V_{std} : Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar en m^3

b. Evaluación del estado de la calidad del aire (ECA)

244. Los resultados del monitoreo del parámetro atmosférico PM_{10} fueron comparados con el valor establecido en el Estándar Nacional de Calidad del Aire (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el cual es indicado en el Instrumento de Gestión Ambiental asociado a la U.M. Shahuindo y actualmente el

²⁵

Condición estándar: utilizado para la medición de volúmenes de gases correspondiéndose a una temperatura de 25 °C y 1 atmósfera de presión.



mencionado decreto supremo se encuentra derogado. El valor del referido ECA se indica en la Tabla 9-18.

245. Los resultados obtenidos para plomo se compararon de manera referencial con el valor para 24 horas establecido en los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario – Canadá (AAQC)²⁶, debido a que la normativa nacional en el caso del plomo solo considera una metodología de medición mensual y anual, más no diaria (ver Tabla 9-19). En el caso de los demás metales, los resultados también fueron comparados referencialmente con los AAQC de Ontario, puesto que no se cuenta con valores establecidos como Estándar de Calidad Ambiental (ECA) en la normativa nacional.

Tabla 9-18. Estándares nacionales de calidad ambiental del aire (2001)

Parámetro	Periodo	Forma del estándar		Norma
		Valor (µg/m ³)	Formato	
Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	150	No exceder más de 3 vez al año	Decreto Supremo N° 074-2001-PCM
Metales en PM ₁₀	24 horas	(a)	-	

(a) Los valores de los AAQC con los que se comparan referencialmente los resultados obtenidos de cada metal se muestran en las tablas 10-20 al 10-23.

246. Los resultados del monitoreo de los parámetros atmosféricos PM₁₀ también fueron comparados referencialmente con los valores establecido en el Estándar Nacional de Calidad del Aire (ECA), aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM el 7 de junio de 2017 y se encuentra actualmente vigente. Cabe resaltar que el mencionado decreto supremo fue aprobado después de ejecutado el monitoreo de calidad de aire (del 13 al 17 de mayo de 2017).

Tabla 9-19. Estándares nacionales de calidad ambiental del aire (2017)

Parámetro	Periodo	Forma del estándar		Norma
		Valor (µg/m ³)	Formato	
Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	No exceder más de 7 vez al año	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

c. Evaluación del estado de la calidad del aire (INCA)

247. A fin de conocer cualitativamente el estado de calidad de aire en las zonas donde se desarrolló el monitoreo de calidad de aire, los resultados del parámetro atmosférico PM₁₀ fueron contrastados con el Índice de Calidad del Aire (INCA), establecido mediante Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM. Es necesario mencionar que se pone énfasis en el único parámetro de calidad de aire evaluado, debido a que presentaron concentraciones significativas en una de las estaciones monitoreo de calidad de aire. En la tabla 9-20 se aprecia los Cálculos de los Índices de Calidad del Aire para el parámetro PM₁₀, y la tabla 9-21 contiene la calificación del INCA según el color que corresponda.



²⁶ Los Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario AAQC (versión de abril 2012) fueron desarrollados por el Ministerio del Ambiente de Ontario y en ellos se establecen estándares para un gran número de agentes tóxicos del aire. El AAQC se define como la concentración deseable de un contaminante en el aire, basado en la protección contra los efectos adversos a la salud y el ambiente. El término "ambiente" es usado para reflejar la calidad del aire en general, independientemente de la ubicación o la fuente de un contaminante.

Tabla 9-20. Cálculo del índice de calidad del aire para PM₁₀

Material particulado (PM ₁₀) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de Concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0 – 50	0 – 75	(PM ₁₀) = [PM ₁₀] * 100/150
51 – 100	76 – 150	
101 – 500	151 – 250	
>500	>250	

Fuente: R.M. N°181-2016-MINAM "Se establece el índice de Calidad del Aire".

Tabla 9-21. Calificación del índice de calidad del aire según color

Calificación	Valores del INCA	Colores
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
>VUEC*	>VUEC*	Rojo

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

Fuente: R.M. N° 181-2016-MINAM "Se establece el índice de Calidad del Aire".

248. Finalmente, la sistematización con la comparación normativa, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detallan en el Anexo E4.

9.5. Calidad de suelo

249. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar la calidad del componente suelo, concretamente sobre la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis y estándares de comparación.

9.5.1. Ubicación de los puntos de muestreo

250. El área de estudio comprende los centros poblados de Algamarca (caseríos de Algamarca y San José), Chuquibamba (Liclipampa Bajo, Chorobamba, Shahuindo de Araqueda) y Cholocal (caserío de Chimín) del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.
251. Para determinar las zonas donde se establecerán los puntos de muestreo de nivel de fondo se consideró el tipo de suelos, la capacidad de uso mayor de suelos y geología local. Los puntos de nivel de fondo se establecieron en seis (6) formaciones geológicas, tomando en cuenta la proximidad a las operaciones de la U.M. Shahuindo y el uso actual del suelo con fines agrícolas.
252. Las áreas de muestreo para nivel de fondo fueron establecidas siguiendo los lineamientos establecidos en la guía citada en la Tabla 9-23. En el presente estudio, se evaluó un total de 65 muestras compuestas (cinco submuestras, las submuestras fueron tomadas en un radio de 20 a 30 metros del punto central), como se detalla en la tabla 9-22 que se presentan a continuación, en las que se consigna la codificación y coordenadas de los puntos de muestreo de niveles de fondo y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo F1. En relación a las observaciones obtenidas en los puntos de muestreo evaluados se detallan en el Anexo F2. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo F3.



[Handwritten signature]

Tabla 9-22. Descripción de los puntos de muestreo para nivel de fondo

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS 84 ZONA 17M			REFERENCIA
	ESTE	NORTE	ALTURA m s.n.m.	
Formación de andesitas (T-an)				
SUE-Cach01	806 617	9 156 199	3 157	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach02	806 564	9 156 261	3 171	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach03	806 612	9 156 627	3 159	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach04	806 579	9 156 167	3 167	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach05	806 561	9 156 201	3 175	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach06	806 556	9 156 127	3 185	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach07	806 532	9 156 186	3 196	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
SUE-Cach08	806 506	9 156 134	3 204	Puntos ubicados en el área de niveles de fondo, sector La Tauna, caserío San José. Suelos sin cultivo
Formación Chimú (Ki-chi)				
SUE-Cach09	805 948	9 157 729	3 200	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach10	806 045	9 157 768	3 200	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach11	806 094	9 157 689	3 199	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach12	806 052	9 157 659	3 208	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach13	806 051	9 157 708	3 212	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach14	806 024	9 157 690	3 217	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS 84 ZONA 17M			REFERENCIA
	ESTE	NORTE	ALTURA m s.n.m.	
SUE-Cach15	806 003	9 157 729	3 081	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach16	805 996	9 157 772	3 122	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach17	805 906	9 157 733	3 147	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach18	805 984	9 157 818	3 160	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach19	805 972	9 157 837	3 166	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
SUE-Cach20	805 909	9 157 794	3 175	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, sector Laurel, caserío de San José en los terrenos del Sr. Edilberto Pizan Ventura. Suelos sin cultivo
Formación Chulec (Ki-chu)				
SUE-Cach21	812 581	9 159 949	2 196	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Shahuindo de Araqueda, en la propiedad del Sr. Aparicio Ulloa Barreto. Suelo sin cultivo
SUE-Cach22	812 601	9 159 947	2197	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Shahuindo de Araqueda, en la propiedad del Sr. Aparicio Ulloa Barreto. Suelo sin cultivo
SUE-Cach23	812 657	9 159 953	2 185	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Shahuindo de Araqueda, en la propiedad del Sr. Aparicio Ulloa Barreto. Suelo sin cultivo
SUE-Cach24	812 614	9 159 021	2 173	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Shahuindo de Araqueda, en la propiedad del Sr. Aparicio Ulloa Barreto. Suelo sin cultivo
Formación Carhuaz (Ki-ca)				
SUE-Cach25	810 310	9 156 021	2 694	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach26	810 301	9 155 966	2 685	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS 84 ZONA 17M			REFERENCIA
	ESTE	NORTE	ALTURA m s.n.m.	
SUE-Cach27	810 276	9 156 004	2 674	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach28	810 275	9 155 938	2 673	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach29	810 242	9 155 974	2 667	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach30	810 253	9 155 900	2 664	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach31	810 253	9 155 857	2 663	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach32	810 136	9 155 657	2 684	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach33	810 077	9 155 682	2 694	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach34	810 019	9 155 697	2 697	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach35	810 108	9 155 700	2 695	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach36	810 118	9 155 722	2 692	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach37	810 017	9 155 742	2 702	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach38	810 141	9 155 749	2 690	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo





PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS 84 ZONA 17M			REFERENCIA
	ESTE	NORTE	ALTURA m s.n.m.	
SUE-Cach39	810 120	9 155 771	2 693	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach40	810 013	9 155 779	2 702	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach42	810 110	9 155 852	2 686	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
SUE-Cach43	810 190	9 155 932	2 670	Punto ubicado en el área de nivel de fondo, caserío de Moyán Bajo, propiedad de la Sra. Inés María Ulloa García. Suelos sin cultivo
Formación Farrat (Ki-fa)				
SUE-Cach41	814 318	9 158 710	2 118	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach44	814 329	9 158 665	2 120	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach45	814 283	9 158 698	2 121	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach46	814 297	9 158 653	2 123	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach47	814 247	9 158 683	2 124	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach48	814 267	9 158 638	2 123	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach49	814 212	9 158 670	2 124	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach50	814 226	9 158 635	2 124	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach51	814 181	9 158 659	2 126	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach52	814 095	9 158 615	2 127	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach53	814 075	9 158 625	2 130	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo



PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM - WGS 84 ZONA 17M			REFERENCIA
	ESTE	NORTE	ALTURA m s.n.m.	
SUE-Cach54	814 078	9 158 572	2 131	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach55	814 041	9 158 610	2 132	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo
SUE-Cach56	814 045	9 158 559	2 132	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
Depósitos fluviales (Qh-fl)				
SUE-Cach57	813 880	9 159 538	2 129	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach58	813 809	9 159 547	2 130	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach59	813 878	9 159 583	2 128	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach60	813 805	9 159 586	2 130	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach61	813 854	9 159 618	2 128	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach62	813 818	9 159 633	2 133	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach63	813 804	9 159 643	2 135	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach64	813 859	9 159 670	2 132	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina
SUE-Cach65	813 779	9 159 657	2 132	Puntos ubicados en el área de nivel de fondo, caserío de Liclipampa Bajo, propiedad del Sr. Lázaro Marquina



9.5.2. Protocolos, equipos y técnicas de monitoreo

253. Los puntos de muestreo para nivel de fondo fueron establecidos siguiendo los lineamientos establecidos en las guías y protocolos citados en la Tabla 9-23.

Tabla 9-23. Guías y protocolos utilizados para establecer los puntos de muestreo de suelo

Componente ambiental	Guía o protocolo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Suelo	Guía para Muestreo de Suelos (Sección 1.3. Tipos de muestreo, sección 5. Determinación de puntos de muestreo y anexo N° 2 del documento)	Perú	Ministerio del Ambiente – Minam	R.M. N° 085-2014-MINAM.	2014

- 254. El muestreo se realizó siguiendo un patrón de rejillas regulares; este modelo puede variar de acuerdo con la pendiente, la presencia de afloramientos rocosos, el relieve del suelo (e.g. zonas escarpadas) u otro factor que pueda afectar el muestreo, en concordancia con la "Guía para Muestreo de Suelos", aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM.
- 255. Cada uno de los puntos de muestreo fue referenciado mediante el uso de un navegador terrestre de posicionamiento global y registrado con cámara fotográfica. Los equipos utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de suelo se muestran en la Tabla 9-24.

Tabla 9-24. Equipos utilizados para el monitoreo de calidad ambiental de suelo

EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIONES
GPS	GPS	Garmin	Oregón 650	30D046668
Cámara digital	Cámara digital	Canon	D30	3051001196
Barreno	Herramienta de fácil manipulación para coleccionar el suelo superficial hasta unos 20 cm.

- 256. Con respecto a la profundidad de muestreo, esta se realizó de 0 a 30 cm de profundidad. De esta manera, conforme a la guía en mención se determinó realizar un muestreo compuesto²⁷ cinco sub-muestras representativas para la conformación de una muestra.
- 257. En la selección de los parámetros para la determinación del nivel de fondo se tomó como referencia los lineamientos establecidos en la "Guía para el Muestreo de Suelos", el cual determina evaluar metales y metaloides. La Tabla 9-25 detalla la lista de los 35 metales y sus métodos de análisis empleados por el Laboratorio AGQ Perú S.A.C., así como los límites de cuantificación del laboratorio para cada parámetro.



Tabla 9-25. Métodos de análisis y rangos de los límites de determinación para metales totales del presente estudio

PARÁMETRO	METALES TOTALES		
	PNT	Técnica	Rango (mg/kg PS) *
Aluminio (Al) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,15 – 50 000
Antimonio (Sb) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0017 – 1 000
Arsénico (As) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,40 – 5 000
Bario (Ba) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,030 – 5 000
Berilio (Be) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,001 – 1 000
Bismuto (Bi) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,008 – 2 000
Boro (B) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,180 – 2 000
Cadmio (Cd)	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0007 – 1 000
Calcio (Ca) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	8 – 100 000
Cerio (Ce) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0005 – 1 000
Cobalto (Co) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,003 – 1 000
Cobre (Cu) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,03 – 10 000
Cromo (Cr) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,1 – 1 000
Estaño (Sn) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,01 – 2 000
Estroncio (Sr) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,004 – 2 000

²⁷ Para el muestreo de nivel de fondo, la Guía de Muestreo para Suelos propone que las muestras deben ser compuestas y recolectadas en un mínimo de tres áreas diferentes, pero con características similares al área de estudio. 11pp; 26pp.

PARÁMETRO	METALES TOTALES		
	PNT	Técnica	Rango (mg/kg PS) *
Fosforo (P) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,8 – 50 000
Hierro (Fe) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,006 – 100 000
Litio (Li) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,01 – 2 000
Magnesio (Mg) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,1 – 50 000
Manganeso (Mn) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	3 – 10 000
Mercurio (Hg) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,03 – 1 000
Molibdeno (Mo) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,003 – 1 000
Níquel (Ni) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,09 – 1 000
Plata (Ag) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,006 – 1 000
Plomo (Pb) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,006 – 5 000
Potasio (K) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	8 – 50 000
Selenio (Se) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,004 – 2 000
Sodio (Na) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	1 – 50 000
Talio (Tl) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0002 – 1 000
Titanio (Ti) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,06 – 2 000
Torio (Th) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0001 – 1 000
Uranio (U) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0002 – 1 000
Vanadio (Va) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,6 – 1 000
Wolframio (W) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,0017 – 2 000
Zinc (Zn) total	EPA 200.8	Espect ICP-MS	0,17 – 10 000

* El rango mínimo se corresponde con el Límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos

PNT: Procedimiento normalizado de trabajo / ND: No determinado

PS: Peso seco

Fuente: AGQ Perú S.A.C.

9.5.3. Estándares de comparación y análisis de datos

258. Los valores de nivel de fondo de suelos obtenidos, de manera referencial serán comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelos (en adelante, ECA para Suelos) de uso agrícola²⁸, para poder observar la diferencia entre los valores estándar y los valores de fondo encontrados en los suelos. Los estándares de estas normas se detallan en la Tabla 9-26.

Tabla 9-26. Estándares de comparación nacional e internacional en calidad de suelos

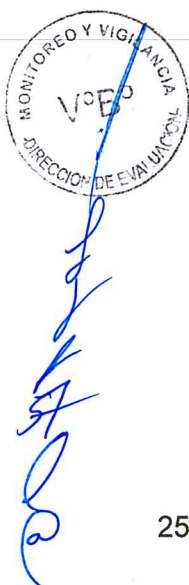
PARÁMETROS	Estándares de Calidad Ambiental para Suelos
	Suelo de uso agrícola (mg/kg MS)
Mercurio (Hg)	6,6
Arsénico (As)	50
Bario (Ba)	750
Cadmio (Cd)	1,4
Plomo (Pb)	70

259. Finalmente, la sistematización con la comparación normativa, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detallan en el Anexo F4.

9.6. Tejido vegetal en cultivos agrícolas

260. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo realizado para evaluar el contenido de metales totales en cultivos agrícolas

²⁸ Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.



(Frutos), consignándose la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos, técnicas de análisis, estándares de comparación.

9.6.1. Ubicación de los puntos de muestreo

- 261. El área de estudio comprende los caseríos de Chimín y Liclipampa Bajo del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.
- 262. En relación a la toma de muestras de frutos, los campos de cultivo escogidos fueron de acuerdo a los cuerpos de agua que son utilizados para su regadío. Estos puntos de colecta fueron los que se describen en la Tabla 9-27 y su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo G1 y el registro fotográfico se detalla en el Anexo G2.

Tabla 9-27. Puntos de muestreo de extracción de frutos en campos de cultivo

N°	PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DATUM WGS 84 ZONA 17M		ALTITUD (m s.n.m.)	UBICACIÓN	REFERENCIA
		ESTE	NORTE			
1	Fruto1	813 992	9 158 570	2 134	Caserío Liclipampa Bajo	Árbol de níspero ubicado en la, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo en el Caserío Liclipampa Bajo.
2	Fruto2	814 029	9 158 571	2 132	Caserío Liclipampa Bajo	Árbol de palto (variedad conocida como coco) ubicado en la, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo en el Caserío Liclipampa Bajo.
3	Fruto3	813 854	9 158 482	2 142	Caserío Liclipampa Bajo	Árbol de palto ubicado en la, propiedad del Sr. Teófilo Espinoza Vigo en el Caserío Liclipampa Bajo.
4	Fruto4	813 831	9 159 638	2 129	Caserío Liclipampa Bajo	Árbol de palto ubicado en la, propiedad del Sr. Lázaro Marquina en el Caserío Liclipampa Bajo.
5	Fruto5	813 819	9 159 570	2 127	Caserío Liclipampa Bajo	Árbol de palto ubicado en la, propiedad de la Sra. María Isabel Ponce en el Caserío Chimín.
6	Fruto6	811 522	9 167 096	2 074	Caserío Chimín	Árbol de palto ubicado en la, propiedad del Sr. Silvestre Gamboa Valeriano en el sector Lucmillita del Caserío Chimín.
7	Fruto7	809 891	9 166 062	2 096	Caserío Chimín	Árbol de palto ubicado en la, propiedad del Sr. Silvestre Gamboa Valeriano en el sector Lucmillita del Caserío Chimín.



9.6.2. Protocolos, equipos y técnicas de monitoreo

- 263. Para realizar el muestreo de tejido vegetal se tomó como referencia el Reglamento (CE) N° 333/2007 de 28 de marzo de 2007 (DOL 88 de 29.3.2007) sobre métodos de muestreo y análisis, de la comisión de la Comunidad Europea.

264. La muestra correspondió a una muestra elemental, tomada de cada parcela de cultivo evaluada; es decir, corresponde a un muestreo puntual, con el fin de establecer una fase exploratoria del mismo.
265. En este sentido, los equipos y materiales utilizados para la colecta de frutos se detallan en la Tabla 9-28.

Tabla 9-28. Características de los equipos accesorios y otros materiales utilizados en las estaciones de monitoreo de calidad de aire.

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	OBSERVACIÓN
GPS	GARMIN	MONTANA 680	4HU001973	-
Cámara	CANON	D30	62051001198	-

266. Los frutos fueron colectados del árbol al que pertenecen, recolectando aproximadamente 500 gr. por muestra, las mismas que fueron almacenadas con ice pack en un cooler; el método de referencia y la metodología utilizado por el laboratorio ALS Corplab S.A.C. se muestran en la Tabla 9-29.

Tabla 9-29. Métodos de ensayo utilizados por la medición de material particulado.

Parámetros	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio
Mercurio	CVAAS en tejido vegetal	--	ALS Corplab S.A.C.
Metales totales	ICP-MS en tejido vegetal	--	

9.6.3. Análisis de datos

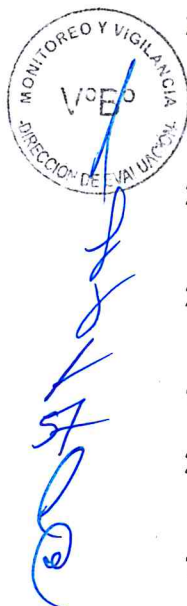
267. El Perú no presenta estándares nacionales de calidad ambiental para metales en tejidos vegetales, que establezcan los valores máximos permitidos de contaminantes en el entorno, por tal motivo, no se realizaron comparaciones con normas referenciales.
268. La información generada, servirá de conocimiento y referencia para posteriores trabajos de vigilancia ambiental.
269. Finalmente, la sistematización total, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detalla en el Anexo G3.

10. RESULTADOS Y ANÁLISIS

270. Los resultados y el análisis de los componentes agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, aire, suelo y tejido vegetal, son descritos a continuación.

10.1. Calidad de agua

271. Para realizar el análisis de resultados, los puntos de muestreo de calidad de agua superficial y de manantiales, se han dividido en cinco zonas de acuerdo a las ubicaciones de cada punto según se detalla en el ítem 6.1:
- a) **Zona I**, que corresponde a la microcuenca de la quebrada Shahuindo, donde se ubican cinco puntos de muestreo en quebradas (QCho1, QChu1, QChu2, QCho2, QSha1) y tres puntos en manantiales (FNat1, FNat2 y FNat3) y un punto de muestreo ubicado en una bocamina abandonada (Qs/n1).



- b) **Zona II**, que corresponde al centro poblado de Araqueda donde se ubican cuatro puntos de muestreo (QAra1, QLCol1, QAra2, QCol2).
- c) **Zona III**, que corresponde a la subcuenca del río Condebamba donde se ubican seis puntos de muestreo (RUru1, RCon1, QLan1, RChi2, RCon3, RCon2).
- d) **Zona IV**, que corresponde al centro poblado de Alagamarca donde se ubican tres puntos de muestreo (RCañ1, QCai1, RCañ2).
- e) **Zona V**, que corresponde a las microcuencas de las quebradas Los Merinos, Moyán, Higuerón donde se ubican nueve puntos de muestreo (QMoy1, QMoy2, QLMer1, QSau1, QEPac1, QHig1, QCHie1, QShi1, QShi2).

272. En esta sección se presentan los resultados y análisis de la zona evaluada. Los resultados completos de campo y laboratorio del componente agua se presentan en el Anexo B5.

10.1.1. Comparación con el ECA para agua según el IGA (2008)

255. En este subcapítulo, se muestra la comparación realizada de las concentraciones obtenidas de los parámetros analizados respecto al ECA para Agua (2008), con el cual fue aprobado los IGA de la U.M. Shahuindo.

256. En este sentido, sobre los resultados obtenidos en la ejecución del monitoreo, se realizará la comparación con los valores establecidos en el ECA para Agua, categoría 3 (2008) "Riego de vegetales y bebidas de animales", subcategorías D1 "Riego de vegetales de tallo bajo y alto" y D2, "Bebida de animales" (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

257. Respecto a los parámetros pH, oxígeno disuelto, aluminio, plomo y zinc total que excedieron los valores establecidos para la referida norma, el análisis se realizará en el subcapítulo 10.1.2., por presentar los mismos valores establecidos en el ECA para Agua (2017). La comparación para los puntos FNat1, FNat2 y FNat 3 (manantiales) serán referenciales.

258. A continuación, se graficarán los parámetros que superaron el ECA para Agua (2008), de acuerdo a las zonas establecidas en el ítem 6.1.

a. Conductividad eléctrica

259. En la Figura 10-1, se presentan los resultados de los valores de conductividad eléctrica que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2008) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

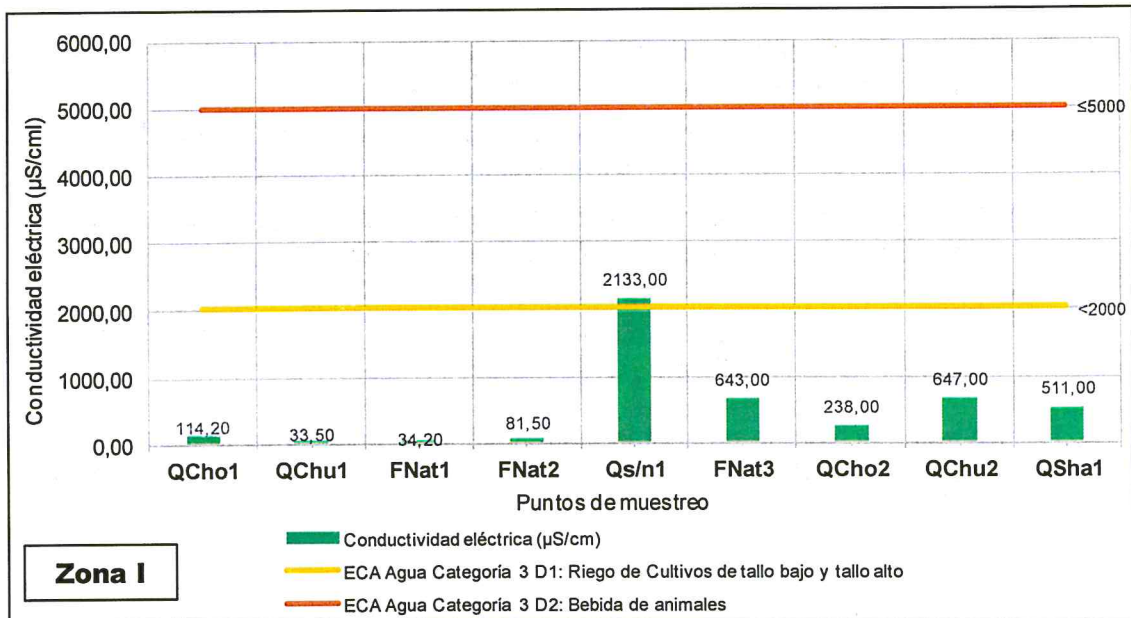


Figura 10-1. Valores de conductividad eléctrica en las zonas que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2008)

260. En la Figura 10-1, se presentan los resultados de los valores de conductividad eléctrica para la zona I que excedieron los valores del ECA para Agua, categoría 3 (2008).

- Zona I

261. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-1, los valores de conductividad eléctrica de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, FNat3, QChu2 y QSha1 variaron desde 33,5 a 647 µS/cm, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3 (2008). Por otra parte, en el punto Qs/n1 el valor encontrado fue de 2 133 µS/cm excediendo el valor establecido en el ECA para Agua, Cat3D1.

b. Cloruros

262. En la figura 10-2, se presentan los resultados de los valores de cloruros obtenidos en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

- Zona I

263. Como se puede apreciar en la Figura 10-2, las concentraciones de cloruros (mg/l) de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, Qs/n1, QCho2, FNat3, QChu2 y Qsha1 variaron desde 1,6 a 3,4 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QChu1 con 3,4 mg/l.

- Zona II

264. Como se puede apreciar en la Figura 10-2, las concentraciones de cloruros (mg/l) de los puntos QAra1, QAra2, QCol1 y QCol2 variaron desde 0,8 a 1,8 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QAra1 con 1,8 mg/l.



[Handwritten signature]

- Zona III

265. Como se puede apreciar en la Figura 10-2, las concentraciones de cloruros (mg/l) de los puntos RCon1, RUru1, QLan1, RCon2, RCon3 y RChi2 variaron desde 0,8 a 3,2 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto RCon3 con 3,2 mg/l.

- Zona IV

266. Como se puede apreciar en la Figura 10-2, las concentraciones de cloruros (mg/l) de los puntos RCañ1, QCai1 y RCañ2 variaron desde 0,4 a 10,3 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QCai1 con 10,3 mg/l.

- Zona V

267. Como se puede apreciar en la Figura 10-2, las concentraciones de cloruros (mg/l) de los puntos QMoy1, QMoy2, QLMer1, QSau1, QEPac1, QHig1, QCHie1, QShi1 y QShi2 variaron desde 1,6 a 11,7 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QHig1 con 11,7 mg/l.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

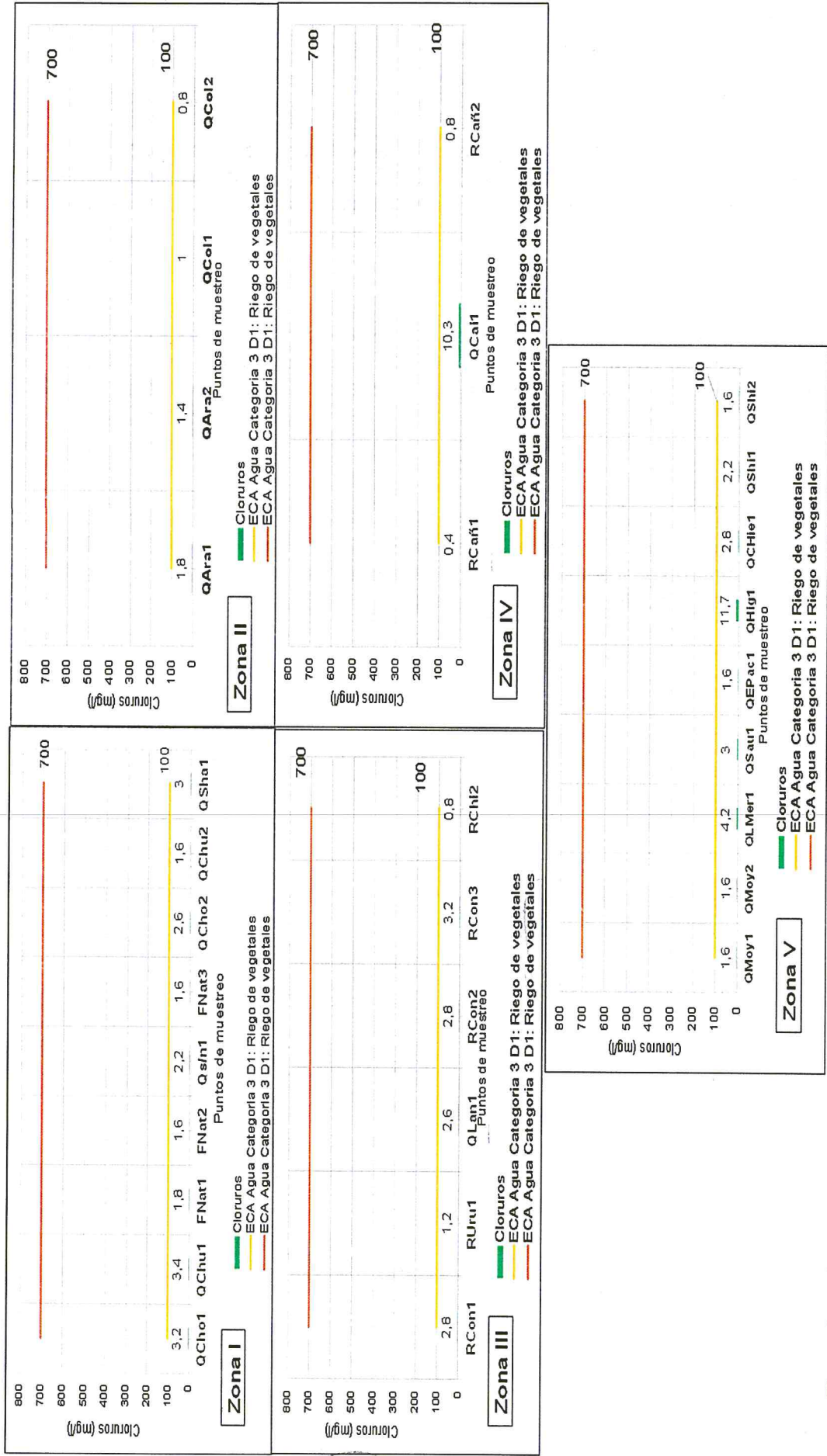


Figura 10-2. Concentraciones de cloruros en las zonas evaluadas



c. Sulfatos

268. En la Figura 10-3, se presentan los resultados de los valores de sulfatos que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

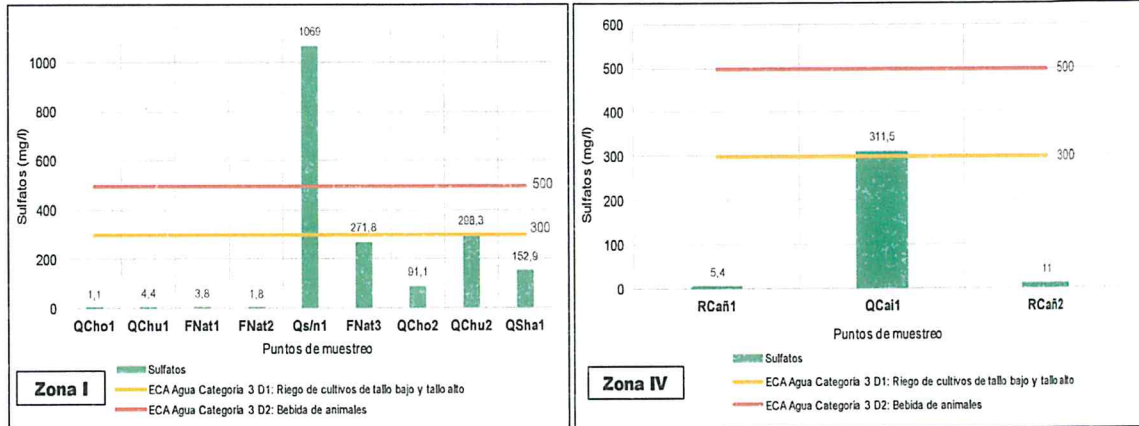


Figura 10-3. Concentraciones de sulfatos en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008)

- Zona I

269. Como se puede apreciar en la Figura 10-3, las concentraciones de sulfatos en los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, Fnat3, QCho2, QChu2 y Qsha1 variaron desde 1,1 a 298,3 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3 (2008). Por otra parte, en el punto Qs/n1, presentó una concentración de 1 069 mg/l excediendo el valor establecido en la Cat3D1 y Cat3D2.

- Zona IV

270. En la zona IV, como se puede observar en la Figura 10-3, las concentraciones de sulfatos en los puntos RCañ1 y RCañ2 son 5,4 y 11 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto QCañ1 la concentración fue de 311,5 mg/l superando el valor establecido en la norma de comparación para las Cat3D1 y Cat3D2.

d. Arsénico total

271. En la Figura 10-4, se presentan las concentraciones de arsénico total que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2008) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



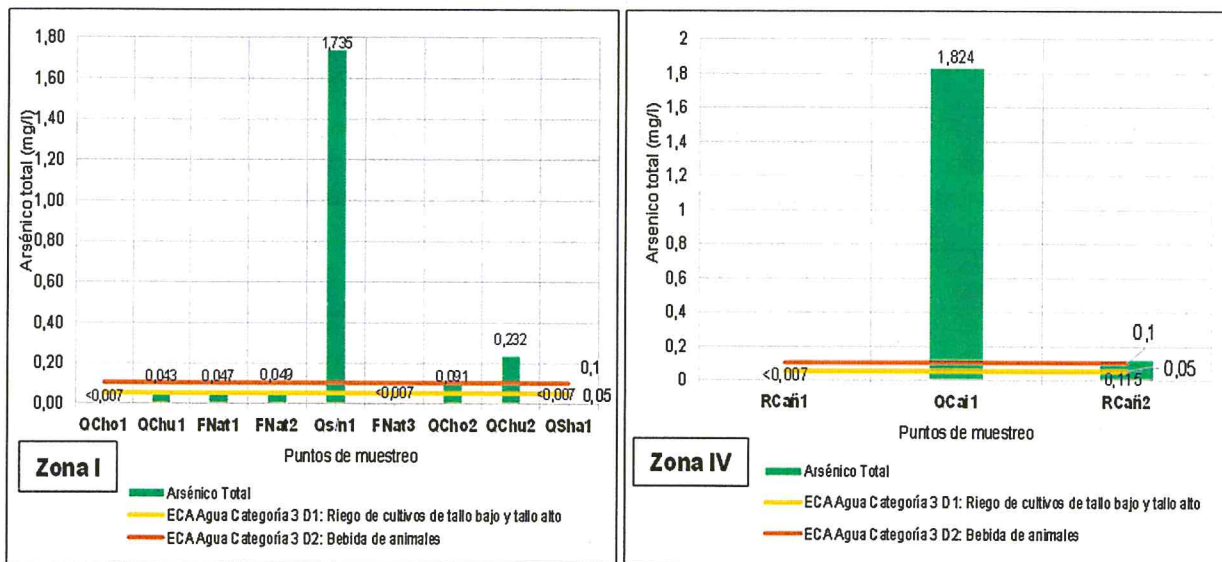


Figura 10-4. Concentraciones de arsénico total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008)

- Zona I

272. Como se puede apreciar en la Figura 10-4, las concentraciones de arsénico total en los puntos QCho1, QChu1, FNat1, FNat2, FNat3, QCho2 y QSha1 variaron desde <0,007 (límite de cuantificación del análisis) a 0,091 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, en los puntos Qs/n1 y QChu2, sus concentraciones fueron de 1,735 y 0,232 mg/l respectivamente, superando el primero con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2, mientras que este último solo excedió la Cat3D1.

- Zona IV

273. En la Figura 10-4, se aprecia que concentraciones de arsénico total en el punto RCañ1 fue de <0,007 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3, mientras que en el punto RCañ2 se encontró una concentración de 0,115 mg/l, superando lo establecido en la subcategoría D1 (riego de cultivos de tallo bajo y tallo alto) de la categoría 3 del ECA para Agua. Por otra parte, en el punto QCai1 la concentración encontrada fue de 1,284 mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua, categoría 3, para las dos subcategorías D1 (Riego de cultivos de tallo bajo y tallo alto) y D2 (Bebida de animales).

e. Boro total

274. En la Figura 10-5, se presentan los valores de boro total obtenidas en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

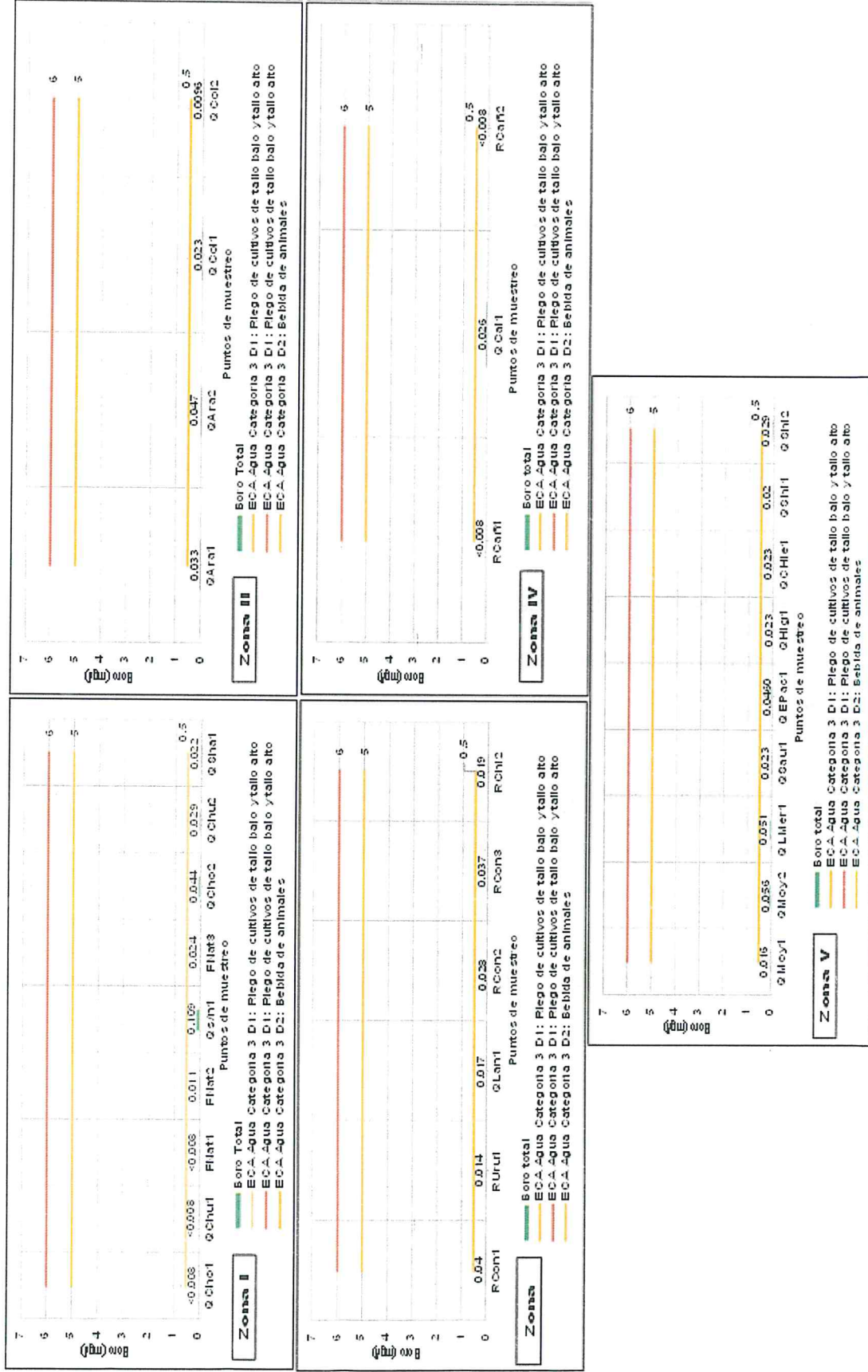


Figura 10-5. Concentraciones de boro total en las zonas evaluadas

- Zona I

275. Como se puede apreciar en la Figura 10-5, las concentraciones de boro (mg/l) de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, Qs/n1, Fnat3, QCho2, QChu2 y Qsha1 variaron desde <0,008 a 0,109 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto Qs/n1 con 0,109 mg/l.

- Zona II

276. Como se puede apreciar en la Figura 10-5, las concentraciones de boro (mg/l) de los puntos QAra1, QAra2, QCol1 y QCol2 variaron desde 0,0096 a 0,047 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QAra2 con 0,047 mg/l.

- Zona III

277. Se aprecia en la Figura 10-5, que las concentraciones de boro (mg/l) en los puntos RCon1, RUru1, QLan1, RCon2, RCon3 y RChi2 variaron desde 0,014 a 0,04 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto RCon1 con 0,04 mg/l.

- Zona IV

278. Se aprecia en la Figura 10-5, que las concentraciones de boro (mg/l) de los puntos RCañ1, QCai1 y RCañ2 variaron desde <0,008 a 0,026 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QCai1 con 0,026 mg/l.

- Zona V

279. Como se puede apreciar en la Figura 10-5, las concentraciones de boro (mg/l) de los puntos QMoy1, QMoy2, QLMer1, QSau1, QEPac1, QHig1, QCHie1, QShi1 y QShi2 variaron desde 0,016 a 0,056 mg/l, registrándose la mayor concentración para esta zona en el punto QMoy2 con 0,056 mg/l.

f. Cadmio total

280. En la Figura 10-6, se presentan los valores de cadmio total que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2008) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

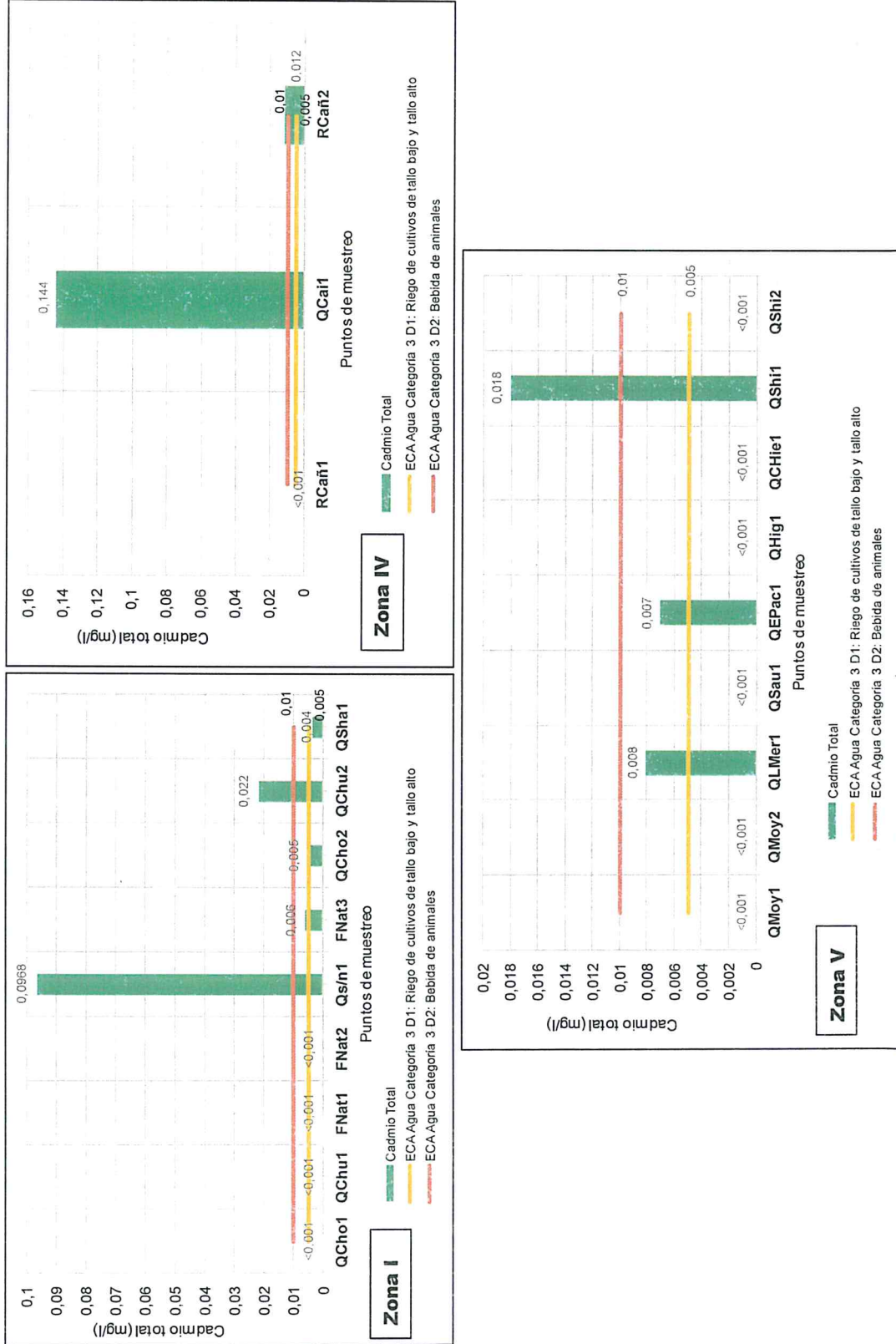


Figura 10-6. Concentraciones de cadmio total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoria 3 (2008)



- Zona I

281. Como se puede apreciar en la Figura 10-6, las concentraciones de cadmio total de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2 y QSha1 variaron desde $<0,001$ (límite de cuantificación del análisis) a $0,005$ mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, en los puntos Qs/n1 y QChu2, las concentraciones encontradas fueron de $0,0968$ y $0,022$ mg/l respectivamente, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2; mientras que el punto FNat3 superó referencialmente lo establecido en la Cat3D1.

- Zona IV

282. En la Figura 10-6, se aprecian que las concentraciones de cadmio total en el punto RCañ1 fue de $<0,001$ mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, los puntos QCai1 y RCañ3 presentaron concentraciones de $0,144$ y $0,012$ mg/l respectivamente; superando lo establecido en el ECA para Agua, Cat3D1 y Cat3D2.

283. El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de $<0,001$ mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró una concentración de $0,012$ mg/l; es preciso indicar que este ligero incremento en el tramo evaluado podría ser debido a la concentración encontrada en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

- Zona V

284. Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Figura 10-6, las concentraciones de cadmio total en los puntos QMoy1, QMoy2, QSau1, QHig1, QChie1 y QShi2, fueron $<0,001$ (límite de cuantificación del análisis), para todos los puntos referidos; encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, los puntos QLMer1 y QEPac1 presentaron concentraciones de $0,008$ y $0,007$ mg/l respectivamente, superando el valor establecido en la Cat3D1 del ECA para Agua. Por otra parte el punto QShi1 presentó una concentración de $0,018$ mg/l excediendo las Cat3D1 y Cat3D2.

g. Hierro total

285. En la Figura 10-7, se presentan las concentraciones de hierro total que excedieron el ECA para Agua, categoría 3 (2008) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

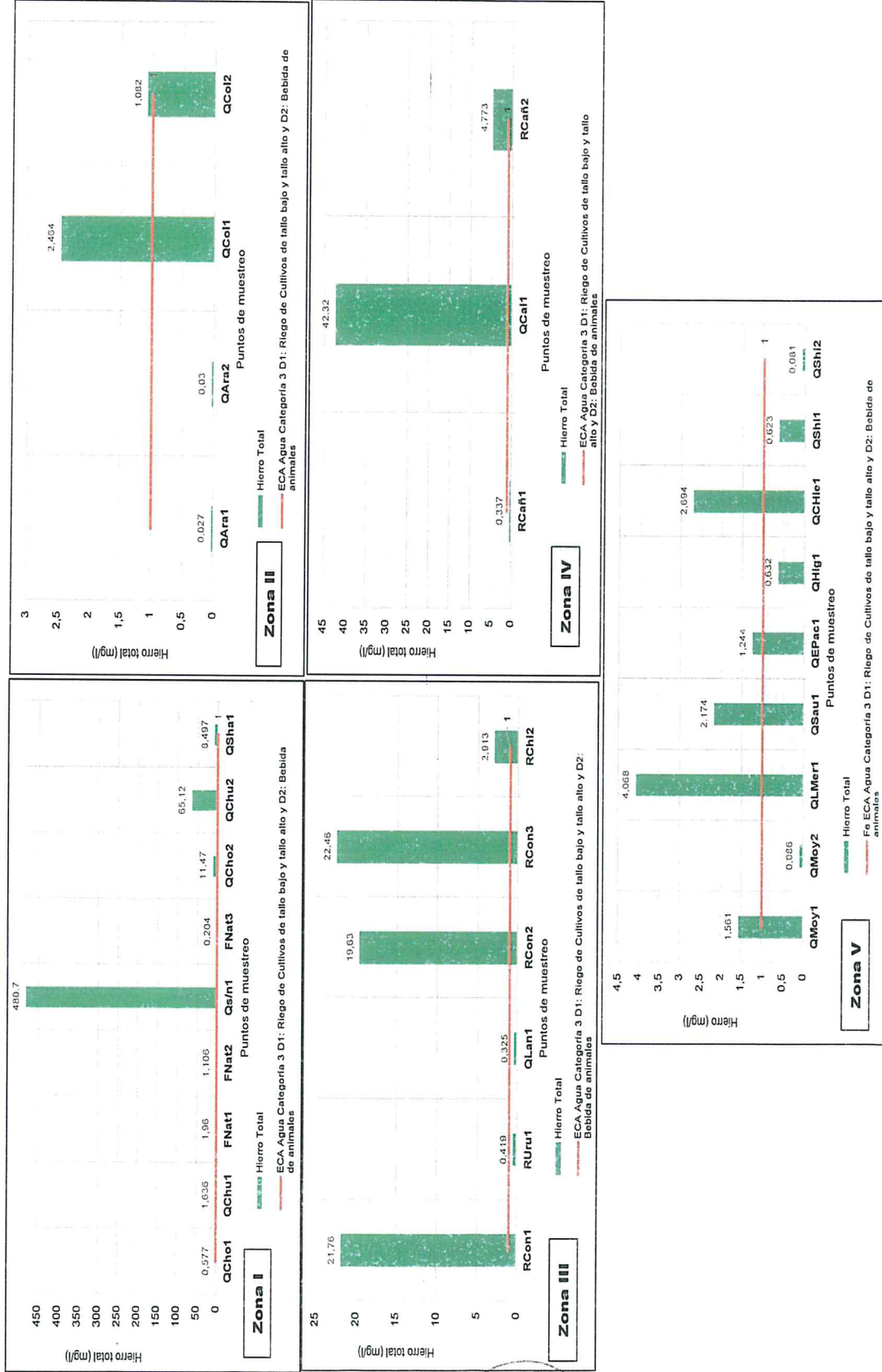


Figura 10-7. Concentraciones de hierro total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2008)

MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN
 OEFA
 [Firma manuscrita]

- Zona I

286. Como se puede apreciar en la Figura 10-7, las concentraciones de hierro total en los puntos QCho1 y FNat3 fueron de 0,5777 y 0,204 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, los puntos FNat2, QChu1, FNat1, QSha1, QChu2 y Qs/n1, presentaron concentraciones de 1,106; 1,636; 1,96; 8,4597; 65,12 y 480,7 mg/l respectivamente, superando el valor establecido en la Cat3D1 del ECA para Agua.

- Zona II

287. Como se puede apreciar en la Figura 10-7, las concentraciones de hierro (mg/l) de los puntos QARA1 y QARA2, fueron de 0,027 a 0,03 mg/l, encontrándose dentro del valor establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, se registraron en los puntos QCol2 y QCol1 concentraciones de 1,082 y 2,464 mg/l respectivamente superando los valores establecidos en las Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para Agua.

- Zona III

288. Respecto a esta zona en la Figura 10-7, se aprecian que los valores de hierro total en los puntos RUru1 y QLan1 fueron 0,419 y 0,325 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, en los puntos RChi2, RCon1, RCon2 y RCon3 los valores encontrados fueron de 2,913; 21,76; 19,63 y 22,46 mg/l respectivamente, superando los valores establecidos en las Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para Agua.

- Zona IV

289. En la Figura 10-7, se aprecia que la concentración de hierro total en el punto RCañ1 fue de 0,337 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, en los puntos QCai1 y RCañ2 las concentraciones fueron 42,32 y 4,773 mg/l respectivamente; superando los valores establecidos en las Cat3D1 y Cat3D2.

- Zona V

290. Como se puede apreciar en la Figura 10-7, las concentraciones de hierro (mg/l) en los puntos QMoy2, QHig1, QShi1 y QShi2 variaron desde 0,081 a 0,632 mg/l, no superando el valor establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, los puntos QEPac1, QMoy1, QSau1, QCHie1 y QLMer1 presentaron concentraciones de 1,244; 1,561; 2,174; 2,684 y 4,068 mg/l respectivamente superando los valores establecidos en las Cat3D1 y Cat3D2.

h. Níquel total

291. En la Figura 10-8, se presentan las concentraciones de níquel total que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2008) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



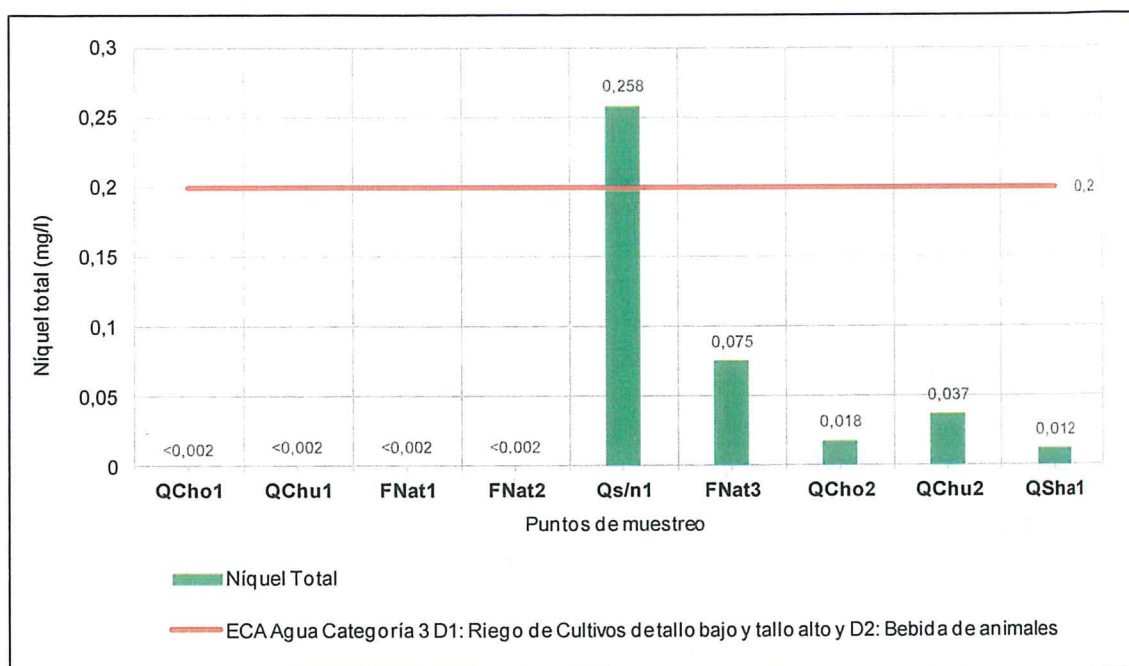


Figura 10-8. Concentraciones de níquel total en la zona que excedieron los valores establecidos en la categoría 3 del ECA para Agua categoría 3 (2008)

- Zona I

292. Como se puede apreciar en la Figura 10-8, las concentraciones de níquel total en los puntos QCho1, QCho2, FNat1, FNat2, FNat3, QChu1, QChu2, y QSha1 variaron desde <0,002 (límite de cuantificación del análisis) a 0,075 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, el punto Qs/n1 presentó una concentración de 0,258 mg/l, superando el valor establecido en el ECA para Agua en las Cat3D1 y Cat3D2.

10.1.2. Comparación con el ECA para agua vigente (2017)

293. En esta sección del informe se muestran los parámetros correspondientes a la evaluación en el agua superficial y manantiales que excedieron los valores establecidos en los ECA para agua, la Categoría 3, Subcategorías D1 "Riego de vegetales" (para riego restringido y no restringido) y D2, "Bebida de animales" (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).

294. Los resultados obtenidos que corresponden a manantiales (FNat1, FNat2 y FNat3) se comparan de manera referencial con el estándar nacional.

295. Asimismo, se muestran las gráficas los parámetros que superaron el ECA para Agua (2017), de acuerdo a las zonas determinadas anteriormente (ítem 6.1).

a. pH

296. En la Figura 10-9, se presentan los resultados de los valores de pH que excedieron los ECA para Agua Categoría 3 en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

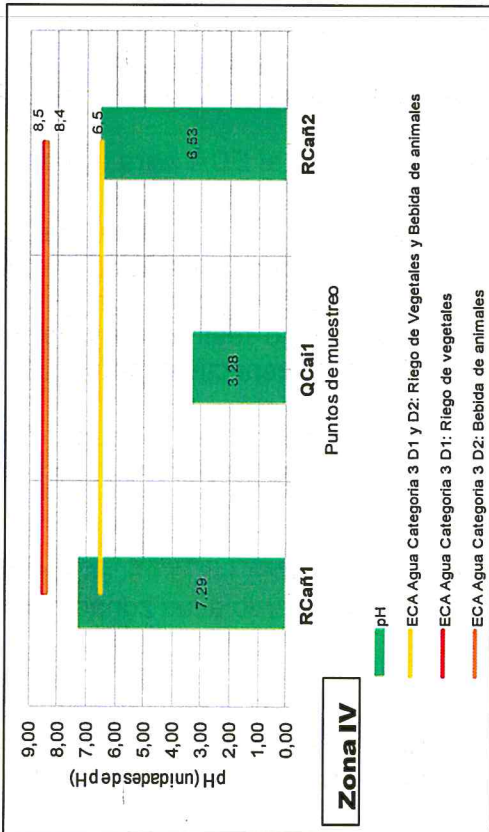
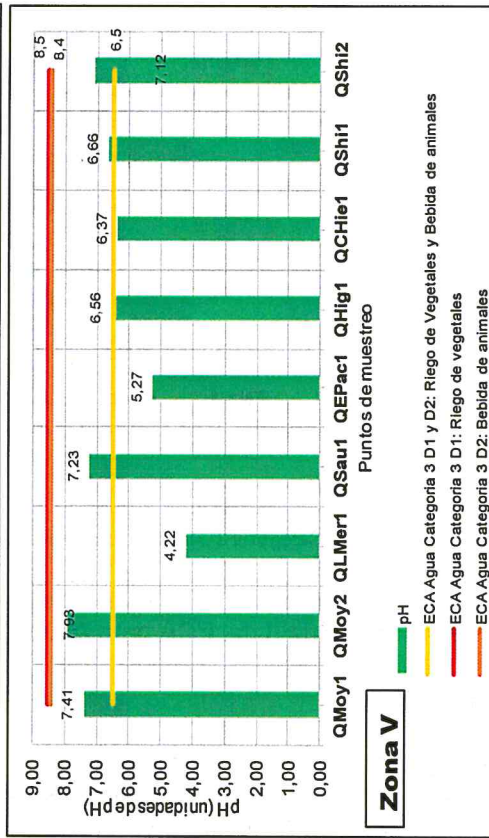
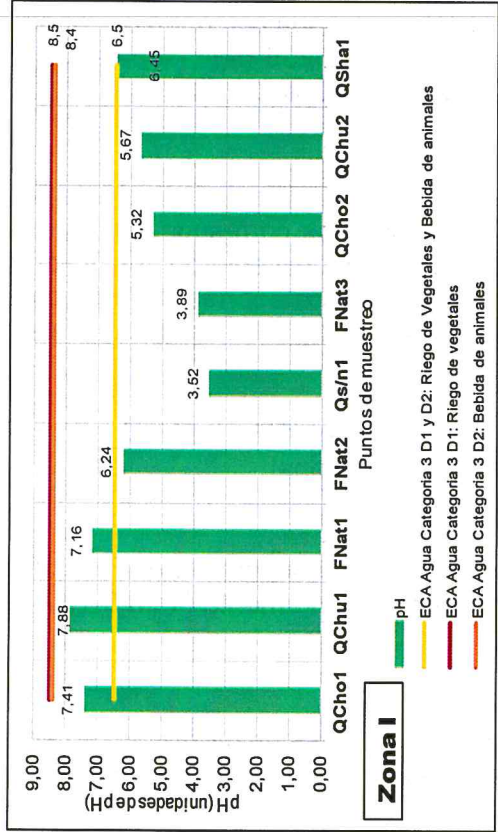
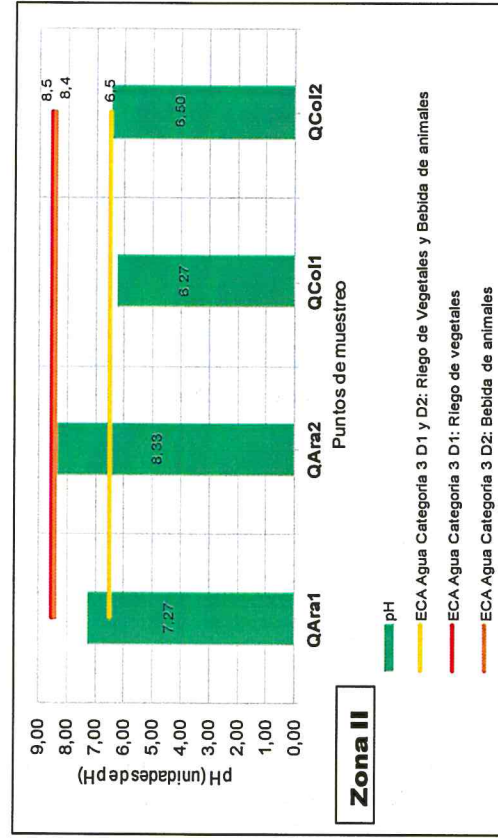


Figura 10-9. Valores de pH en las zonas que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2017)



Handwritten signature

- Zona I

297. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-9, los valores de pH de los puntos QCho1, QChu1 (ubicados en la cabecera de las quebradas Choloque y Chupaya) y FNat1 (manantial ubicado en el caserío de San José), variaron de 7,16 a 7,88, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
298. Por otra parte, en los puntos FNat2, Qs/n1, QCho2, FNat3, QChu2 y QSha1 los valores encontrados de desde 3,52 a 6,45 presentaron características ácidas, encontrándose fuera del rango establecido en la norma de comparación. Cabe mencionar, que los puntos FNat1, FNat2 y FNat3 corresponden a manantiales que fueron comparados de manera referencial con el estándar nacional.
299. Es importante señalar, que los flujos de agua de los puntos FNat2 (manantial ubicado en el caserío de San José) y Qs/n1 (proveniente de una bocamina abandonada), descargan a la quebrada Chupaya, contribuyendo a la disminución del valor de pH, que se refleja en el valor de 5,67 encontrado en el punto QChu2 (aguas abajo de las descargas ya mencionadas), el que esta fuera de lo establecido en el ECA para Agua correspondiente.
300. Con respecto a los flujos de agua del punto FNat3 (manantial ubicado en el caserío de Shahuindo de Araqueda con 3,89 de pH) descarga sus aguas en la quebrada Choloque, por lo que dichas aguas (FNat3), podrían tener una influencia contribuyendo a la disminución del valor del pH, ya que se evidenció después del aporte de las mismas, un descenso del valor de pH de 7,41 (punto QCho1, aguas arriba de la zona de operaciones) a 5,32 (punto QCho2, aguas abajo de la zona de operaciones).
301. El punto Qsha1 (quebrada Shahuindo), formado de la confluencia de las dos quebradas (Chupaya y Choloque), presenta características ligeramente acidas con un valor de pH de 6,45 el cual se encuentra fuera del rango establecido en el ECA para Agua categoría 3.
302. En resumen, el agua del manantial FNat2 y la descarga de la bocamina abandonada (ex mina Azules), tienen influencia sobre la quebrada Chupaya; porque se puede evidenciar, después del aporte de las mismas, un descenso del valor de pH; es decir, de 7,88 (punto QChu1, aguas arriba del caserío de San José) a 5,67 (punto QChu2, quebrada Chupaya, luego del aporte de las descargas mencionadas).

- Zona II

303. En la zona II, como se puede observar en la Figura 10-9, los valores de pH de los puntos QAra1, QAra2 y QCol2 variaron desde 6,50 a 8,33 unidades de pH, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3 (2017).
304. Por otra parte, en el punto QCol1 el valor encontrado fue de 6,27 encontrándose fuera de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.



305. El punto QARA1 (aguas arriba del centro poblado Araqueda) presentó un valor de pH de 7,27, mientras que en el punto situado aguas abajo del CC.PP. Araqueda (QARA2), se encontró en 8,33; existiendo un incremento notable de 1,06 unidades de pH después de la mencionada zona urbana, pudiendo influenciar en el aumento del mismo; sin embargo, estos valores registrados en los puntos ya referidos cumplieron con los establecido en el ECA para Agua, Cat3D1 y Cat3D2.
306. El tramo evaluado de la Quebrada La Colpa (antes de la confluencia con la Qda. Araqueda) presentó concentraciones ligeramente acidas variando desde 6,27 a 6,50 en los puntos QCOL1 y QCOL2 respectivamente.

- Zona IV

307. En la zona IV, como se puede observar en la Figura 10-9, los valores de pH de los puntos RCAÑ1 y RCAÑ2 variaron desde 6,53 a 7,29 unidades de pH, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto QCai1 el valor encontrado fue de 3,28 que se encuentra fuera del rango establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
308. El punto ubicado en la quebrada Caipuro (Qcai1) presentó características ácidas, siendo el valor de pH 3,28 mg/l; las mismas que descargan sus aguas en río Cañaris; indicando que estas podrían tener una influencia en el descenso de los valores de pH en el punto Rcañ2, con 6,5 mg/l (ubicado aguas abajo del punto QCai1) en comparación del punto Rcañ1 con 7,29 (situado aguas arriba de referido punto).

- Zona V

309. Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Figura 10-9, los valores de pH de los puntos QMoy1, QMoy2, QSau1, QHig1, QShi1 y QShi2, variaron desde 6,56 a 7,93; encontrándose dentro del rango establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos QLMer1, QEPac1 y QCHie1 presentaron valores de 4,22; 5,27 y 6,37 respectivamente encontrándose fuera del rango establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

310. En el punto QCHie1 (quebrada Contrahierba), presentó un valor de 6,37; este punto se encuentra aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; la misma que podría influenciar en dicho valor de pH.

311. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (QLMer1) presentó el valor de pH más bajo con 4,22; seguidamente la quebrada Sauce es un afluente de la misma, y esta presentó valor de 7,23 en el punto QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente a la confluencia de estas dos quebradas en mención se forma la Quebrada El Pacae (QEPac1) que presentó un valor de pH de 5,27. Por último el discurrir de la quebrada Sauce posiblemente influye en el aumento del valor de pH en el punto QEPac1; volviéndola menos acida de cómo se evidenció en el punto de muestreo ubicado en la quebrada Los Merinos.

312. Con respecto a los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Shingomate QShi1 y QShi2 presentaron valores de 6,66 y 7,12 unidades de pH respectivamente; este tramo evaluado comprende el caserío Siguis, pudiendo posiblemente influenciar en el aumento a concentraciones más básicas.



313. Por último, a los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Moyán QMoy1 y QMoy2 presentaron valores de 7,41 y 7,93 unidades de pH respectivamente; este tramo evaluado comprende los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto, pudiendo posiblemente influenciar en el aumento de 0,52 a concentraciones más básicas.

b. Oxígeno disuelto

- Zona I

314. En la Figura 10-10, se presentan los resultados de los valores de oxígeno disuelto que superaron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

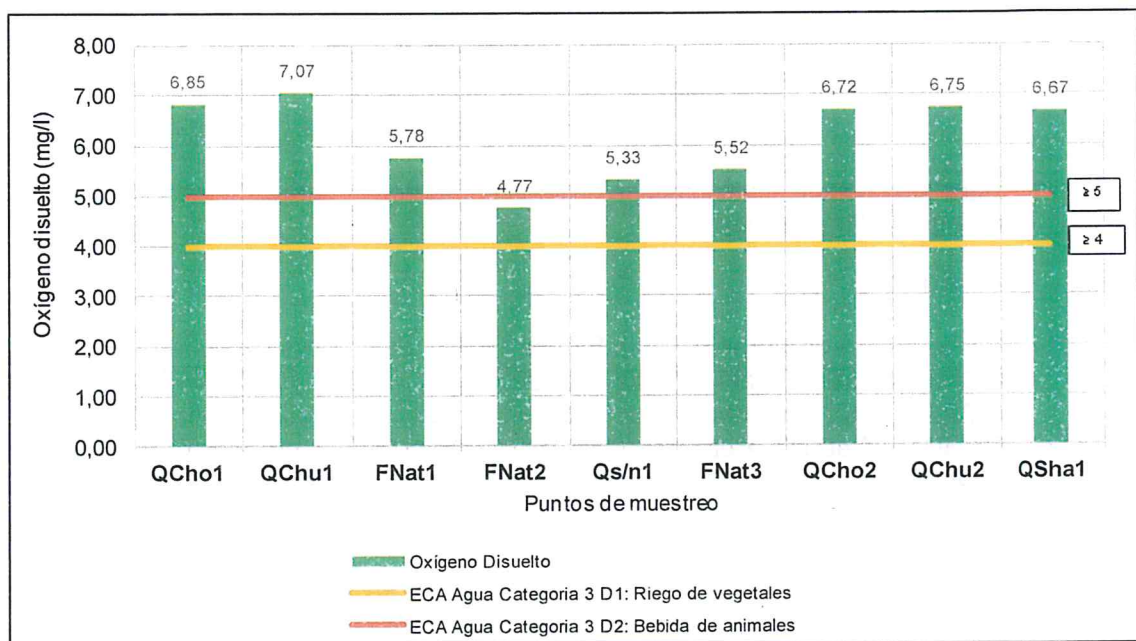


Figura 10-10. Concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de los valores ECA para Agua categoría 3 (2017)

315. Como se puede apreciar en la Figura 10-10, los valores de oxígeno disuelto de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, Qs/n1, QCho2, Fnat3, QChu2 y Qsha1 variaron desde 5,33 a 7,07 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto FNat2, presentó un valor de 4,77 mg/l superando el valor establecido en la Cat3D1 (≥ 4 mg/l), sin embargo, se encuentra por debajo de lo establecido para la Cat3D2 (≥ 5 mg/l). En el caso del agua superficial, el oxígeno disuelto procede de la atmosfera, con la que tiende a estar en equilibrio. La actividad fotosintética y respiratoria de los organismos pueden hacer variar las concentraciones de oxígeno en el agua (Toro *et al.*, 2009).

c. Sulfatos

316. En la Figura 10-11, se presentan los resultados de las concentraciones de sulfatos, que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



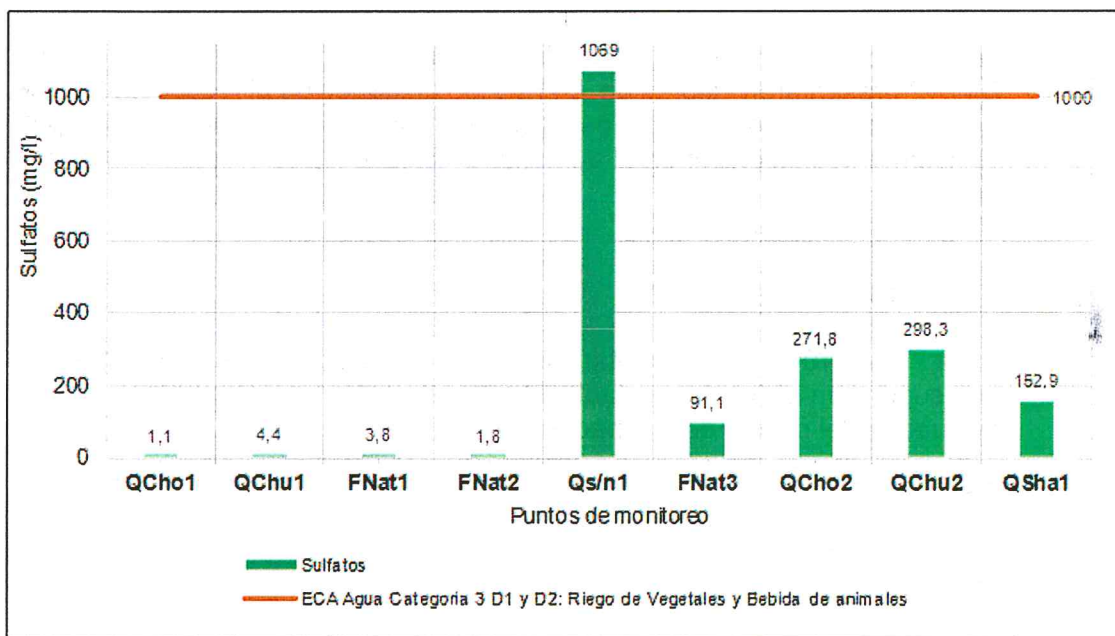


Figura 10-11. Concentraciones de sulfatos en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

- Zona I

317. Como se puede apreciar en la Figura 10-11, los valores de sulfatos de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, Fnat3, QChu2 y Qsha1 variaron desde 1,1 a 298,3 mg/l, encontrándose por debajo de lo establecido en ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto Qs/n1, presentó un valor de 1 069 mg/l superando el valor establecido ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.



318. Es importante señalar, que los flujos de agua del punto Qs/n1 (proveniente de una bocamina abandonada), descargan a la quebrada Chupaya, contribuyendo al aumento de valor de sulfatos, que se refleja en el valor de 298,3mg/l encontrado en el punto QChu2 (aguas abajo del punto Qs/n1), a comparación del punto QCho1 (aguas arriba del punto Qs/n1) que presentó un valor de 1,1 mg/l.

d. Aluminio total

319. En la Figura 10-12, se presentan los resultados de las concentraciones de aluminio que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), total en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

Handwritten signature in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

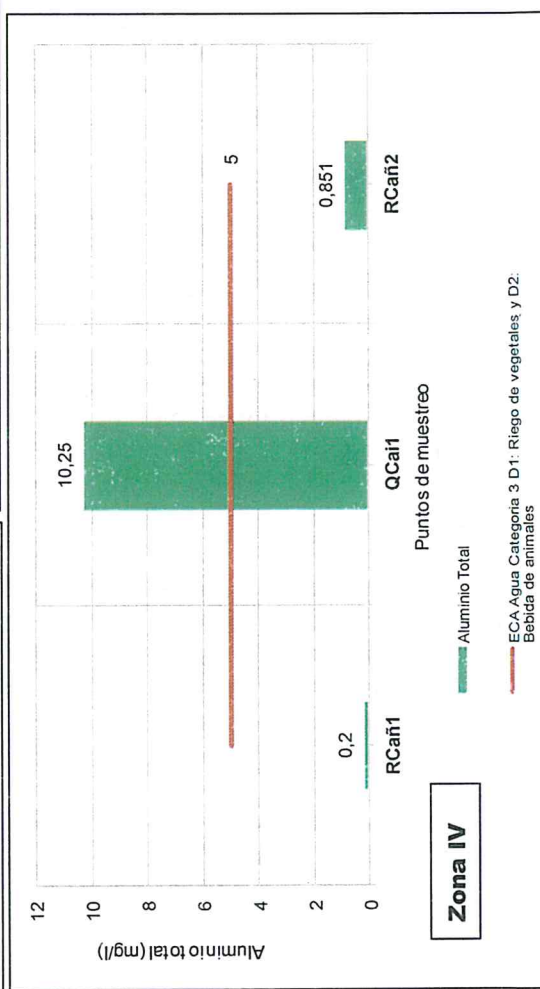
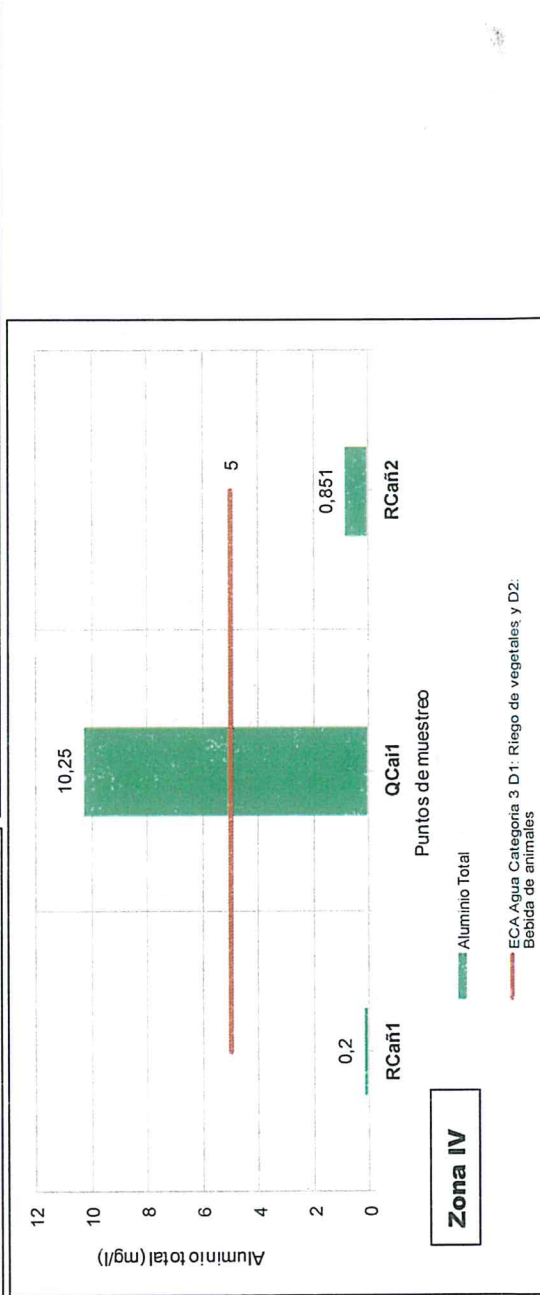
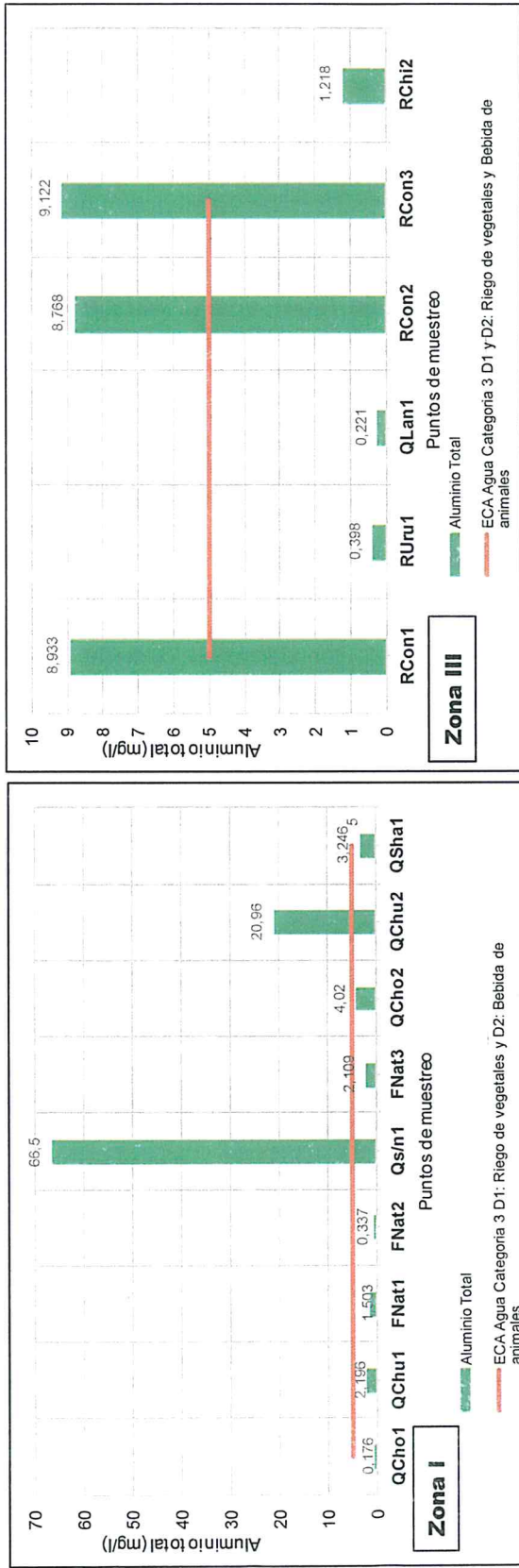


Figura 10-12. Concentraciones de aluminio total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

Stamp: COM. ORD. Y VIGILANCIA. Signature: [Handwritten signature]

- Zona I

320. Como se puede observar en la Figura 10-12, las concentraciones de aluminio total en los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, FNat3 y QSha1 variaron desde 0,176 a 4,02 mg/l, encontrándose por debajo de lo establecido en ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos Qs/n1 y QChu2 las concentraciones encontradas fueron de 66,4 mg/l y 20,96 mg/l respectivamente, superando con lo establecido en la norma de comparación para Cat3D1 y Cat3D2.
321. El flujo proveniente de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) presentó el valor más elevado de aluminio total (66,5 mg/l); la misma que descarga sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían tener una influencia en el incremento de las concentraciones de aluminio en el punto QChu2, con 20,96 mg/l (ubicado aguas abajo de Qs/n1) en comparación del punto QCho1 con 0,176 mg/l (situado aguas arriba).
322. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó una concentración de 0,176 mg/l para aluminio total; mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) se encontró una concentración de 4,02 mg/l; es preciso indicar que la queda Choloque recorre la zona uso minero de la U.M. Shahuindo; sin embargo, ninguno de estas concentraciones excedió con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por último, el valor de 3,246 mg/l de aluminio total en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas antes mencionadas.

- Zona III

323. Respecto a esta zona en la Figura 10-12, se aprecian que las concentraciones de aluminio total en los puntos RUru1, QLan1 y RChi2 variaron desde 0,221 a 1,218 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 las concentraciones encontradas fueron de 8,933; 8,768 y 9,122 mg/l respectivamente, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
324. El tramo evaluado del río Condebamba, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 presentaron los valores más elevados para aluminio total, es preciso indicar que el río presentó una coloración marrón oscura, además de fuertes vientos en la extensión evaluada.

- Zona IV

325. En la Figura 10-12, se aprecian que las concentraciones de aluminio total en los puntos RCañ1 y RCañ2 variaron desde 0,2 a 0,851 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto QCai1 la concentración encontrada fue de 10,25 mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
326. El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de 0,2 mg/l para aluminio total; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró una concentración de 0,851 mg/l; es preciso indicar que este ligero incremento en el tramo evaluado podría



estar influenciado por los valores elevados de aluminio total encontrados en el punto QCai1. Por último, el punto QCai1 podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

e. Arsénico total

327. En la Figura 10-13, se presentan las concentraciones de arsénico total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

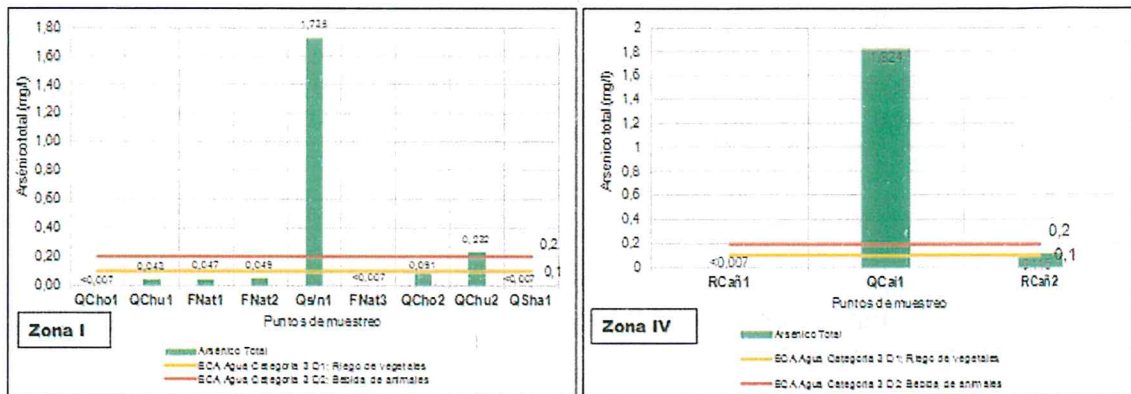


Figura 10-13. Concentraciones de arsénico total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

- Zona I

328. Como se puede apreciar en la Figura 10-13, las concentraciones de arsénico total de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, FNat3 y QSha1 variaron desde <0,007 (límite de cuantificación del análisis) a 0,091 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, las concentraciones de arsénico en los puntos Qs/n1 y QChu2 con 1,735 y 0,232 mg/l respectivamente, superaron con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

329. El flujo proveniente de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) presentó la concentración más elevada de arsénico total siendo 1,735 mg/l; la misma que descarga sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían tener una influencia en el incremento de las concentraciones de arsénico en el punto QChu2, con 0,232 mg/l (ubicado aguas abajo de los puntos FNat1, FNat2 y Qs/n1); en comparación al punto QChu1 con 0,043 mg/l (Qda. Chupaya, situado aguas arriba de los referidos puntos).

330. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó una concentración de <0,007 mg/l (límite de cuantificación del análisis); mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) se encontró una concentración de 0,091 mg/l; es preciso indicar que la queda Choloque recorre la zona de operación de la U.M. Shahuindo, siendo posiblemente influenciada por la misma; sin embargo, ninguno de estas concentraciones excedió con lo establecido en el ECA para Agua. Por último, la concentración de <0,007 mg/l en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas ya mencionadas líneas arriba (Chupaya y Choloque).



[Handwritten signature]

- Zona IV

331. En la Figura 10-13, se aprecian que las concentraciones de arsénico total en el punto RCañ1 fue de $<0,007$ mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2; mientras que en el punto RCañ2 se encontró un valor de $0,115$ mg/l, superando la concentración del ECA para Agua Cat3D1. Por otra parte, en el punto QCai1 el valor encontrado fue de $1,824$ mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
332. El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de $<0,007$ mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró una concentración de $0,115$ mg/l; es preciso indicar que este ligero incremento en el tramo evaluado podría ser debido a los valores elevados encontrados en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

f. Cadmio total

333. En la Figura 10-14, se presentan los valores de cadmio total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature in blue ink]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

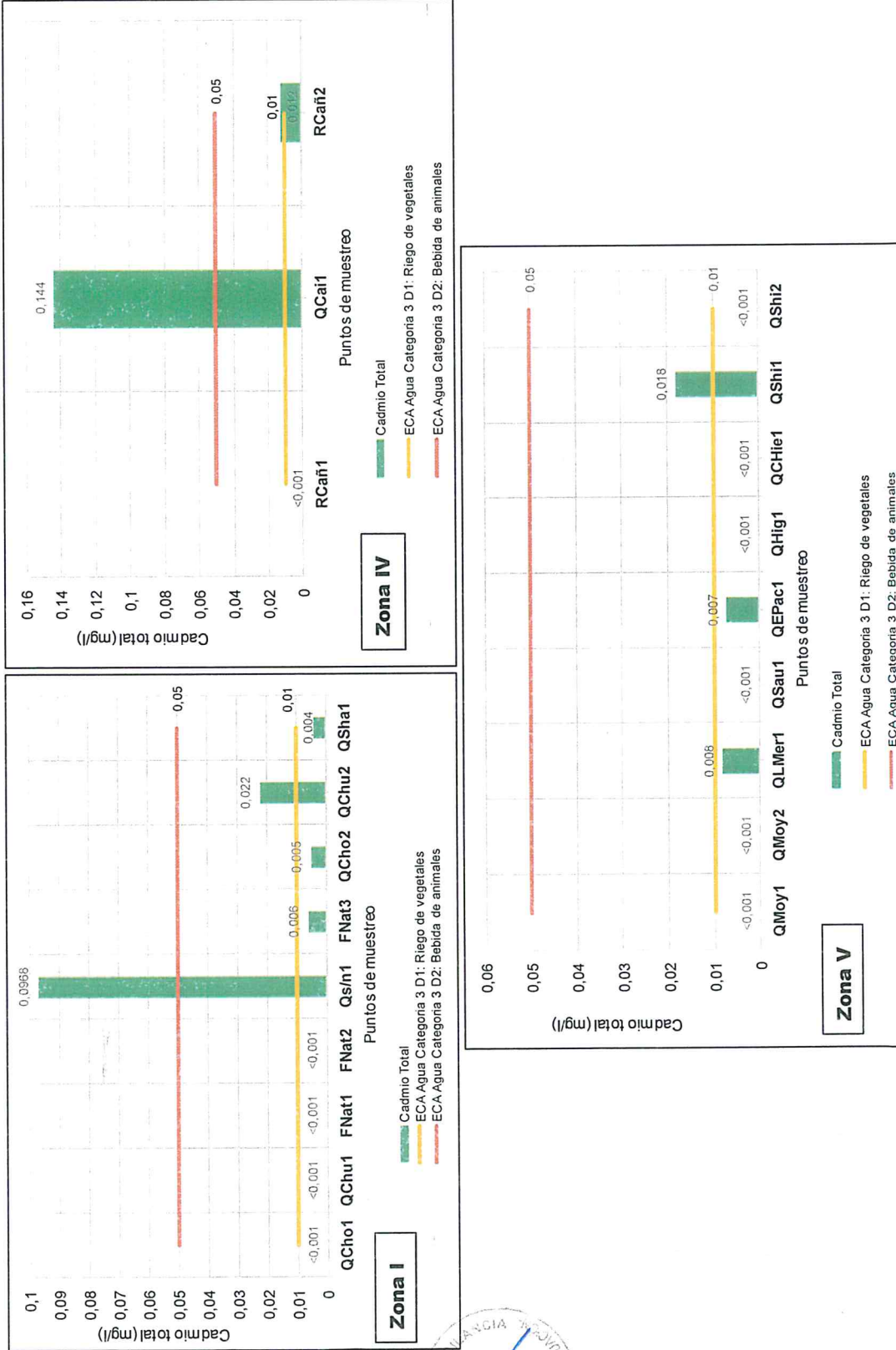


Figura 10-14. Concentraciones de cadmio total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

- Zona I

334. Como se puede apreciar en la Figura 10-14, las concentraciones de cadmio total de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, FNat3 y QSha1 variaron desde $<0,001$ (límite de cuantificación del análisis) a $0,006$ mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos Qs/n1 y QChu2, sus valores encontrados fueron de $0,0968$ y $0,022$ mg/l respectivamente, superando el punto Qs/n1 con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2; mientras que el punto QChu2 supera lo establecido en la Cat3D1.
335. La escorrentía proveniente de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) presentó mayor concentración de cadmio total siendo $0,0968$ mg/l; las misma que descarga sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían tener una influencia en el incremento de los valores de cadmio en el punto QChu2, con $0,022$ mg/l (ubicado aguas abajo de los puntos FNat1, FNat2 y Qs/n1); en comparación al punto QChu1 con $<0,001$ mg/l (Qda. Chupaya, situado aguas arriba de los referidos puntos).
336. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó una concentración de $<0,007$ mg/l (límite de cuantificación del análisis); mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) se encontró una concentración de $0,005$ mg/l; es preciso indicar que la queda Choloque recorre la zona de operación de la U.M. Shahuindo, siendo posiblemente influenciada por la misma; sin embargo, ninguno de estos valores excedió lo establecido en el ECA para Agua. Por último, el valor de $0,004$ mg/l en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas ya mencionadas líneas arriba (Chupaya y Choloque).

- Zona IV

337. En la Figura 10-14, se aprecian que las concentraciones de cadmio total en el punto RCañ1 fue de $<0,001$ mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2; mientras que en el punto RCañ2 presentó una concentración de $0,012$ mg/l, superando solo lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1. Por otra parte, en el punto QCai1 la concentración fue de $0,144$ mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
338. El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de $<0,001$ mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró un valor de $0,012$ mg/l; es preciso indicar que este ligero incremento en el tramo evaluado podría ser debido a los valores elevados encontrados en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

- Zona V

339. Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Figura 10-14, las concentraciones de cadmio de los puntos QMoy1, QMoy2, QLMer1, QSau1, QEPac1, QHig1, QCHie1 y QShi2, variaron desde $<0,001$ a $0,008$ mg/l; encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Por otra parte, el punto QShi1 presentó un valor de 0,018 mg/l superando los valores establecidos en el ECA para Agua Cat3D1.

340. El punto QCHie1 (quebrada Contrahierba) y el punto QHig1 (quebrada Higuerón), presentaron una concentración de <0,001 mg/l respectivamente; estos puntos se encuentran aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.
341. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (QLMer1) presentó una concentración de 0,008 mg/l, seguidamente la quebrada Sauce, la cual es un afluente de la misma, presentó una concentración de <0,001 mg/l en el punto QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente a la confluencia de estas dos quebradas en mención se forma la quebrada El Pacae (QEPac1) que presentó un valor de pH de 0,007 mg/l.
342. Con respecto a los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Shingomate QShi1 y QShi2 presentaron concentraciones de 0,018 y <0,001 mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende el caserío Siguis.
343. Por último, los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Moyán QMoy1 y QMoy2 presentaron concentraciones de <0,001 mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto.

g. Cobalto total

344. En la Figura 10-15, se presentan las concentraciones de cobalto total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

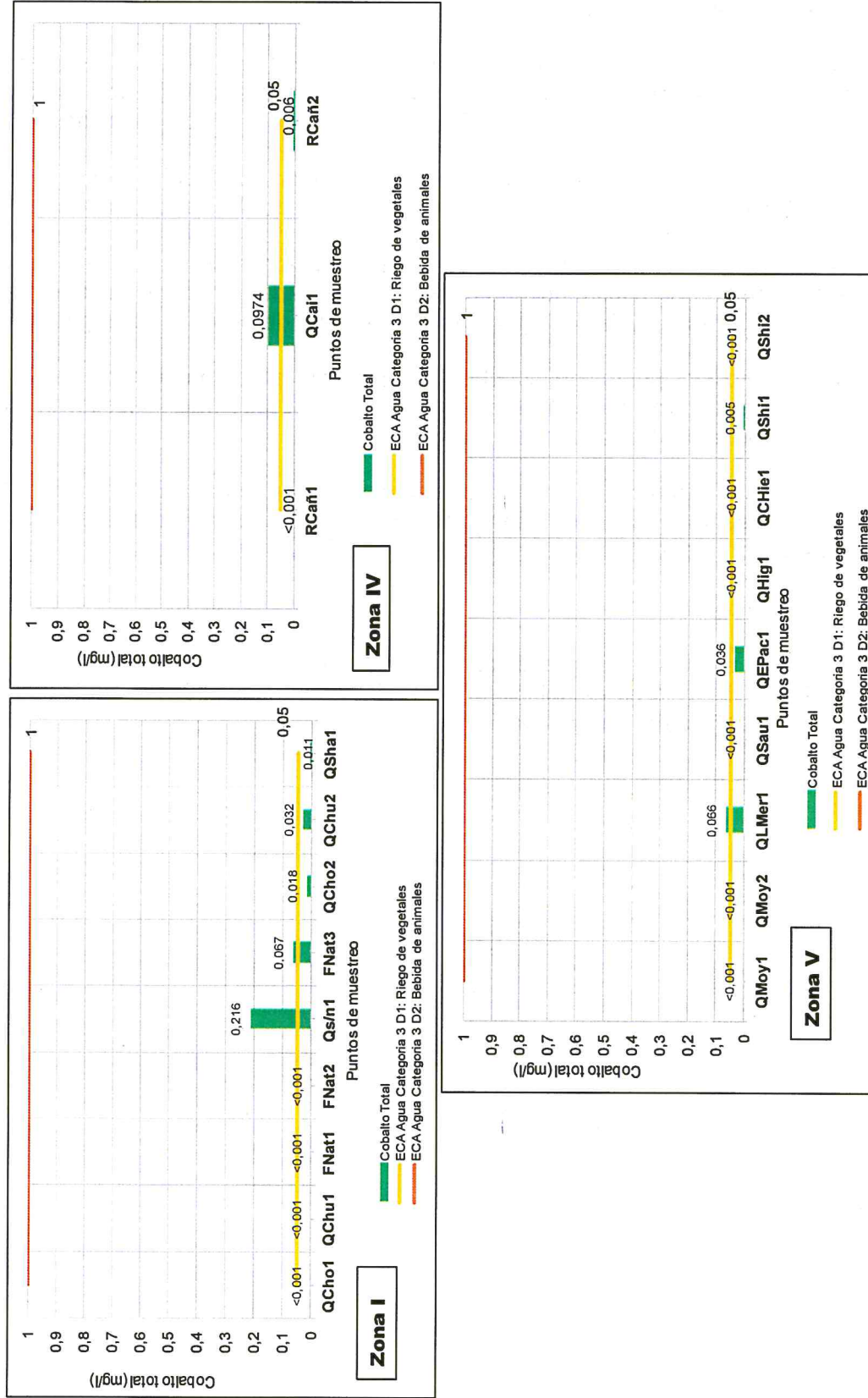


Figura 10-15. Concentraciones de cobalto total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)



Handwritten signature in blue ink.

- Zona I

345. Como se puede apreciar en la Figura 10-15, las concentraciones de cobalto total de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, QChu2 y QSha1 variaron desde $<0,001$ (límite de cuantificación del análisis) a $0,032$ mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos Qs/n1 y FNat3, sus concentraciones fueron de $0,216$ y $0,067$ mg/l respectivamente, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.
346. Las escorrentías provenientes de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) y la del punto FNat3 (manantial) presentaron las concentraciones más elevadas de cobalto total; las mismas que descargan sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían influenciar en el incremento de los valores de cobalto en el punto QChu2, con $0,032$ mg/l (ubicado aguas abajo de los puntos FNat1, FNat2 y Qs/n1); en comparación al punto QChu1 con $<0,001$ mg/l (Qda. Chupaya, situado aguas arriba de los referidos puntos).
347. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó una concentración de $<0,001$ mg/l (límite de cuantificación del análisis); mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) se encontró una concentración de $0,018$ mg/l; es preciso indicar que la queda Choloque recorre la zona de operación de la U.M. Shahuindo, siendo posiblemente influenciada por la misma; sin embargo, ninguno de estas concentraciones excedió los valores establecidos en el ECA para Agua. Por último, la concentración de $0,011$ mg/l en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas ya mencionadas líneas arriba (Chupaya y Choloque).

- Zona IV

348. En la Figura 10-15, se aprecian que las concentraciones de cobalto total en los puntos RCañ1 y RCañ2 fue de $<0,001$ y $0,006$ mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto QCai1 la concentración fue de $0,0974$ mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.
349. El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó un valor de $<0,001$ mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró un valor de $0,006$ mg/l; es preciso indicar que este ligero incremento en el tramo evaluado podría ser debido a las concentraciones elevadas encontrados en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

- Zona V

350. Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Figura 10-15, las concentraciones de cobalto total de los puntos QMoy1, QMoy2, QSau1, QEPac1, QHig1, QCHie1, QShi1 y QShi2, variaron desde $<0,001$ a $0,036$ mg/l; encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, el punto QLMer1 presentó una concentración de $0,066$ mg/l superando el valor establecido en el ECA para Agua Cat3D1.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

351. El punto QCHie1 (quebrada Contrahierba) y el punto QHig1 (quebrada Higuerón), presentaron una concentración de $<0,001$ mg/l respectivamente; estos puntos se encuentran aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.
352. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (QLMer1) presentó una concentración de 0,066 mg/l, seguidamente la quebrada Sauce, la cual es un afluente de la misma presentó una concentración de $<0,001$ mg/l en el punto QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente a la confluencia de estas dos quebradas en mención se forma la quebrada El Pacae (QEPac1) que presentó una concentración de 0,036 mg/l.
353. Con respecto a los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Shingomate QShi1 y QShi2 presentaron concentraciones de 0,005 y $<0,001$ mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende el caserío Siguis.
354. Por último, los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Moyán QMoy1 y QMoy2 presentaron concentraciones de $<0,001$ mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto.

h. Cobre total

355. En la Figura 10-16, se presentan las concentraciones de cobre total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

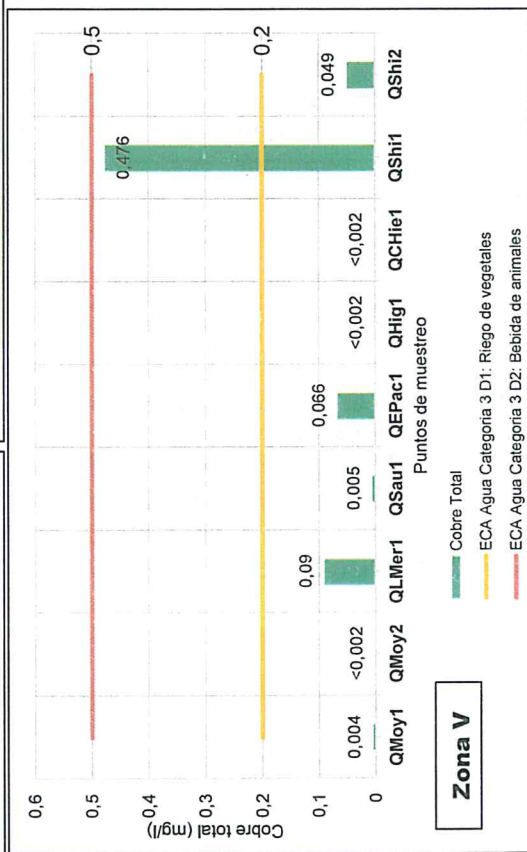
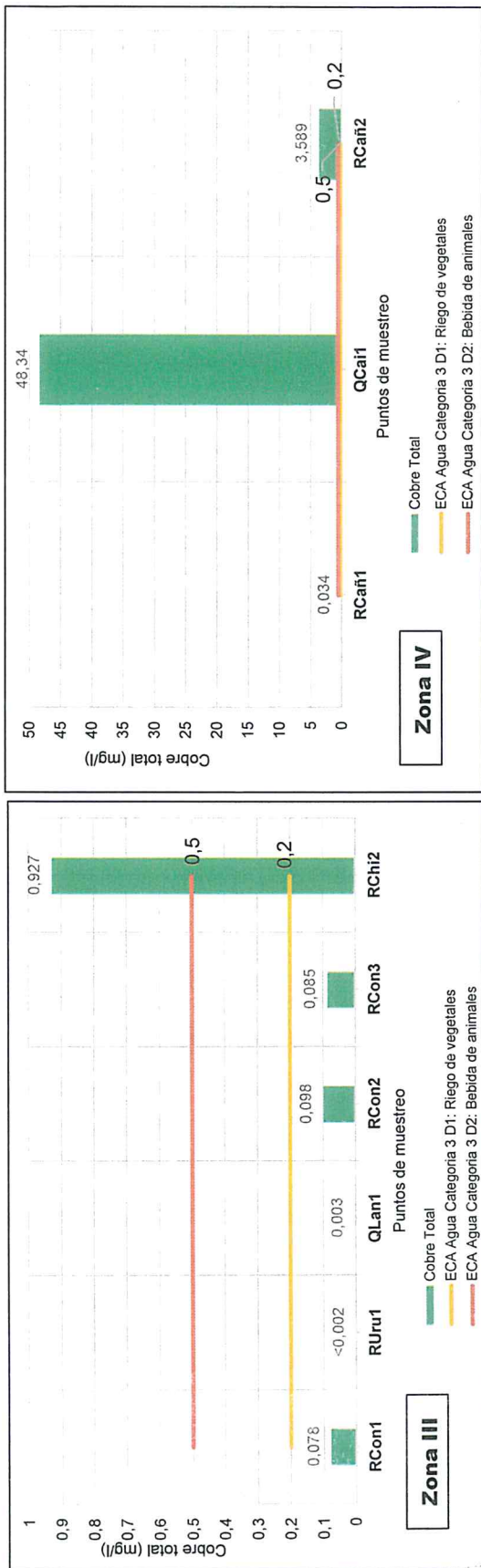


Figura 10-16. Concentraciones de cobre total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)



[Handwritten signature]

- Zona III

356. Respecto a esta zona en la Figura 10-16, se aprecian que las concentraciones de cobre total en los puntos RUru1, QLañ1, RCon1, RCon2 y RCon3 variaron desde <0,002 a 0,098 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, en el punto RChi2 la concentración encontrada fue de 0,927 mg/l, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

- Zona IV

357. En la Figura 10-16, se aprecian que las concentraciones de cobre total en el punto RCañ1 fue de 0,034 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, en los puntos QCai1 y RCañ2 las concentraciones fueron de 48,34 y 3,589 mg/l respectivamente; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

358. El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó un valor de 0,034 mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró un valor de 3,589 mg/l; es preciso indicar que este incremento en el tramo evaluado podría ser debido a las concentraciones elevadas encontradas en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

- Zona V

359. Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Figura 10-16, las concentraciones de cobre total de los puntos QMoy1, QMoy2, QLMer1, QSau1, QEPac1, QHig1, QChie1 y QShi2, variaron desde <0,002 a 0,09 mg/l; encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua categoría 3. Por otra parte, el punto QShi1 presentó una concentración de 0,476 mg/l excediendo los valores establecidos en el ECA para Agua Cat3D1.

360. El punto QChie1 (quebrada Contrahierba) y el punto QHig1 (quebrada Higuierón), presentaron una concentración de <0,002 mg/l en ambos puntos, los cuales, se encuentran aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.

361. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (QLMer1) presentó una concentración de 0,09 mg/l, seguidamente la quebrada Sauce, la cual es un afluente de la misma presentó una concentración de 0,005 mg/l en el punto QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente a la confluencia de estas dos quebradas en mención se forma la quebrada El Pacae (QEPac1) que presentó una concentración de 0,066 mg/l.

362. Con respecto a los puntos de muestreo ubicados en la quebrada Shingomate QShi1 y QShi2 presentaron concentraciones de 0,476 y 0,049 mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende el caserío Siguis.

363. Por último, a los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Moyán QMoy1 y QMoy2 presentaron concentraciones de 0,004 y <0,002 mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

i. Hierro total

364. En la Figura 10-17, se presentan las concentraciones de hierro total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

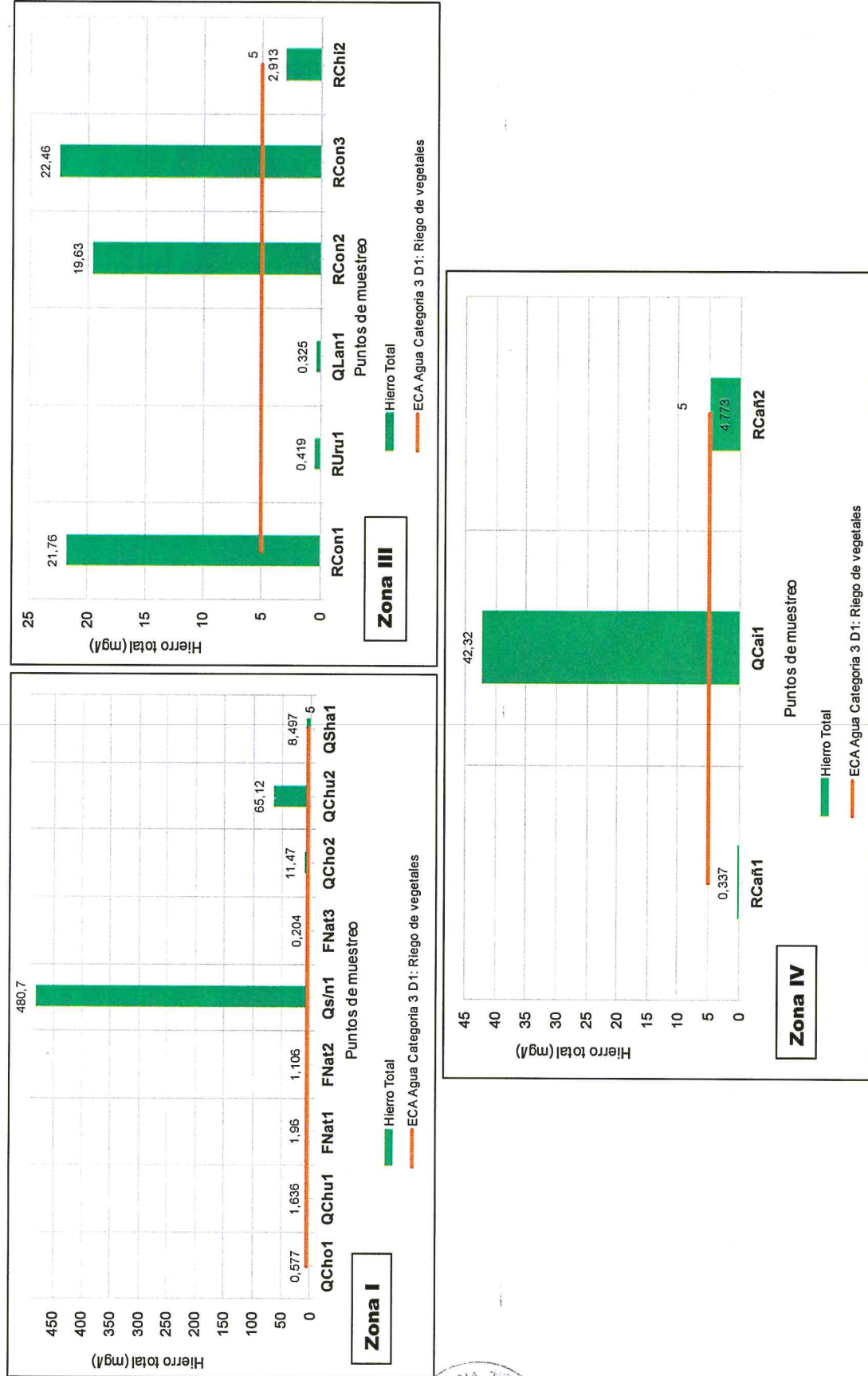


Figura 10-17. Concentraciones de hierro total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)



- Zona I

365. Como se puede apreciar en la Figura 10-17, las concentraciones de hierro total de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2 y FNat3 variaron desde 0,204 a 1,96 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1. Por otra parte, en los puntos Qs/n1, QCho2, QChu2 y QSha1, los valores encontrados fueron de 480,7; 11,47; 65,12; y 8,497 mg/l respectivamente, superando con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.
366. La escorrentía proveniente de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) presentó la mayor concentración de hierro total con 480,7 mg/l respectivamente; la misma que descarga sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían tener una influencia en el incremento de los valores de hierro en el punto QChu2, con 65,12 mg/l (ubicado aguas abajo de los puntos FNat1, FNat2 y Qs/n1); en comparación al punto QChu1 con 1,636 mg/l (Qda. Chupaya, situado aguas arriba de los referidos puntos).
367. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó un valor de 0,577 mg/l (límite de cuantificación del análisis); mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) se encontró un valor de 11,47 mg/l; es preciso indicar que la queda Choloque recorre la zona de operación de la U.M. Shahuindo, siendo posiblemente influenciada por la misma; superando este último valor con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1. Por último, la concentración de 8,497 mg/l en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas ya mencionadas líneas arriba (Chupaya y Choloque).

- Zona III

368. Respecto a esta zona en la Figura 10-17, se aprecian que las concentraciones de hierro total en los puntos RUru1, Qlan1 y RChi2 variaron desde 0,325 a 2,913 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1. Por otra parte, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 los valores encontrados fueron de 21,76; 19,53 y 22,46 mg/l respectivamente, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.
369. Al respecto, el tramo evaluado del río Condebamba, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 presentaron las mayores concentraciones para hierro total, es preciso indicar que el río presentó una coloración marrón oscura, además de fuertes vientos en la extensión evaluada.

- Zona IV

370. En la Figura 10-17, se aprecian que las concentraciones de hierro total en los puntos RCañ1 y RCañ2 fueron de 0,337 y 4,773 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1. Por otra parte, en el punto QCai1 la concentración fue de 42,32 mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.
371. En tal sentido, el punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de 0,337 mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró una concentración de 4,773 mg/l; es preciso indicar que este incremento de 4,436 mg/l en el tramo evaluado



[Handwritten signature]



podría ser debido a los valores elevados encontrados en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

j. Manganeso total

372. En la Figura 10-18, se presentan las concentraciones de manganeso total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

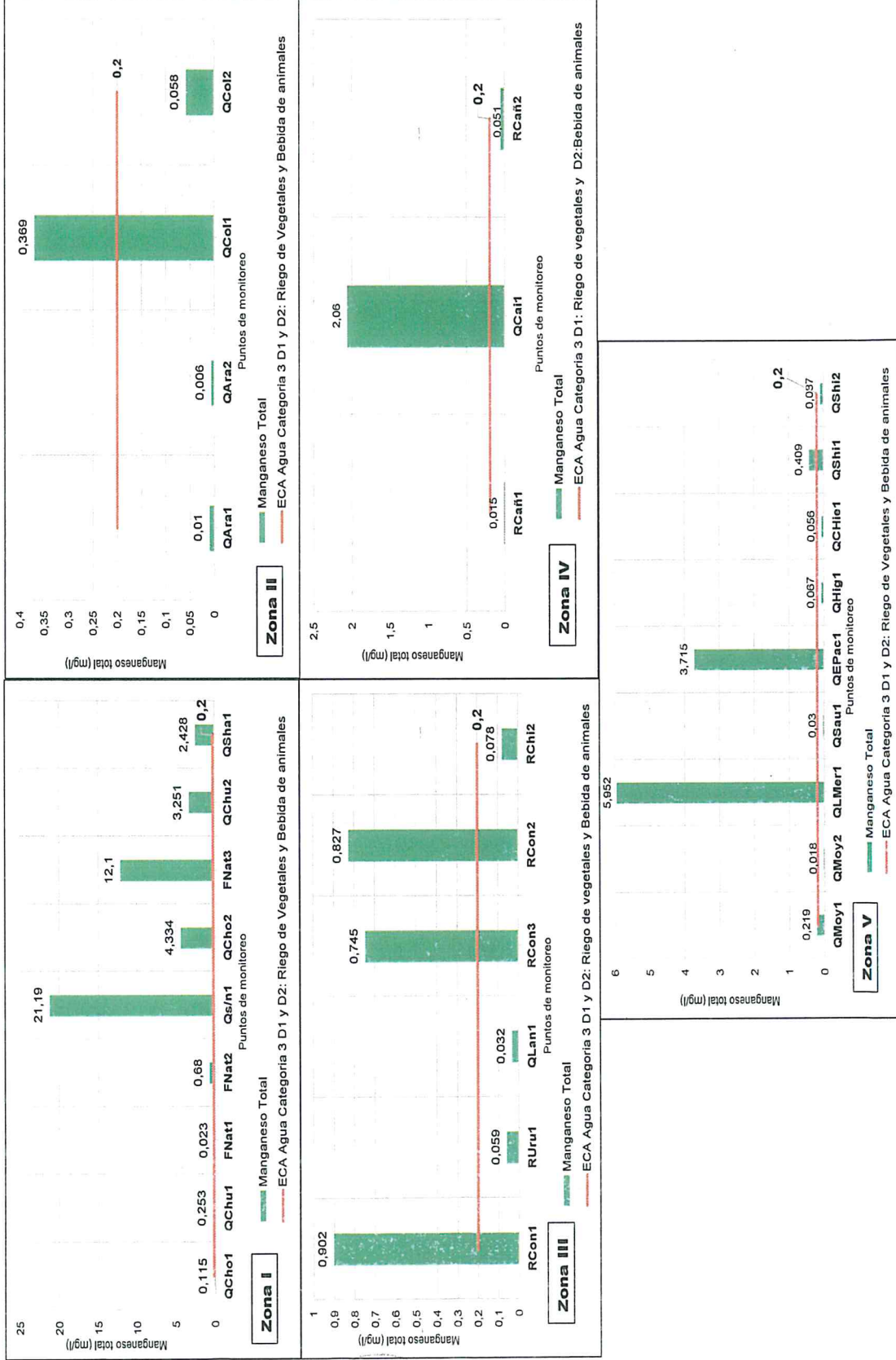


Figura 10-18. Concentraciones de manganeso total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

MONITORIO Y VIGILANCIA
1/2017
[Handwritten signature]

- Zona I

373. Como se puede apreciar en la Figura 10-18, las concentraciones de manganeso total de los puntos QCho1, FNat1 y FNat2 variaron desde 0,023 a 0,115 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos QChu1, Qs/n1, QCho2, FNat3, QChu2 y QSha1, las concentraciones fueron de 0,253; 21,19; 4,334; 12,1; 3,251 y 2,428 mg/l respectivamente, superando con lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
374. Las escorrentías provenientes de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) presentaron una concentración de manganeso total de 21,19 mg/l; la misma que descarga sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían tener una influencia en el incremento de las concentraciones de manganeso en el punto QChu2, con 3,251 mg/l (ubicado aguas abajo de los puntos FNat1, FNat2 y Qs/n1); en comparación al punto QChu1 con 0,253 mg/l (Qda. Chupaya, situado aguas arriba de los referidos puntos).
375. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó una concentración de 0,115 mg/l (límite de cuantificación del análisis); mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) obtuvo una concentración de 4,334 mg/l; es preciso indicar que la queda Choloque recorre la zona de operación de la U.M. Shahuindo, siendo posiblemente influenciada por la misma; por último, la concentración de 2,428 mg/l en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas ya mencionadas líneas arriba (Chupaya y Choloque), superando estos últimos los valores establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

- Zona II

376. Respecto a esta zona en la Figura 10-18, se aprecian que las concentraciones de manganeso total en los puntos QARA1, QARA2 y QCOL2 variaron desde 0,006 a 0,058 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Sin embargo, en el punto QCOL1, la concentración presentada fue de 0,369 mg/l, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

- Zona III

377. Respecto a esta zona en la Figura 10-18, se aprecian que las concentraciones de manganeso total en los puntos RUru1, QLAN1 y RChi2 variaron desde 0,032 a 0,078 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 las concentraciones presentadas fueron de 0,902; 0,827 y 0,745 mg/l respectivamente, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
378. El tramo evaluado del río Condebamba, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 presentaron las mayores concentraciones para manganeso total, es preciso indicar que el río presentó una coloración marrón oscura, además de fuertes vientos en la extensión evaluada.



- Zona IV

379. En la Figura 10-18, se aprecia que las concentraciones de manganeso total en los puntos RCañ1 y RCañ2 fueron de 0,015 y 0,051 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto QCai1 la concentración encontrada fue de 2,06 mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
380. En tal sentido El punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de 0,015 mg/l; mientras que en el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró una concentración de 0,051 mg/l; es preciso indicar que este incremento de 0,036 mg/l en el tramo evaluado podría ser debido a los valores elevados encontrados en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto podría estar influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

- Zona V

381. Respecto a la zona V, como se puede apreciar en la Figura 10-18, las concentraciones de manganeso total de los puntos QMoy2, QSau1, QHig1, QCHie1 y QShi2, variaron desde 0,018 a 0,087 mg/l; encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, los puntos QMoy1, QLMer1, QEPac1 y QShi1 presentaron concentraciones de 0,219; 5,952; 3,715 y 0,409 mg/l respectivamente, superando los valores establecidos en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.
382. El punto QCHie1 (quebrada Contrahierba) y el punto QHig1 (quebrada Higuierón), presentaron concentraciones de 0,056 y 0,067 respectivamente; estos puntos se encuentran aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo.
383. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (QLMer1) presentó una concentración de 5,952 mg/l, seguidamente la quebrada Sauce, la cual es un afluente de la misma presentó una concentración de 0,03 mg/l en el punto QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente a la confluencia de estas dos quebradas, la quebrada recibe el nombre El Pacae (QEPac1), este último punto presentó un concentración de manganeso total de 3,715 mg/l; existiendo una disminución de 2,237 mg/l posiblemente por el aporte de la quebrada Sauce.
384. Con respecto a los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Shingomate QShi1 y QShi2 presentaron concentraciones de 0,409 y 0,087 mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende el caserío Siguis.
385. Por último, los puntos de muestreo ubicado en la quebrada Moyán QMoy1 y QMoy2 presentaron concentraciones de 0,219 y 0,018 mg/l respectivamente; este tramo evaluado comprende los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto.

k. Níquel total

386. En la Figura 10-19, se presentan las concentraciones de níquel total que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2017) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



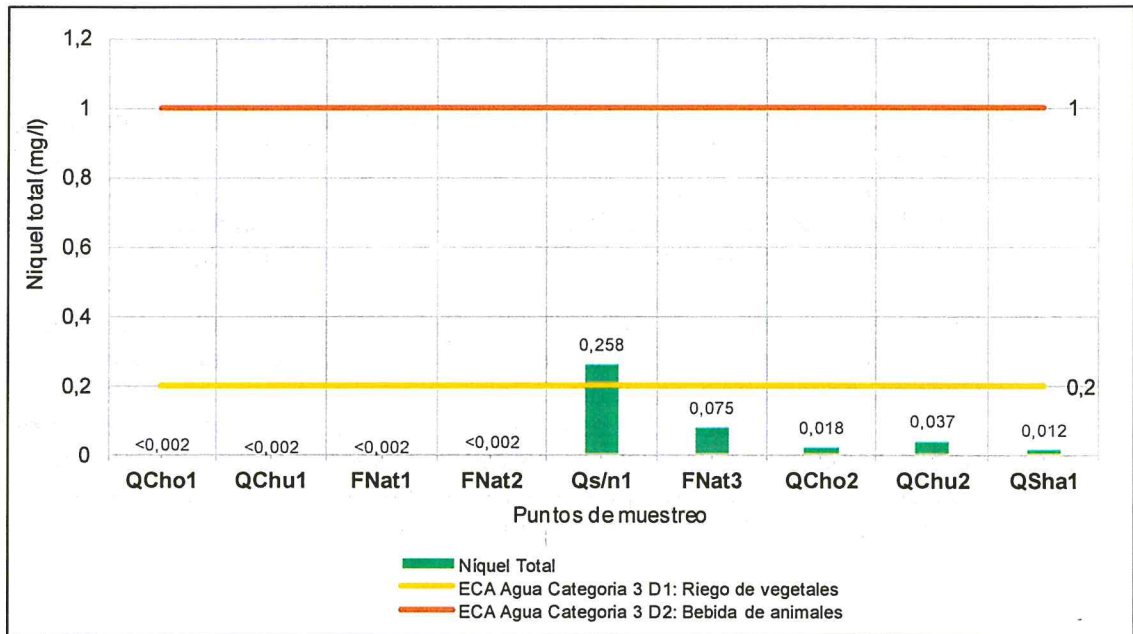


Figura 10-19. Concentraciones de níquel total en la zona que excedió los valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

- Zona I

387. Como se puede apreciar en la Figura 10-19, las concentraciones de níquel total en los puntos QCho1, QCho2, QChu1, FNat1, FNat2, FNat3, QChu1, QChu2, y QSha1 variaron desde <0,002 (límite de cuantificación del análisis) a 0,075 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, el punto Qs/n1 presentó una concentración de 0,258 mg/l de Níquel total, superando el valor establecido en el ECA para Agua Cat3D1.

I. Plomo total

388. En la Figura 10-20, se presentan las concentraciones de plomo total que excedieron el ECA para Agua categoría 3 (2017) en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

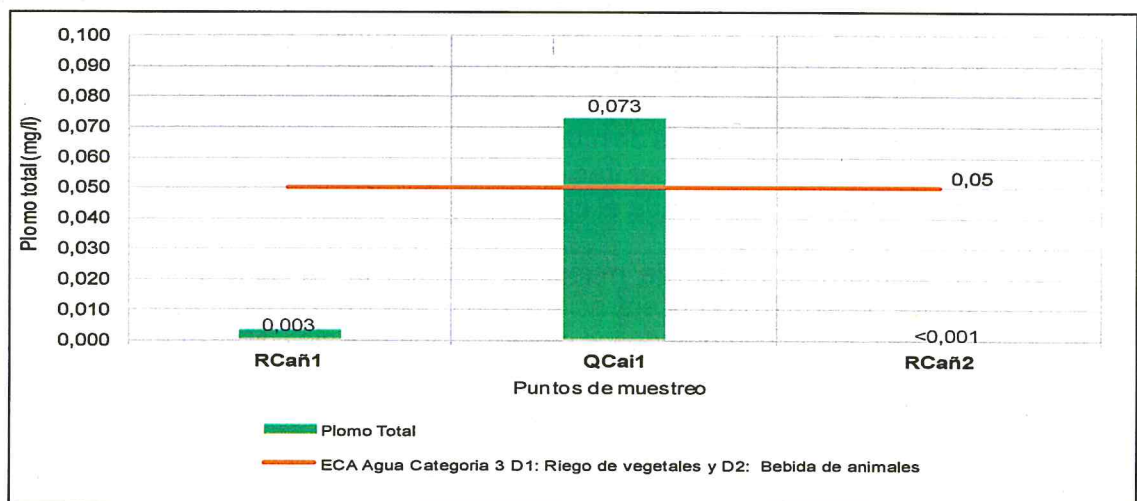


Figura 10-20. Concentraciones de plomo total en la zona que excedió los valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)



[Handwritten signature]

- Zona IV

389. En la Figura 10-20, se aprecian que las concentraciones plomo total en los puntos RCañ1 y RCañ2 fueron 0,003 y <0,001 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en el punto QCaí1 la concentración encontrada fue de 0,073 mg/l; excediendo los valores establecidos en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2.

m. Zinc total

390. En la Figura 10-21, se presentan los valores de zinc total que excedieron los valores establecidos en el ECA para Agua (2017), en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

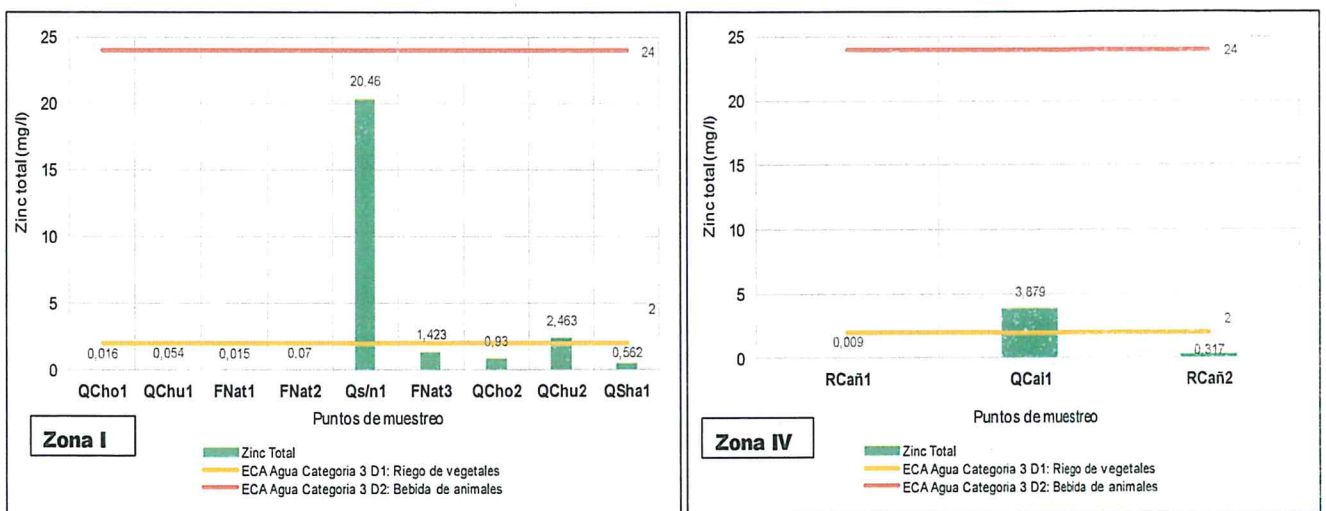


Figura 10-21. Concentraciones de zinc total en las zonas que excedieron valores del ECA para Agua categoría 3 (2017)

- Zona I

391. Como se puede apreciar en la Figura 10-21, las concentraciones de zinc total de los puntos QCho1, Qchu1, FNat1, FNat2, QCho2, FNat3 y QSha1 variaron desde 0,015 a 1,423 mg/l, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Por otra parte, en los puntos Qs/n1 y QChu2, sus concentraciones fueron de 20,46 y 2,463 mg/l respectivamente, superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.

392. Las escorrentías provenientes de la bocamina abandonada (punto Qs/n1) presentó la mayor concentración con 20,46 mg/l; la misma que descarga sus aguas en la quebrada Chupaya; indicando que estas podrían tener una influencia en el incremento de la concentración de zinc en el punto QChu2, con 2,463 mg/l (ubicado aguas abajo de los puntos FNat1, FNat2 y Qs/n1); en comparación al punto QChu1 con 0,054 mg/l (Qda. Chupaya, situado aguas arriba de los referidos puntos).

393. El punto QCho1 (Qda. Choloque, aguas arriba de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) presentó una concentración de 0,016 mg/l; mientras que el punto QCho2 (Qda. Choloque, aguas abajo de la zona de operación de la U.M. Shahuindo) se encontró una concentración de 0,93 mg/l; es preciso indicar que la



queda Choloque recorre la zona de operación de la U.M. Shahuindo, sin embargo, este valor nos superó lo establecido en el ECA para Agua; por último, el valor de 0,562 mg/l en el punto QSha1, recibe las aguas de las quebradas ya mencionadas líneas arriba (Chupaya y Choloque).

- Zona IV

- 394. En la Figura 10-21, se aprecian que las concentraciones de zinc total en los puntos RCañ1 y RCañ2 fueron de 0,009 y 0,317 mg/l respectivamente, encontrándose dentro de lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1 y Cat3D2. Además, en el punto QCai1 la concentración fue de 3,879 mg/l; superando lo establecido en el ECA para Agua Cat3D1.
- 395. En tal sentido, el punto RCañ1 (Río Cañaris, aguas arriba del punto QCai1) presentó una concentración de 0,009 mg/l; mientras que el punto RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo del punto QCai1) se encontró una concentración de 0,317 mg/l; al respecto, es preciso indicar que este incremento de 0,308 mg/l en el tramo evaluado del río Cañaris podría ser debido a los valores elevados encontrados en el punto QCai1; cabe mencionar que este punto se encuentra influenciado por las actividades de minería artesanal desarrollada en la zona de Algamarca.

10.1.3. Hidroquímica

- 396. Debido a la importante relación entre las características químicas de las aguas de los distintos cuerpos de agua y la litología de sus respectivas cuencas hidrográficas, es importante tratar el presente capítulo.

a. Grupo final de datos analizados



- 397. Respecto a los análisis estadísticos y gráficos que se elaboraron para la presente evaluación, se realizó una selección de los parámetros, calculando el porcentaje de datos censurados (aquellos con valores de concentraciones menores al límite de detección de la técnica y/o método de análisis utilizado por el laboratorio), aspecto de gran importancia para el análisis multivariado.
- 398. Como se muestra en la Tabla 10-1, de los resultados obtenidos, los porcentajes de datos censurados variaron considerablemente para cada parámetro. Por tanto, de acuerdo a las actividades realizadas en la zona evaluada y a los resultados obtenidos se consideraron para el análisis (estadísticos) los parámetros siguientes: pH, C.E., STD, Si, HCO₃⁻, SO₄²⁻, metales totales (Al, Ba, B, Ca, Cu, Sr, Fe, P, Li, Mn, Mg, K, Na y Zn) y metales disueltos (Si, Al, Ba, B, Ca, Sr, Fe, Li, Fe, Mn, Mg, K, Na y Zn).

Tabla 10-1. Porcentaje de datos censurados estadísticamente para los diferentes parámetros obtenidos del total de puntos de muestreo

Parámetros	% Censurados	Parámetros	% Censurados	Parámetros	% Censurados	Parámetros	% Censurados
pH	0	Calcio Total	0	Vanadio Total	100	Níquel disuelto	67
Conductividad	0	Cobalto Total	55	Zinc Total	10	Potasio disuelto	0
Oxígeno Disuelto	0	Cromo Total	100	Boro Total	16	Plata disuelto	100
Temperatura	0	Cobre Total	23	Cadmio Total	61	Plomo disuelto	100
DQO	26	Estroncio Total	0	Silicio disuelto	0	Selenio disuelto	100
SST	10	Estaño Total	81	Mercurio disuelto	100	Sodio disuelto	0

Handwritten signature in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetros	% Censurados	Parámetros	% Censurados	Parámetros	% Censurados	Parámetros	% Censurados
STD	0	Hierro Total	0	Aluminio disuelto	5	Tallo disuelto	100
Silicio Total	0	Fósforo Total	23	Antimonio disuelto	100	Titanio disuelto	100
Bicarbonatos	23	Litio Total	10	Arsénico disuelto	90	Vanadio disuelto	100
Cianuro WAD	100	Magnesio Total	0	Bario disuelto	5	Zinc disuelto	29
Cloruros	0	Manganeso Total	0	Berilio disuelto	95	Manganeso disuelto	0
Cromo Hexavalente	100	Molibdeno Total	81	Bismuto disuelto	95	Molibdeno disuelto	90
Sulfatos	0	Níquel Total	52	Boro disuelto	19	Magnesio disuelto	0
Mercurio Total	74	Potasio Total	0	Cadmio disuelto	62	Titanio Total	52
Aluminio Total	0	Plata Total	100	Calcio disuelto	0	Bismuto Total	97
Antimonio Total	100	Plomo Total	65	Cobalto disuelto	57	Estaño disuelto	100
Arsénico Total	65	Selenio Total	97	Cromo disuelto	100	Hierro disuelto	0
Bario Total	0	Sodio Total	0	Cobre disuelto	52	Fósforo disuelto	90
Berilio Total	97	Talio Total	100	Estroncio disuelto	0	Litio disuelto	84

b. Análisis Estadístico Simple Descriptivo

399. Para el análisis estadístico simple, se analizaron los puntos de muestreo evaluados y los parámetros que presentaron un porcentaje de menor al 49% de datos censurados; determinándose el valor mínimo, valor máximo, desviación estándar, media y mediana tal como se muestran en la Tabla 10-2.

Tabla 10-2. Estadísticos descriptivos en los parámetros (físico químico, metales totales y disueltos) obtenidos en los puntos de muestreo evaluados

Parámetros (mg/l)	Min	Max	Media	Mediana	Desv. Estándar
pH	3,28	8,33	6,45	6,65	1,29
C.E. (µS/cm)	33,50	2133,00	392,29	326,00	413,76
Oxígeno disuelto	4,77	7,34	6,51	6,65	0,58
Temperatura	14,00	27,60	20,20	20,00	3,91
DQO *	1,00	31,90	10,18	8,90	8,60
SST *	1,50	1019,00	173,70	38,40	287,65
STD	60,00	1518,00	340,89	251,00	341,30
Silicio total	2,74	14,10	7,50	6,97	3,19
Bicarbonatos *	0,05	175,60	50,56	44,50	49,12
Cloruros	0,40	11,70	2,62	1,80	2,42
Sulfatos	0,01	1069,00	128,26	91,10	204,16
Aluminio total	0,04	66,50	5,06	1,50	12,24
Bario total *	0,0005	0,10	0,040	0,034	0,027
Boro total *	0,0040	0,11	0,027	0,023	0,021
Calcio total	2,02	149,70	47,00	31,61	38,26
Cobre total *	0,001	48,34	1,75	0,02	8,67
Estroncio total	0,02	0,76	0,24	0,19	0,20
Hierro total	0,03	480,70	22,67	1,64	86,18
Fósforo total *	0,0050	0,55	0,09	0,03	0,13
Litio total *	0,0005	0,150	0,0131	0,0050	0,03
Magnesio total	0,52	56,04	14,01	8,59	15,83
Manganeso total	0,0060	21,19	1,94	0,22	4,36
Potasio total	0,27	22,59	5,21	4,00	5,01
Sodio total	1,07	18,47	6,23	6,08	4,49
Zinc total *	0,00	20,46	1,06	0,07	3,70



Parámetros (mg/l)	Min	Max	Media	Mediana	Desv. Estándar
Silicio disuelto	2,9	11,0	6,0	5,5	2,54
Aluminio disuelto *	0,0025	65,4	3,489	0,080	14,21
Bario disuelto *	0,0005	0,082	0,0256	0,0230	0,0203
Boro disuelto *	0,0040	0,105	0,0235	0,0160	0,0233
Calcio disuelto	7,6	132,6	41,6	24,5	34,86
Estroncio disuelto	0,028	0,519	0,194	0,104	0,166
Hierro disuelto	0,004	468,0	22,7	0,1	102,03
Litio disuelto *	0,001	0,0320	0,0075	0,0040	0,0085
Magnesio disuelto	1,041	45,4	14,2	7,6	15,03
Manganeso disuelto	0,005	19,1	2,142	0,062	4,70
Potasio disuelto	0,170	19,2	4,670	2,220	4,92
Sodio disuelto	0,900	13,7	5,087	4,830	3,52
Zinc disuelto *	0,002	18,4	1,074	0,012	3,99

Nota: (*), son los parámetros que presentaron valores menores al límite de detención del análisis, para fines prácticos, dichos valores son los resultantes son el promedio entre cero y el límite de detección.

400. Como se aprecia en la Tabla 10-2, existe una gran variabilidad en características físico químicas de los cuerpos de agua evaluados, con pH que presentan tendencias acidas y básicas, sin embargo, los metales Ba, B, Sr y Li (total y disuelto) y P (total) presentaron resultados con escasa variabilidad (valores de la desviación estándar en los puntos de muestreo evaluados fluctúan entre 0,0085 a 0,13).

c. Análisis gráfico: Variaciones espaciales

401. A continuación, se presenta un análisis gráfico de la variación espacial de las concentraciones de los diferentes parámetros considerados en la evaluación. Cabe señalar que de acuerdo a la zona evaluada los parámetros de interés están relacionados a actividades mineras.

c.1. Relación CE-pH

402. Como se aprecia en la Figura 10-22, los valores de pH y conductividad eléctrica, son inversamente proporcionales en los 28 puntos de muestreo, a medida que el pH es más básico, los valores de conductividad disminuyen, esto porque al aumentar el pH disminuye la concentración de iones en el agua, con excepción de los puntos Qs/n1 (bocamina abandonada, que descarga en la quebrada Chupaya), FNat3 (manantial que descarga sus aguas en la quebrada Choloque) y QCai1 (quebrada Caipuro, descarga en el río Cañaris). Esta última tendencia se aprecia a valores de pH registrados menores a 4 unidades de pH.




"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

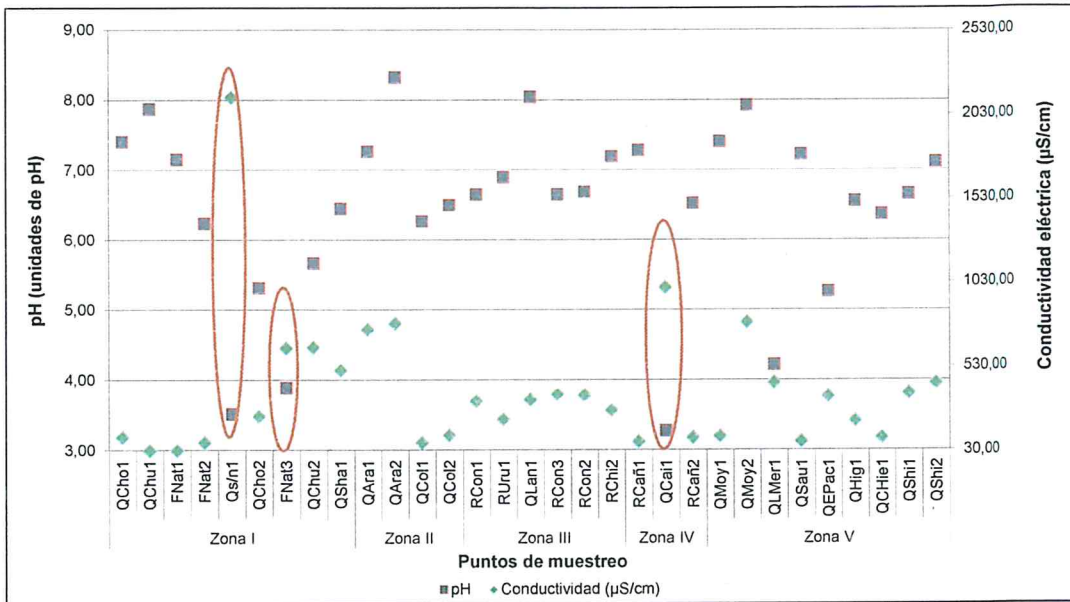


Figura 10-22. Variación de la conductividad eléctrica y pH en agua superficial y manantial en los puntos de muestreo

c.2. Cationes mayores

c.2.1. Ca – Mg – Na:



403. En la Figura 10-23, se aprecian que las concentraciones de Ca, Mg y Na (total) en los 31 puntos de muestreo están directamente relacionados entre sí, se aprecia que las más altas concentraciones se dan en los puntos Qs/n1 (bocamina abandonada), QAra1, QAra2 (quebrada Araqueda) y QMoy2 (quebrada Moyán).

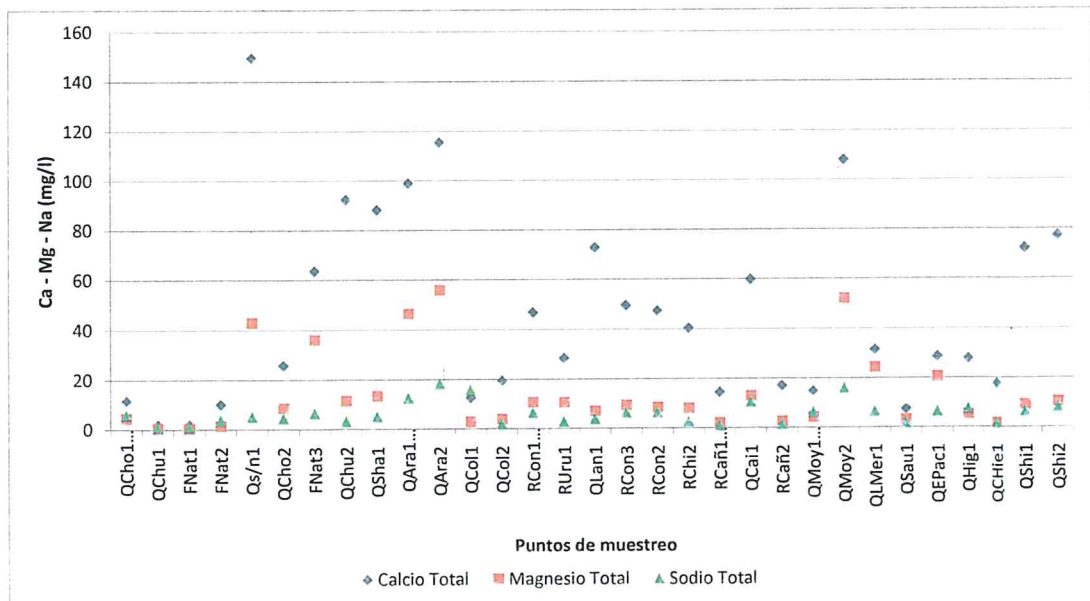


Figura 10-23. Relación Calcio, magnesio y sodio total en los puntos de muestreo evaluados.

c.2.2. Razón Ca/Mg:

404. En la Figura 10-24, se muestra una gran variación en los distintos cuerpo de agua evaluados; en su mayoría las concentraciones de calcio son entre 1 a 10 veces mayores que la de magnesio.

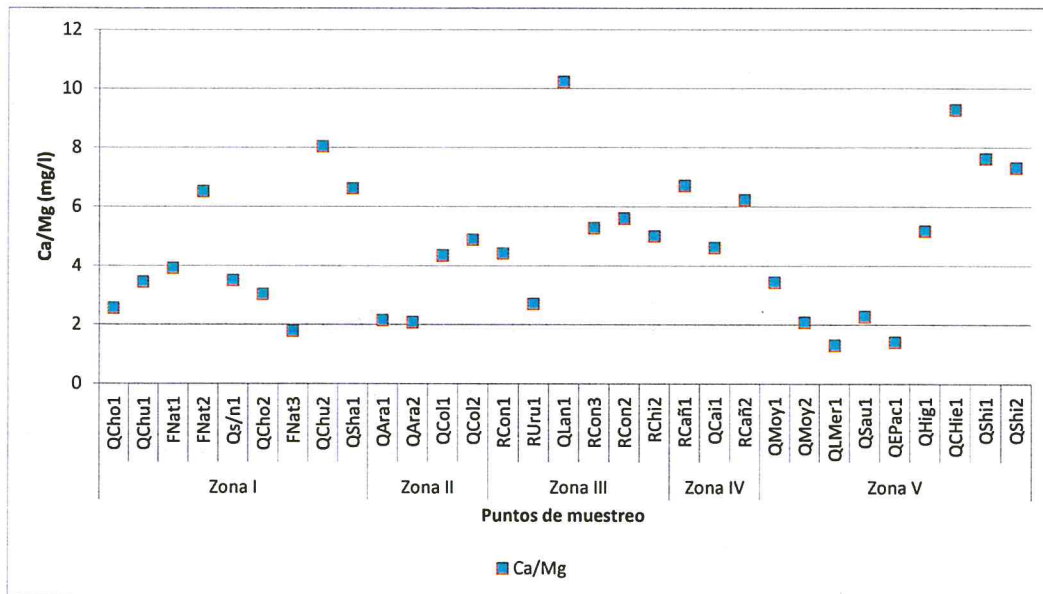


Figura 10-24. Razón Ca/Mg en los puntos de muestreo evaluados

c.2.3 Razón Ca/Na:

405. La razón Ca/Na en los cuerpos de agua evaluados, se muestran en la Figura 10-25, mostrando un comportamiento variable a lo mostrado a la razón Ca/Mg, con concentraciones de Calcio total que van de 1 a 28 veces superior a la de sodio total, con excepción del punto QCol1 (quebrada La Colpa), el cual presentó una concentración de sodio total superior a la de calcio total; presentando una condición atípica.



[Handwritten signature]

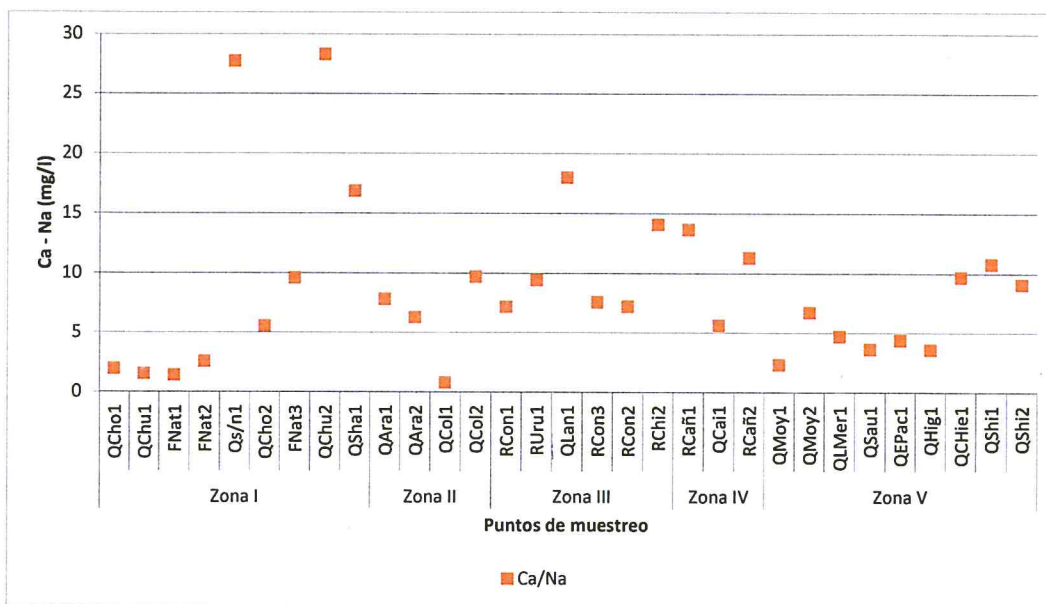


Figura 10-25. Razón Ca/Na en los puntos de muestreo evaluados

c.3. Aniones mayores

c.3.1. SO₄ – Cl – HCO₃

406. Como se aprecia en la Figura 10-26, en los puntos evaluados las concentraciones de sulfato, cloruro y bicarbonato mostraron comportamientos similares, sin embargo en el punto Qs/n1 (bocamina abandonada, descarga sus aguas en la quebrada Chupaya) las concentraciones de sulfatos son ampliamente mayores a las de bicarbonato, posiblemente debido a la actividad minera que se desarrolló en este punto; característica similar en orden descendente (de acuerdo a las altas concentraciones de sulfatos sobre bicarbonatos) se presentaron en los puntos QCai1, QChu2, FNat3, QLMer1, QARA1, QEPac1, QARA2, QSha1 y QCho2.

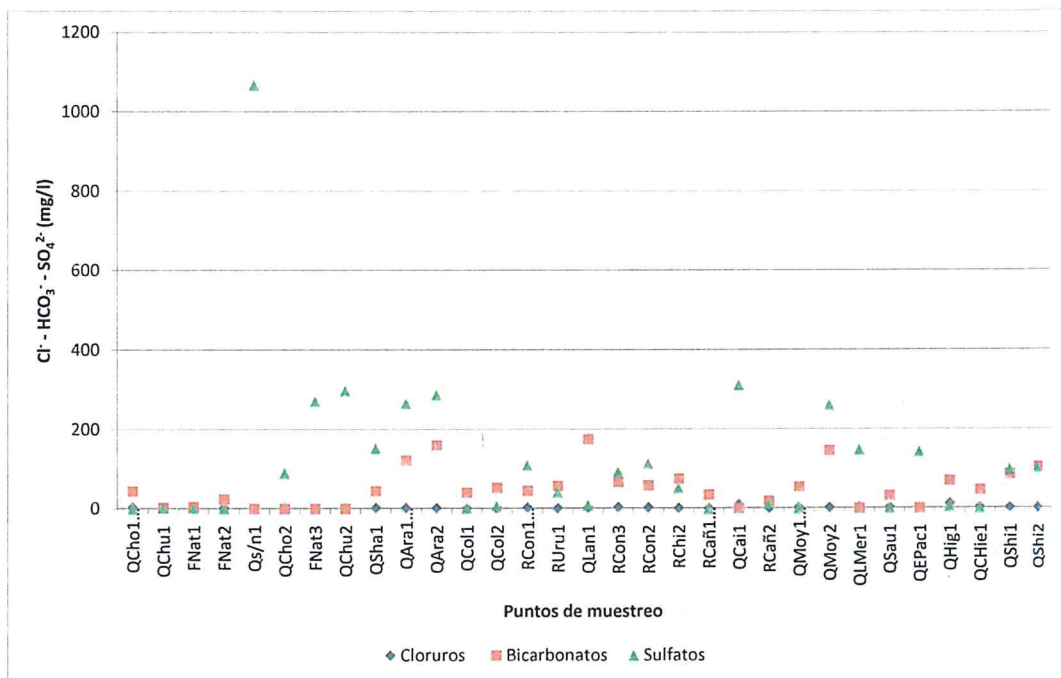


Figura 10-26. Relación Sulfato, cloruro y bicarbonato en los puntos de muestreo evaluados

c.3.2. Razón SO₄ / Cl⁻

407. En la Figura 10-27, se muestra la razón SO₄/Cl⁻ (en mg/l), apreciándose que las mayores concentraciones de sulfato sobre cloruro se presentan en los puntos Qs/n1, QARA2, QChu2, FNat3, QMoy2 y QEPac1 (entre 90 a 485 veces superior a la de cloruro); mientras que en los puntos QCho1, RCañ1, QMoy1, Qsau1, QHig1 y QCHie1, la razón mostrada indica claramente que presentan concentraciones de cloruro mayores a sulfato.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

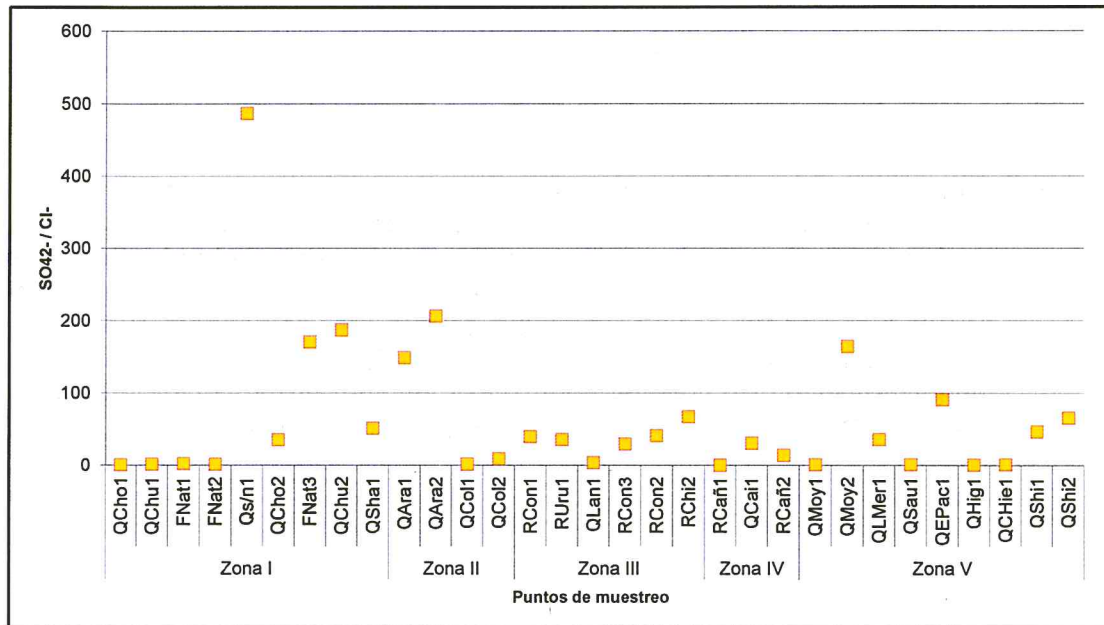


Figura 10-27. Razón SO₄/Cl en los puntos de muestreo evaluados

c.4. Diagramas temarios

- 408. En forma complementaria, se presenta a continuación una caracterización de la composición de los cuerpos de agua evaluados en función de sus cationes y aniones mayores utilizando diagramas de Piper.
- 409. El diagrama de Piper (Figura 10-28), muestra que las aguas evaluadas de las quebradas La Colpa, Lanla, Higuerón, Sauce y Contrahierba; los ríos Urupuyo y Cañaris; y en los puntos QCho1, QMoy1 y FNat2, se encuentran clasificadas como bicarbonatadas cálcicas (Ca(HCO₃)₂); mientras que en el tramo evaluado de las quebradas Chupaya, Shingomate, Araqueda, Shuahuindo, Caipuro, Los Merinos y El Pacae; el río Condebamba; FNat1 y FNat3 (manantiales), QCho2 (quebrada Choloque), QMoy2 y Qs/n1 (bocamina abandonada) se encontraron clasificadas como aguas del tipo sulfatadas cálcicas (CaSO₄).



[Handwritten signature in blue ink]

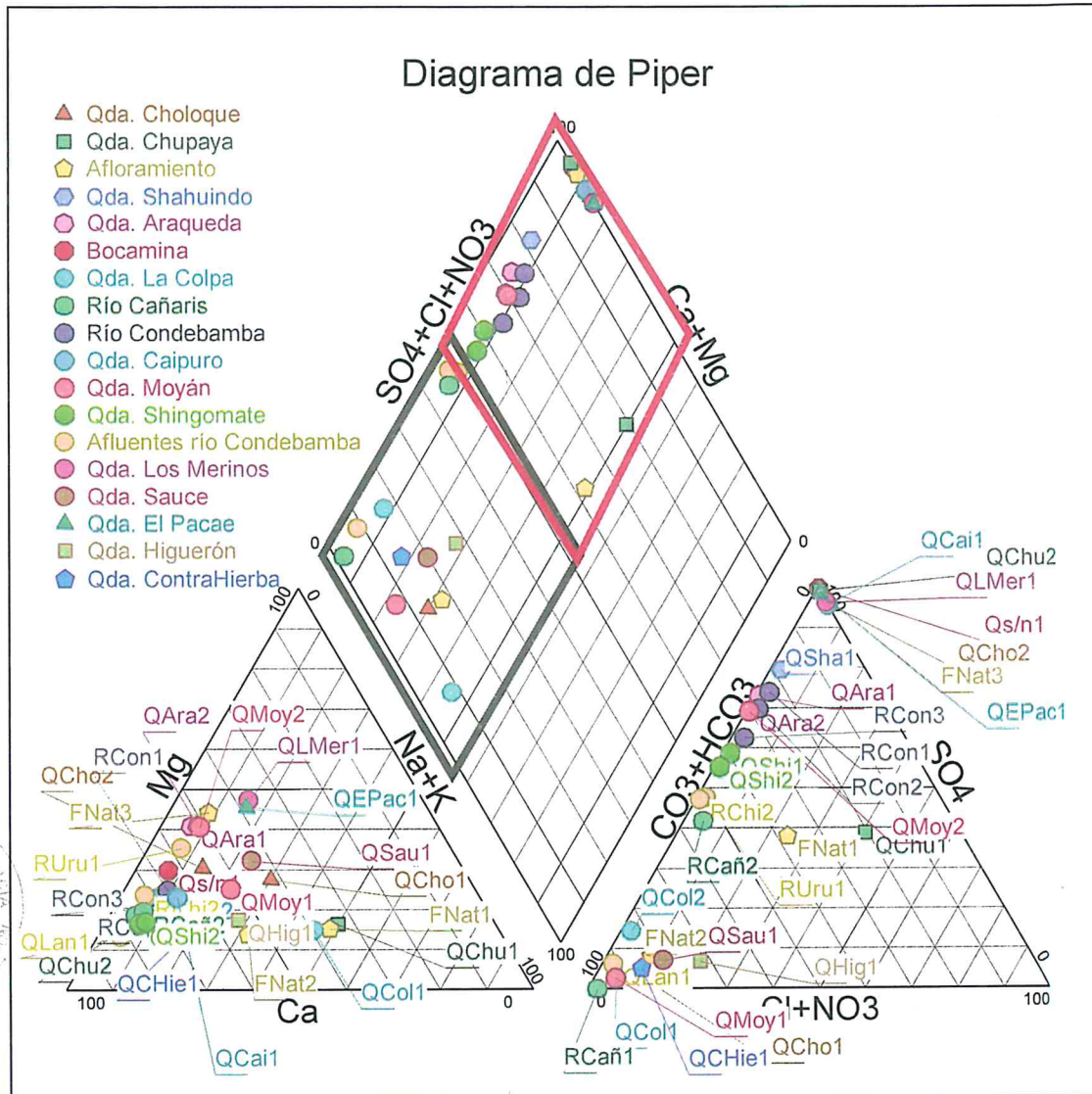


Figura 10-28. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo, de acuerdo al cuerpo de agua evaluado.

c.5. Diagramas Stiff

410. A continuación, se presentan los diagramas de Stiff de los puntos de muestreo de los cuerpos de agua evaluados. Estos diagramas permiten evaluar la distribución espacial de las diferentes composiciones de acuerdo a los cationes y aniones mayores.

MONITOREO Y VIGILANCIA
 OEFA
 DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN
[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

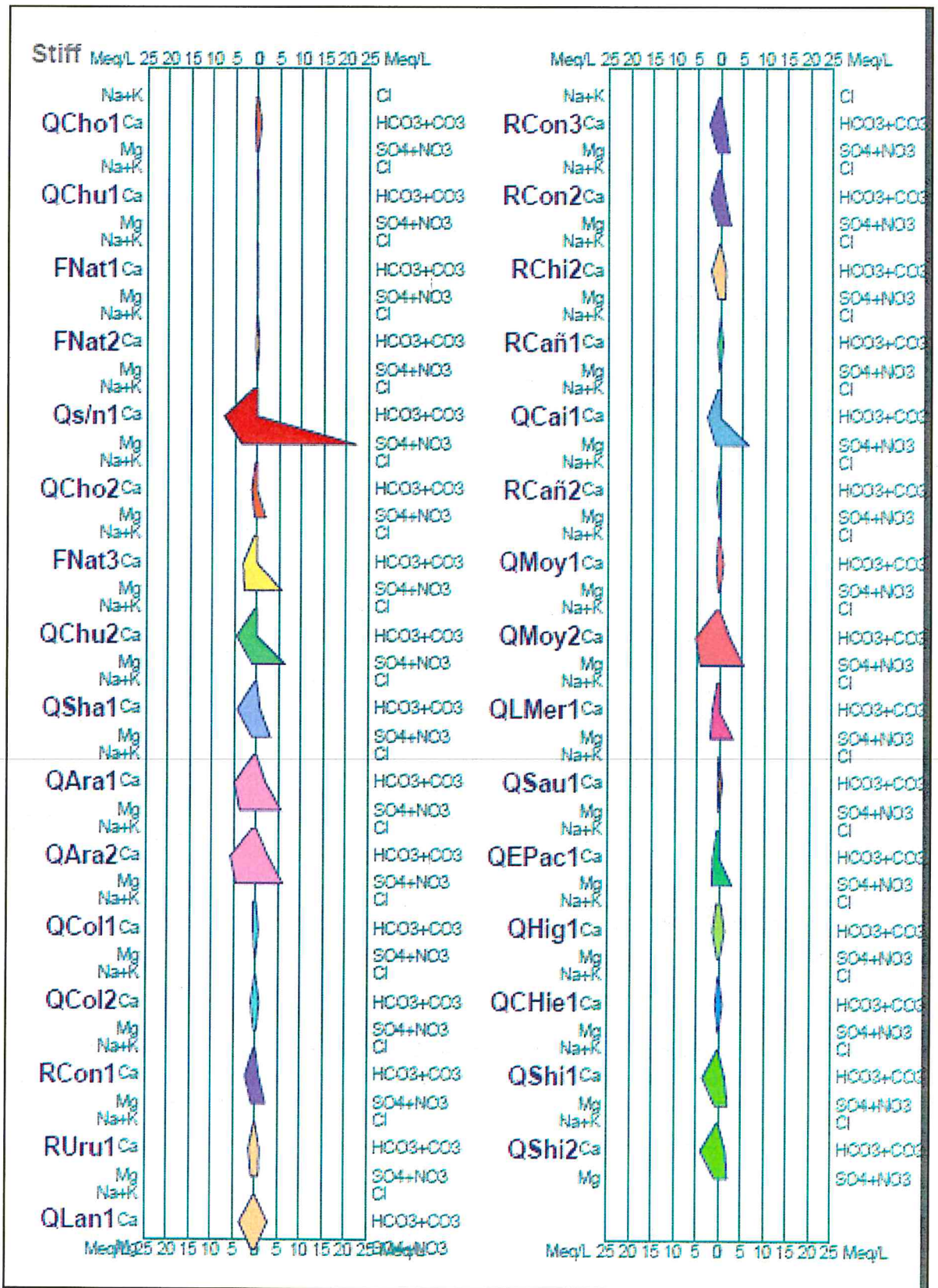


Figura 10-29. Diagrama de Stiff en los puntos de muestreo



411. Según los resultados mostrados en la Figura 10-29, en los cuerpos de agua evaluados, se evidenciaron rangos de mineralización en base a los iones, bicarbonatos (HCO_3), Calcio (Ca^+) y sulfatos (SO_4). La relación siguiente es:

- 0 – 5 Meq/L: quebradas Choloque, Shahuindo, La Colpa, Lanla, Shingomate, Contrahierba, Higuierón, El Pacae, Sauce, Los Merinos; los ríos Condebamba, Chimín, Cañaris y Urupuyo; los manantiales naturales (FNat1 y FNat2) y los puntos QChu1, QMoy1 con tendencias bicarbonatadas y sulfatadas.
- 5-10 Meq/L: quebradas Araqueda y Caipuro, el manantial FNat3 y los puntos QChu2 y QMoy2, con tendencias bicarbonatadas y sulfatadas superiores a los puntos antes mencionados.
- 10-25 Meq/L: en el punto Qs/n1, con una clara predominación del ion sulfatos sobre el resto de iones mencionados.



[Handwritten signature]

c.6. Diagramas de Schöeller Berkloff

412. De acuerdo a lo indicado en la Figura 10-31, el punto Qs/n1 (bocamina abandonada) registró mayores concentraciones (en mg/L y meq/L), de los cationes: calcio (Ca), magnesio (Mg) y la suma de sodio y potasio (Na+K), así como del anión sulfatos (SO₄).
413. De acuerdo a lo indicado en la Figura 10-32, los puntos evaluados del tramo de la quebrada Araqueda registraron mayores concentraciones (en mg/L y meq/L), de los cationes: calcio (Ca), magnesio (Mg) y la suma de sodio y potasio (Na+K), así como de los aniones sulfatos (SO₄), cloruros (Cl⁻) y la suma de HCO₃ + CO₃.
414. De acuerdo a lo indicado en la Figura 10-33, el punto QLan1 (qda. Lanla) registró concentraciones ligeramente superiores (en mg/L y meq/L), del catión: calcio (Ca) y la suma de HCO₃ + CO₃. Mientras que el punto RCon2 presentó la mayor concentración del anión SO₄.
415. De acuerdo a lo indicado en la Figura 10-34, el punto QCai1 (qda. Caipuro) registró mayores concentraciones (en mg/L y meq/L), de los cationes: calcio (Ca), magnesio (Mg) y la suma de sodio y potasio (Na+K); así como de los aniones Cl⁻ y SO₄.
416. De acuerdo a lo indicado en la Figura 10-35, el punto QMoy2 (qda. Moyán) registró mayores concentraciones (en mg/L y meq/L), de los cationes: calcio (Ca), magnesio (Mg) y la suma de sodio y potasio (Na+K); así como de los aniones SO₄ y la suma de HCO₃+CO₃.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

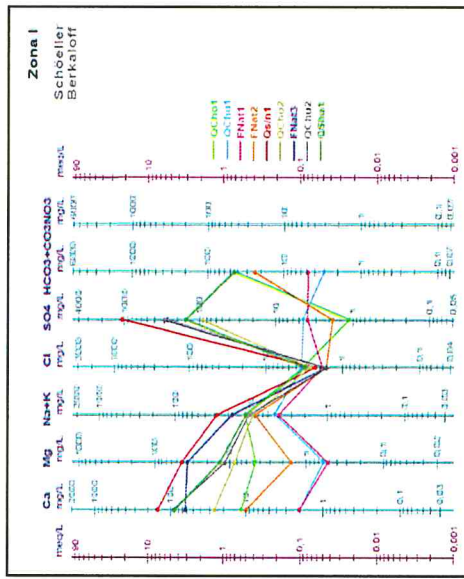


Figura 10-31. Diagrama de Schoeller Berkloff en los cuerpos de agua de la Zona I

Figura 10-32. Diagrama de Schoeller Berkloff en los cuerpos de agua de la Zona III

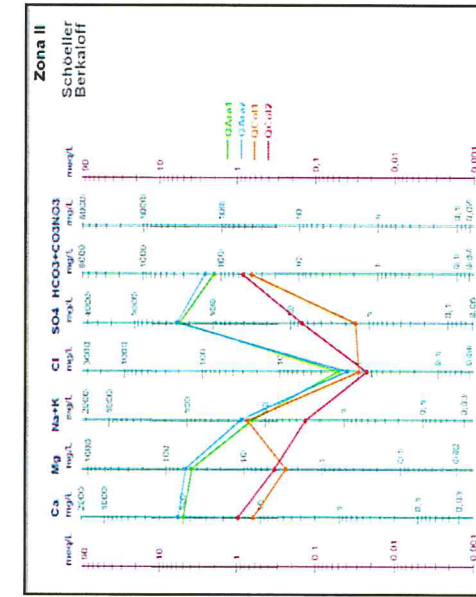
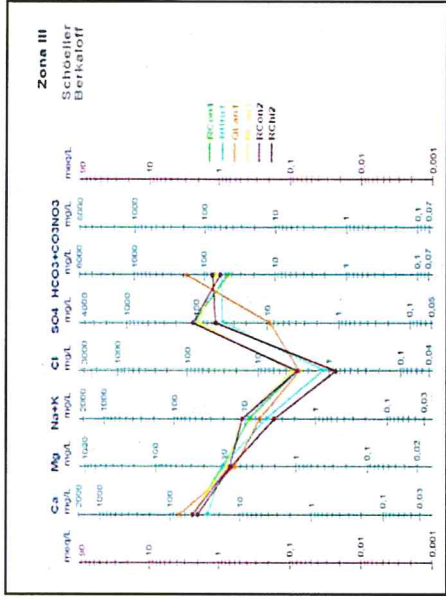


Figura 10-33. Diagrama de Schoeller Berkloff en los cuerpos de agua de la Zona II

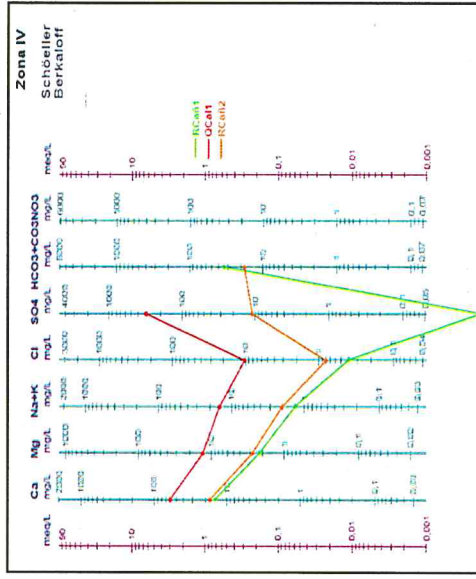


Figura 10-34. Diagrama de Schoeller Berkloff en los cuerpos de agua de la Zona III



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

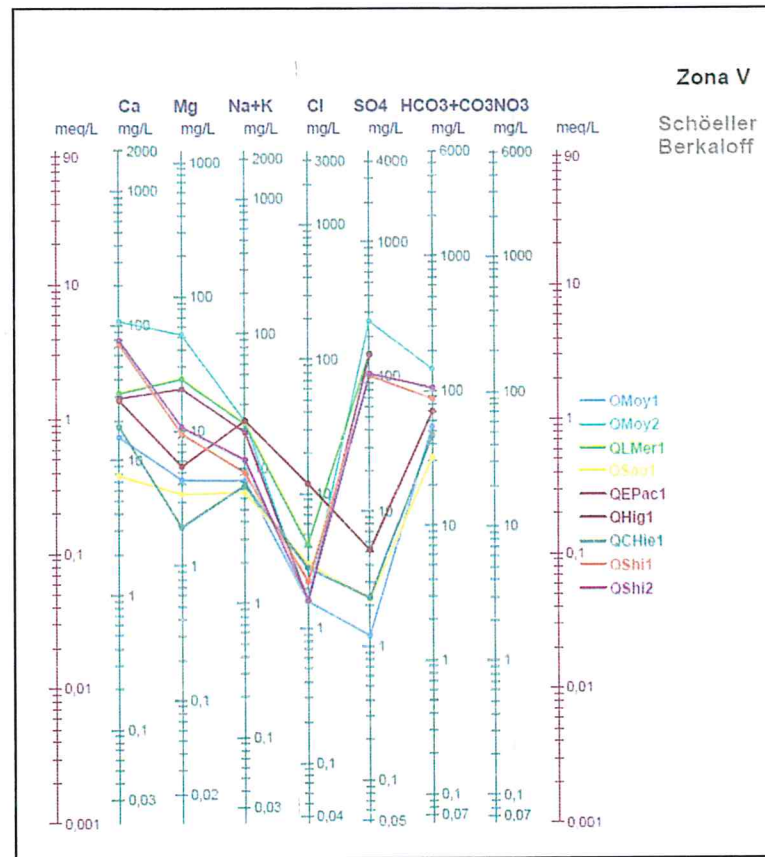


Figura 10-35. Diagrama de Schöeller Berkloff en los cuerpos de agua de la Zona V

c.7. Análisis multivariado

c.6.1. Análisis Clúster

417. De acuerdo al criterio de Sneath, se identificaron dos grupos principales, G1 y G2, para un análisis más detallado, se subdividió arbitrariamente los grupos 1 y 2. En la Figura 10-36, se muestra el dendrograma que agrupa los puntos de muestreo evaluados. En el Anexo H1 se muestra un output completo de los cálculos realizados.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

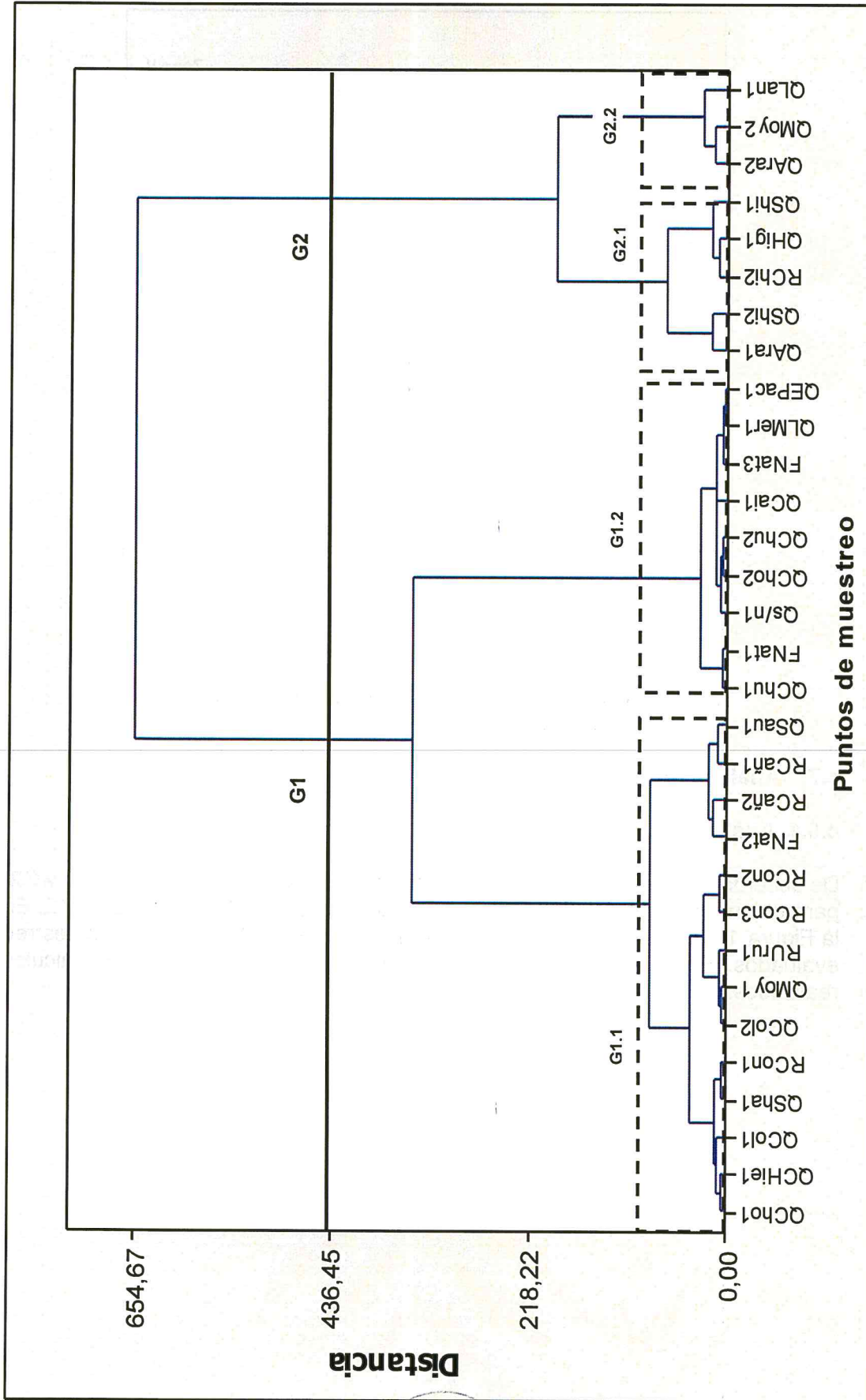


Figura 10-36. Dendrograma de los puntos de muestreo evaluados, subdividido de acuerdo a grupos.



418. Al respecto, en el grupo 1, se aprecian dos grupos: el 1.1 formado por los tramos evaluados de los ríos Cañaris, Condebamba, Urupuyo y las quebradas La Colpa, Shahuindo, Contrahierba y Sauce; y los puntos QCho1 (aguas arriba de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo), QMoy1 (quebrada Moyán, naciente), FNat2 (manantial); el 1.2 está formado por los tramos evaluados de las quebradas Chupaya, Caipuro, Los Merinos, El Pacae y los puntos QCho2 (quebrada Choloque, aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo) y manantiales (FNat1 y FNat3).
419. Finalmente, en el grupo 2, se aprecian dos grupos: el 2.1 formado por el tramo evaluados de las quebradas Shingomate e Higuerón, el río Chimín; y el punto QARA1 (qda. Araqueda, aguas arriba del centro poblado de Araqueda); el sub grupo 1.2 formado por el tramo evaluado de la quebrada Lanla y los puntos QARA2 (aguas abajo del CC.PP. Araqueda) y QMoy2.
420. A continuación, se analiza las composiciones químicas promedio de cada subgrupo identificado:

Tabla 10-3. Promedio de los parámetros (físico químico, metales totales y disueltos) obtenidos para cada grupo formado según análisis clúster

Grupos	G1		G2	
	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2
N	14	9	5	3
pH	6,76	5,13	6,96	8,10
C.E. (µS/cm)	191,52	613,52	407,58	640,00
Si	7,55	9,27	5,87	4,65
HCO ₃	44,11	0,91	92,00	160,53
Cl ⁻	2,01	3,26	3,62	1,87
SO ₄	38,76	260,34	106,20	186,47
Al	2,85	12,69	0,46	0,11
Ba	0,04	0,04	0,04	0,04
B	0,02	0,04	0,02	0,04
Ca	27,63	50,69	63,44	98,93
Cu	0,28	5,42	0,29	0,005
Sr	0,18	0,18	0,37	0,42
Fe	6,40	67,64	0,86	0,12
P	0,10	0,14	0,02	0,06
Li	0,01	0,01	0,01	0,06
Mg	5,74	17,60	16,04	38,49
Mn	0,47	5,88	0,13	0,02
K	3,17	9,22	4,59	3,69
Na	4,93	5,21	7,75	12,90
Zn	0,12	3,43	0,06	0,01

N: Número de puntos de muestreo de cada grupo

421. Por tanto, para el **Grupo 1 (G1)**, este grupo está formado por 23 puntos de muestreo, distinguiéndose dos sub grupos:
- Grupo 1.1 (G1.1)
422. Este subgrupo está conformado por 14 puntos pertenecientes a los ríos Cañaris, Condebamba, Urupuyo y las quebradas La Colpa, Shahuindo, Contrahierba y

Sauce; y los puntos QCho1, QMoy1 y FNat2 (manantial). Dentro de este grupo se presentó las más bajas concentraciones de C.E. SO₄, Ca, Sr, Li, Mg, K y Ca (totales).

- Grupo 1.2 (G1.2)

423. En este subgrupo existen 9 puntos de muestreo pertenecientes a las quebradas Chupaya, Caipuro, Los Merinos, El Pacae, los puntos QCho2 y los manantiales (FNat1 y FNat3), característico por presentar altas concentraciones de SO₄, Fe, Cu, Mn, K, Zn y Si (totales), pH ácido y bajas concentraciones de HCO₃ y Fe (total), el subgrupo muestra una concordancia espacial en la zona evaluada. De acuerdo al diagrama de Piper la muestra de este subgrupo es aguas del tipo sulfatadas cálcicas (CaSO₄).

424. Para el **Grupo 2 (G2)**, formado por 8 puntos de muestreo distinguiéndose dos sub grupos:

- Grupo 2.1 (G2.1)

425. Este subgrupo está conformado por 5 puntos pertenecientes a las quebradas Shingomate e Higuérón, el río Chimín; y el punto QARA1. Dentro de este grupo se presentaron las más bajas concentraciones de P (totales), y la mayor concentración de Cl⁻ (total).

- Grupo 2.2 (G2.2)

426. En este subgrupo existen 3 puntos de muestreo los caudales son: QARA2, QMoy2 y QLAN1, característico por presentar altas concentraciones de C.E., HCO₃, Ca, Sr, Mg, Na y Li (totales); pH básico y bajas concentraciones de Cl⁻, Si, Al, Cu, Fe y Zn (total), el subgrupo muestra una concordancia espacial en la zona evaluada. De acuerdo al diagrama de Piper la muestra de este subgrupo son como bicarbonatadas cálcicas (Ca (HCO₃)₂).

b.4.1. Análisis de componentes principales

427. El análisis de componentes principales se realizó con los parámetros analizados en los métodos estadísticos descritos anteriormente.

428. De acuerdo al criterio de Kaiser utilizado, se determinaron 3 componentes principales significativos, los que explican el 77,1% de la variabilidad de los datos. En la Tabla 10-4 se muestra un resumen de los pesos otorgados a cada uno de los parámetros en cada componente principal significativo. En la sección final de la tabla se muestran los valores propios de cada componente principal, la proporción de la variabilidad explicada para cada uno de ellos y la varianza explicada acumulada.

Tabla 10-4. Peso de cada parámetro en los cuatro componentes principales significativos, los valores propios, varianza explicada y varianza explicada acumulada de cada componente principal

Parámetro	PC1	PC2	PC3
pH	-0,263	0,170	-0,139
C.E.	0,287	0,224	0,103
Si	0,255	-0,120	-0,171
HCO ₃	-0,081	0,372	-0,093

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetro	PC1	PC2	PC3
Cl ⁻	0,163	-0,079	-0,482
SO ₄	0,284	0,146	0,034
Al	0,216	-0,313	0,015
Ba	0,087	-0,037	-0,548
B	0,284	0,179	-0,104
Ca	0,235	0,278	0,153
Cu	0,161	-0,167	0,303
Sr	0,163	0,262	0,240
Fe	0,195	-0,307	0,079
P	0,156	-0,252	-0,083
Li	0,270	0,193	-0,028
Mg	0,243	0,289	0,073
Mn	0,274	-0,199	0,090
K	0,233	-0,031	-0,342
Na	0,183	0,261	-0,145
Zn	0,263	-0,219	0,221
Valor propio	7,9826	5,2609	2,1774
Proporción	0,399	0,263	0,109
Acumulada	0,399	0,662	0,771

429. El primer componente principal (PC1) explica el 39,9% de la variabilidad total y presenta las mayores correlaciones positivas con la C.E., SO₄, B, Li, Mn y Zn; y una mayor correlación negativa con el pH. El segundo componente principal (PC2) explica el 26,3% de la variabilidad total, mostro una alta correlación positiva con HCO₃, Ca, Mg, Sr y Na y negativa con Al y Fe. El tercer componente principal (PC3), explica el 10,9% de la variabilidad total y mostró la mayor correlación positiva con Cu y negativa con Ba, Cl⁻ y K.

430. En la Tabla 10-5, se presenta un resumen de los tres componentes principales, y una interpretación preliminar para cada una de ellos. En el anexo H se muestra un output completo del análisis estadístico en mención.

Tabla 10-5. Resumen de interpretación de los tres primeros componentes principales

Componentes principales	Parámetros	Interpretación preliminar
PC1	C.E., SO ₄ , B, Li, -pH	Zonas con alteración hidrotermal, actividades antropogénicas
PC2	pH, HCO ₃ , Ca, Sr, Mg, Na, -Al, -Fe	Zonas con alteración hidrotermal, zonas urbanas
PC3	Cu, -Cl ⁻ , -Ba, -K	Zonas con alteración hidrotermal

431. En la Figura 10-37, se muestra la distribución de los clústeres en el espacio de componentes principales. Se advierte que los clústeres muestran una coherencia espacial en el espacio de los componentes principales, y así se puede establecer un significado estadístico e hidroquímico independiente. PC1, cuyos parámetros representativos fueron altas concentraciones de C.E., SO₄, B, Li y tendencia menores valores de pH, separando claramente el G1.1 del G1.2. En el eje de PC2, cuyos parámetros fueron altas concentraciones HCO₃, CA, Sr, Mg, Na, valores de pH básicos y menores concentraciones de Al y Fe (total), quedando ubicados puntos pertenecientes al G2.1 y G2.2 en la parte positiva del eje y la zona central.

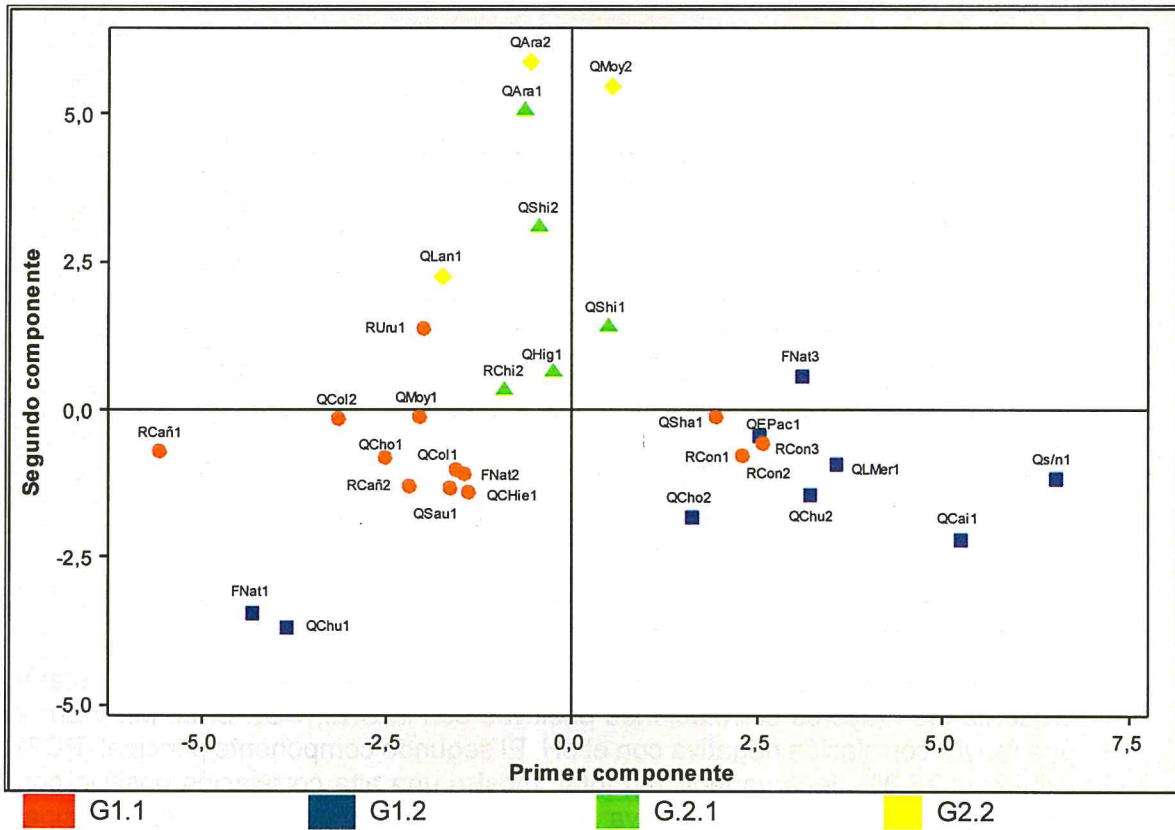


Figura 10-37. Ubicación de los grupos obtenidos de clústeres según los componentes principales

10.2. Calidad de sedimentos



432. En esta sección se presentan los resultados y análisis de las zonas evaluadas (ítem 6.1). Los resultados de laboratorio del componente sedimento, se presentan en el Anexo C4.

10.2.1. Concentraciones de los principales metales pesados

433. A continuación, se muestran las gráficas de los principales metales pesados que presentaron significativas concentraciones, de acuerdo a las zonas evaluadas.

a. Arsénico total

434. En la Figura 10-38, se presentan las concentraciones de arsénico total en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.

[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

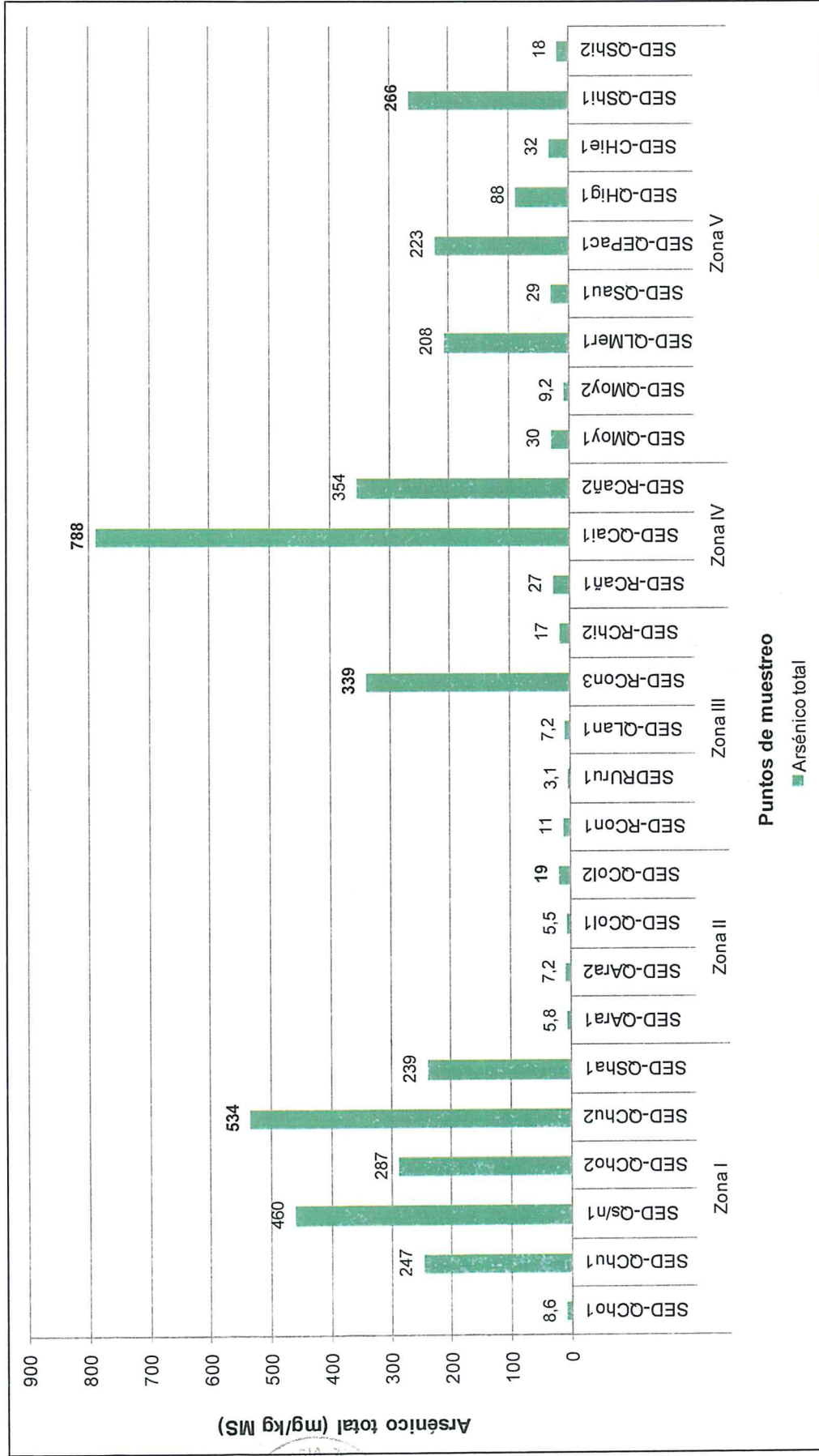
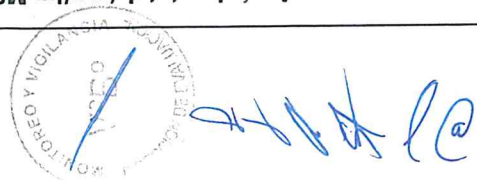



Figura 10-38. Concentraciones de arsénico total en las cinco zonas evaluadas.

- Zona I

435. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-38, las concentraciones de arsénico total de los puntos SED-QCho1, SED-Qchu1, SED-Qs/n1, SED-QCho2, SED-QChu2 y SED-QSha1, fueron de 8,6; 247; 460; 287; 534 y 239 mg/kg MS respectivamente.
436. Es importante señalar, que las escorrentías provenientes de la bocamina abandonada (Qs/n1) que posiblemente por erosión transporten sedimentos, descargan a la quebrada Chupaya, contribuyendo al aumento del valor de arsénico total, que se refleja en el valor de 534 mg/kg MS encontrado en el punto QChu2 (aguas abajo del punto SED-Qs/n1), a comparación del punto SED-QChu1 (aguas arriba del punto SED-QS/n1) que presentó 247 mg/kg MS.
437. El valor de arsénico total en el punto SED-QCho1 (ubicado aguas arriba de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo) fue de 8,6 mg/kg MS, mientras que en el punto SED-QCho2 (ubicado aguas abajo de la zona de operaciones) fue de 287 mg/KG MS; indicando que el incremento en 279,4 mg/kg MS posiblemente sea debido a las actividades mineras de la zona o la erosión causada por condiciones naturales de la quebrada.
438. El punto SED-QSha1 (quebrada Shahuindo, formado de la confluencia de las quebradas Choloque y Chupaya) presentó un valor de 239 mg/kg MS, este valor se deba posiblemente a la alta carga de sedimentos que recibe por parte de las quebradas ya mencionadas.

- Zona II

439. En la zona II, como se puede observar en la Figura 10-38, las concentraciones de arsénico total en los puntos SED-QAra1, SED-QAra2, SED-QCol1 y SED-QCol2 fueron de 5,8; 7,2; 5,5 y 19 mg/kg MS respectivamente.
440. El punto SED-QAra1 (aguas arriba del centro poblado Araqueda) presentó un valor de 5,8 mg/kg MS, mientras que en el punto situado aguas abajo del CC.PP. Araqueda (SED-QAra2), se encontró en 7,2 mg/kg MS; existiendo un incremento 1,4 mg/kg MS después de la mencionada zona urbana, influenciando posiblemente en el aumento del mismo, o la erosión causada por condiciones naturales de la quebrada.
441. El tramo evaluado de la Qda. La Colpa (antes de la confluencia con la Qda. Araqueda) presentó concentraciones de 5,5 y 19 mg/kg MS en los puntos SED-QCol1 y SED-QCol2 respectivamente, notándose un incremento de 13,5 mg/kg MS, posiblemente debido a la erosión causada por condiciones naturales de la quebrada.

- Zona III

442. Respecto a esta zona en la Figura 10-38, se aprecian que la concentraciones de arsénico total en los punto SED-RCon1, SED-QLan1, SED-RUru1, SED-RChi2 y SED-RCon3 fueron de 11; 7,2; 3,1; 17 y 339 mg/kg MS, respectivamente; siendo la mayor concentración encontrada en el punto SED-RCon3 (río Condebamba, aguas arriba de la confluencia con el río Chimín).



443. La concentración más elevada en la zona III se presentó en el punto SED-RCon3, esto probablemente sea debido a la erosión causada por condiciones naturales del río.

- **Zona IV**

444. En la zona IV, como se puede observar en la Figura 10-38, las concentraciones de arsénico total en los puntos SED-RCañ1, SED-QCai1 y SED-RCañ2 fueron de 27; 788 y 354 mg/kg MS, respectivamente.

445. Respecto a esta zona, el punto ubicado en la quebrada Caipuro (SED-QCai1) presentó la mayor concentración 788 mg/kg MS; la misma que descarga sus aguas en el río Cañaris, pudiendo erosionar su cauce; indicando que estas podrían tener influencia en el incremento de la concentración en el punto RCañ2, la cual presentó 354 mg/kg MS (ubicado aguas abajo del punto QCai1) en comparación del punto Rcañ1 con 27 mg/kg MS (situado aguas arriba de referido punto).

- **Zona V**

446. Como se observa en la Figura 10-38, las concentraciones de arsénico total en los puntos SED-QMoy1, SED-QMoy2, SED-QLMer1, SED-QSau1, SED-QEPac1, SED-QHig1, SED-QCHie1, SED-QShi1 y SED-QShi2, fueron 30; 9,2; 208; 29; 223; 88; 32; 266 y 18 mg/kg MS respectivamente.

447. El punto QCHie1 (quebrada Contrahierba), presentó una concentración de 32 mg/kg MS y en el punto SED-QHig1 (quebrada Higuérón) la concentración fue de 88 mg/kg MS, este punto se encuentra aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; pudiendo influenciar en la erosión de la misma.

448. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (SED-QLMer1) presentó una concentración de 208 mg/kg MS; seguidamente la quebrada Sauce la cual es su afluente, obtuvo una concentración de arsénico de 29 mg/kg MS en el punto SED-QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente por la confluencia de estas dos quebradas en mención se forma la Quebrada El Pacae (SED-QEPac1) el cual presentó una concentración de 223 mg/kg MS. esto probablemente sea debido a la erosión causada por condiciones naturales de la quebrada Los Merinos.

b. Cadmio total

449. En la Figura 10-39, se presentan las concentraciones de cadmio total en las zonas evaluadas de la presente evaluación.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

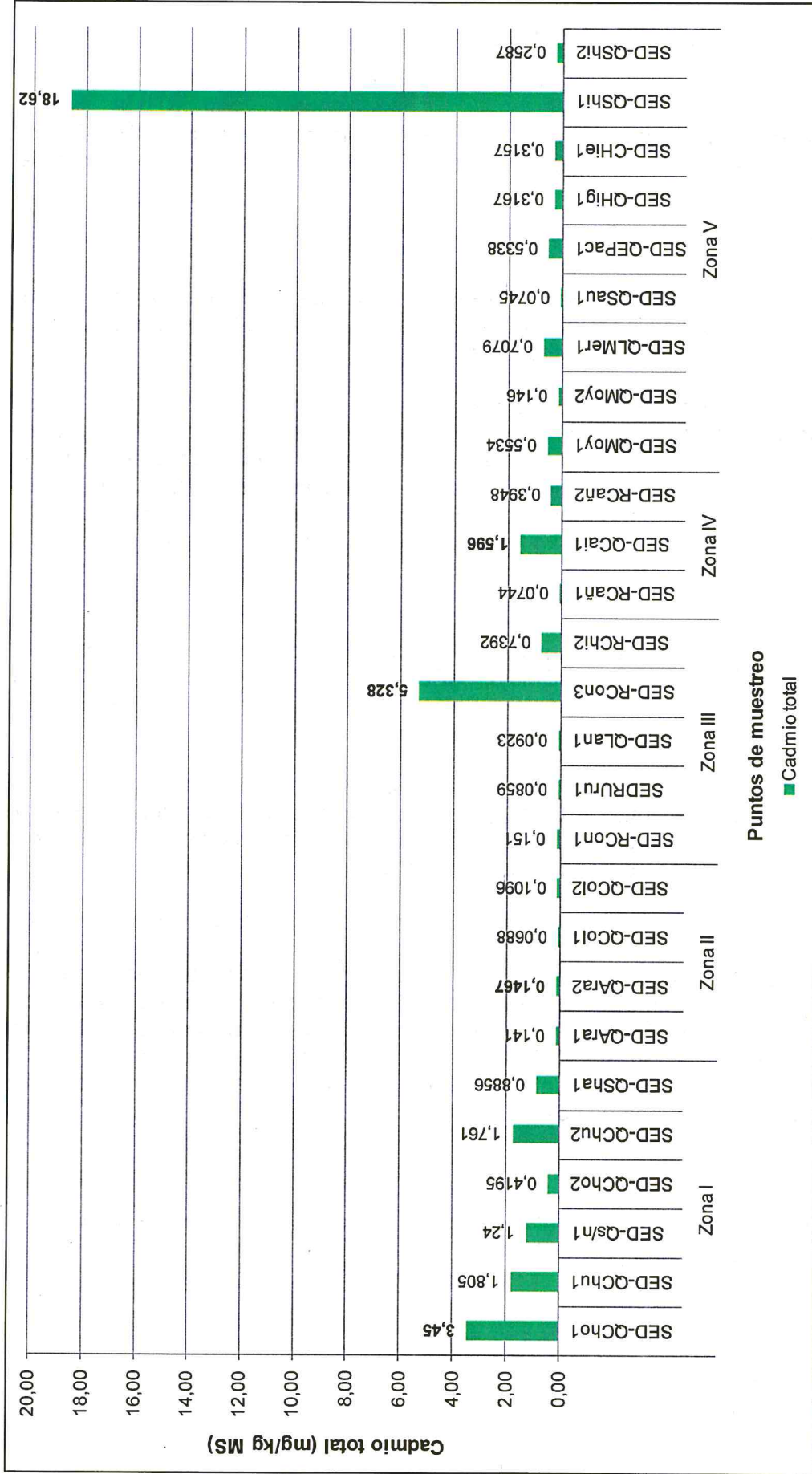


Figura 10-39. Concentraciones de cadmio total en las cinco zonas evaluadas



[Handwritten signature]

- Zona I

450. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-39, el punto SED-QCho1 presentó la mayor concentración de cadmio total con 3,45 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-QChu1, SED-Qs/n1, SED-QCho2, SED-QChu2 y SED-QSha1 las concentraciones de cadmio total fueron de 1,805; 1,24; 0,4195; 1,761 y 0,8856 mg/kg MS respectivamente.

- Zona II

451. Respecto a la zona II, como se puede apreciar en la Figura 10-39, los puntos SED-QAra1, SED-QAra2, SED-QCol1 y SED-QCol2 las concentraciones de cadmio total fueron de 0,141; 0,1467; 0,0688 y 0,1096 respectivamente.

- Zona III

452. Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Figura 10-39, el punto SED-RCon3 presentó la mayor concentración de cadmio total con 5,328 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCon1, SED-RUru1, SED-QLan1 y SED-RChi2, las concentraciones de cadmio total fueron de 0,151; 0,0859; 0,0923 y 0,7392 mg/kg MS respectivamente.

- Zona IV

453. Respecto a la zona IV, como se puede apreciar en la Figura 10-39, el punto SED-QCai1 presentó la mayor concentración de cadmio total con 1,596 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCañ1 y SED-RCañ2, presentaron concentraciones de cadmio total de 0,0744 y 0,3948 mg/kg MS respectivamente.

- Zona V

454. Como se observa en la Figura 10-39, las concentraciones de cadmio total en los puntos SED-QMoy1, SED-QMoy2, SED-QLMer1, SED-QSau1, SED-QEPac1, SED-QHig1, SED-QCHie1, SED-QShi1 y SED-QShi2, fueron 0,5534; 0,146; 0,7079; 0,0745; 0,5338; 0,3167; 0,3157; 18,62 y 0,2587 mg/kg MS respectivamente, presentando el punto QShi1 (ubicado aguas arriba del caserío de Siguis), la mayor concentración respecto al referido metal.

c. Cobre total

455. En la Figura 10-40, se presentan las concentraciones de cobre total en las zonas evaluadas.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

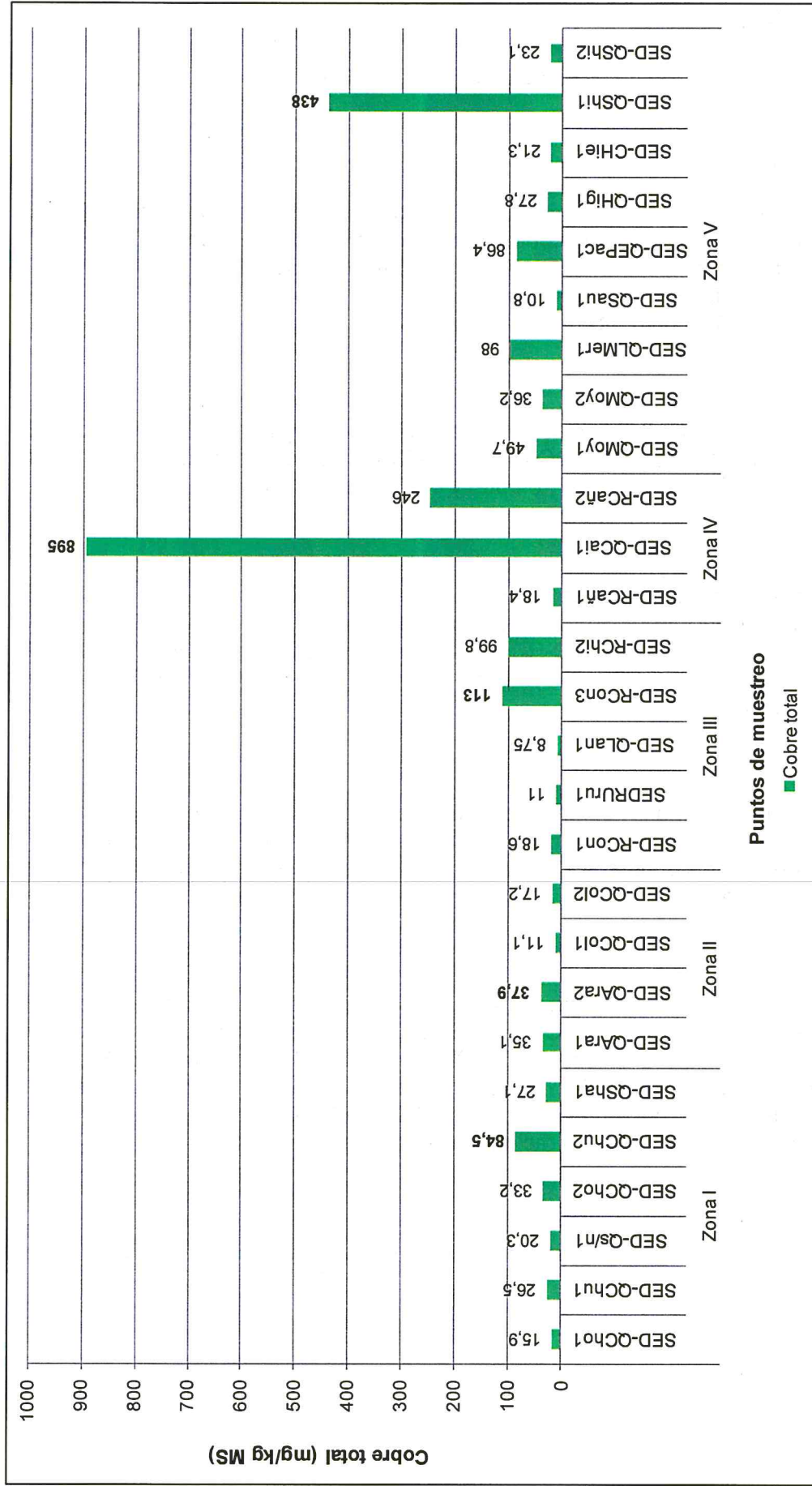
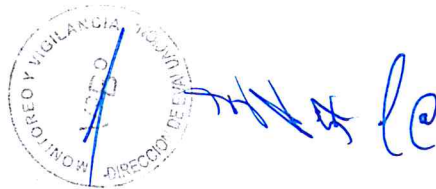


Figura 10-40. Concentraciones de cobre total en las cinco zonas evaluadas



- Zona I

456. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-40, el punto SED-QChu2 presentó la mayor concentración de cobre total con 84,5 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-QCho1, SED-QChu1, SED-Qs/n1, SED-QCho2 y SED-QSha1 las concentraciones de cobre total fueron de 15,9; 26,5; 20,3; 33,2 y 27,1 mg/kg MS respectivamente.

- Zona II

457. Respecto a la zona II, como se puede apreciar en la Figura 10-40, los puntos SED-QAra1, SED-QAra2, SED-QCol1 y SED-QCol2 las concentraciones de cobre total fueron de 35,1; 37,9; 11,1 y 17,2 respectivamente.

- Zona III

458. Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Figura 10-40, los puntos SED-RCon3 y SED-RChi2 presentaron las mayores concentraciones de cobre total con 113 y 99,8 mg/kg MS respectivamente, mientras que los puntos SED-RCon1, SED-RUru1 y SED-QLan1 las concentraciones de cobre total fueron de 18,6; 11 y 8,75 mg/kg MS respectivamente.

- Zona IV

459. Respecto a la zona IV, como se puede apreciar en la Figura 10-40, el punto SED-QCai1 presentó la mayor concentración de cobre total con 895 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCañ1 y SED-RCañ2, presentaron concentraciones de cobre total de 18,4 y 246 mg/kg MS respectivamente.

- Zona V

460. Como se observa en la Figura 10-40, las concentraciones de cobre total en los puntos SED-QMoy1, SED-QMoy2, SED-QLMer1, SED-QSau1, SED-QEPac1, SED-QHig1, SED-QCHie1, SED-QShi1 y SED-QShi2, fueron 49,7; 36,2; 98; 10,8; 86,4; 27,8; 21,3; 438 y 23,1 mg/kg MS respectivamente, presentando el punto QShi1 (ubicado aguas arriba del caserío de Siguis), la mayor concentración respecto al referido metal.

d. Plomo total

461. En la Figura 10-41, se presentan las concentraciones de plomo total en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

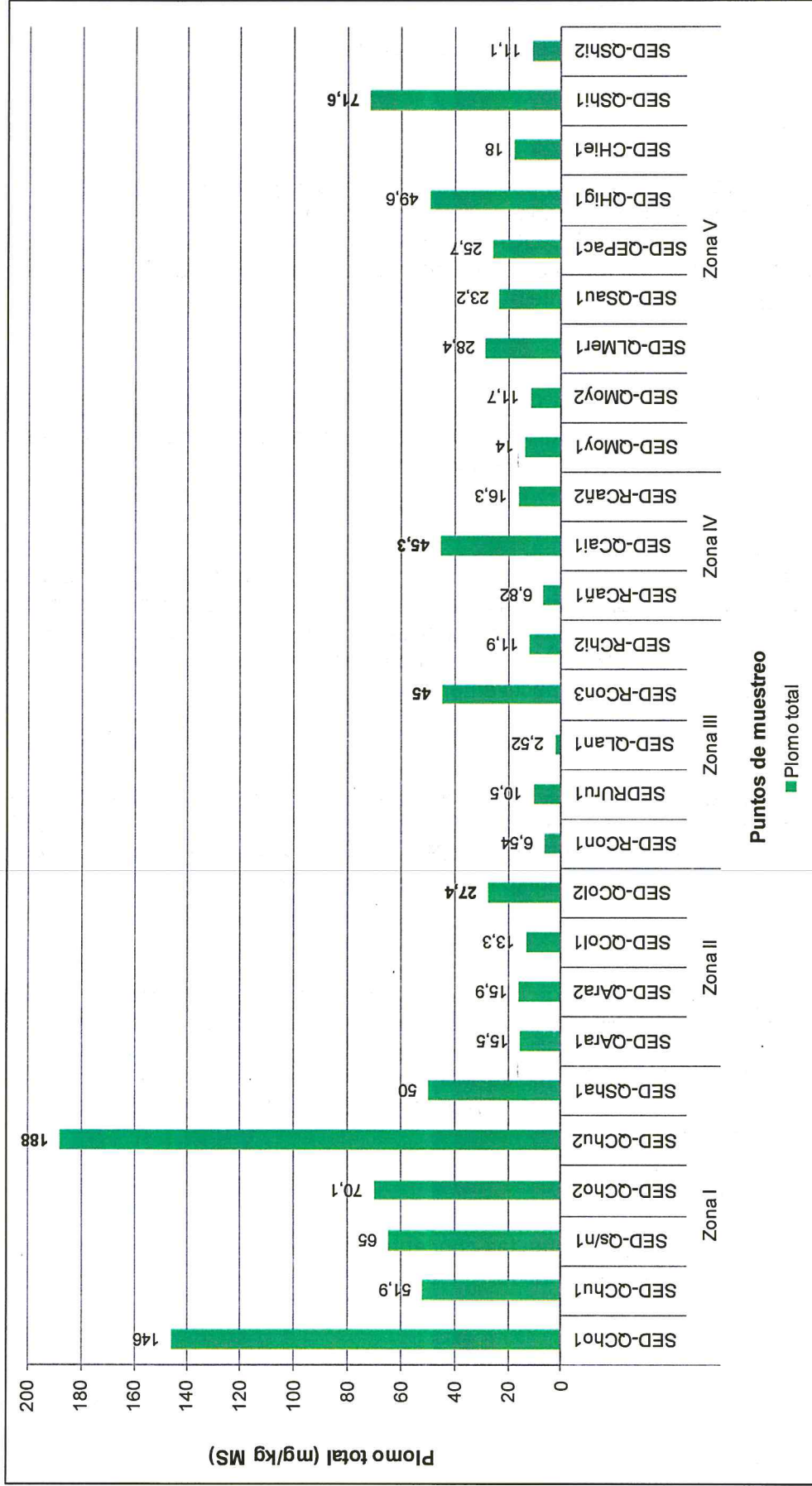


Figura 10-41. Concentraciones de plomo total en las cinco zonas evaluadas

MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL
DIRECCION DE EVALUACION
[Signature]

- Zona I

462. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-41, el punto SED-QChu2 presentó la mayor concentración de plomo total con 188 mg/kg MS, mientras que en los puntos SED-QCho1, SED-QChu1, SED-Qs/n1, SED-QCho2 y SED-QSha1 las concentraciones de plomo total fueron de 146; 51,9; 65; 70,1 y 50 mg/kg MS respectivamente.

- Zona II

463. Respecto a la zona II, como se puede apreciar en la Figura 10-41, los puntos SED-QAra1, SED-QAra2, SED-QCol1 y SED-QCol2 las concentraciones de plomo total fueron de 15,5; 15,9; 13,3 y 27,4 respectivamente.

- Zona III

464. Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Figura 10-41, el punto SED-RCon3 presentó la mayor concentración de plomo total con 45 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCon1, SED-RUru1, SED-QLan1 y SED-RChi2 presentaron concentraciones de plomo total de 6,54; 10,5; 2,52 y 11,9 mg/kg MS respectivamente.

- Zona IV

465. Respecto a la zona IV, como se puede apreciar en la Figura 10-41, el punto SED-QCai1 presentó la mayor concentración de plomo total con 45,3 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCañ1 y SED-RCañ2, presentaron concentraciones de plomo total de 6,82 y 16,3 mg/kg MS respectivamente.

- Zona V

466. Como se observa en la Figura 10-41, las concentraciones de plomo total en los puntos SED-QMoy1, SED-QMoy2, SED-QLMer1, SED-QSau1, SED-QEPac1, SED-QHig1, SED-QCHie1, SED-QShi1 y SED-QShi2, fueron 14; 11,7; 28,4; 23,2; 25,7; 49,6; 18; 71,6 y 11,1 mg/kg MS respectivamente, presentando el punto QShi1 (ubicado aguas arriba del caserío de Siguis), la mayor concentración respecto a referido metal.

467. En el punto SED-QHig1 (quebrada Higuerón) la concentración fue de 49,6 mg/kg MS, este punto se encuentra aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; pudiendo influenciar en la erosión de las mismas.

468. En el tramo evaluado de la quebrada Moyán, las concentraciones de plomo total fueron de 14 y 11,7 mg/kg MS en los puntos SED-QMoy1 y SED-QMoy2 respectivamente, influenciando probablemente por procesos de erosión causados por condiciones naturales de esta quebrada.

469. En el tramo evaluado de la quebrada Shingomate las concentraciones de plomo total fueron de 71,6 y 11,1 mg/kg MS en los puntos SED-QShi1 y SED-QShi2 respectivamente, influenciando probablemente por procesos de erosión causados por condiciones naturales de esta quebrada.



470. El punto ubicado en la quebrada Los Merinos (SED-QLMer1) presentó una concentración de 28,4 mg/kg MS; seguidamente la quebrada Sauce la cual es su afluente, obtuvo una concentración de plomo de 23,2mg/kg MS en el punto SED-QSau1; dicha quebrada nace en la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo; posteriormente a la confluencia de estas dos quebradas en mención se forma la Quebrada El Pacae (SED-QEPac1) el cual presentó una concentración de 25,7 mg/kg MS. esto probablemente debido a la erosión causada por condiciones naturales de estas quebradas.

e. Zinc total

471. En la Figura 10-42, se presentan las concentraciones de zinc total en las zonas evaluadas del distrito de Cachachi.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

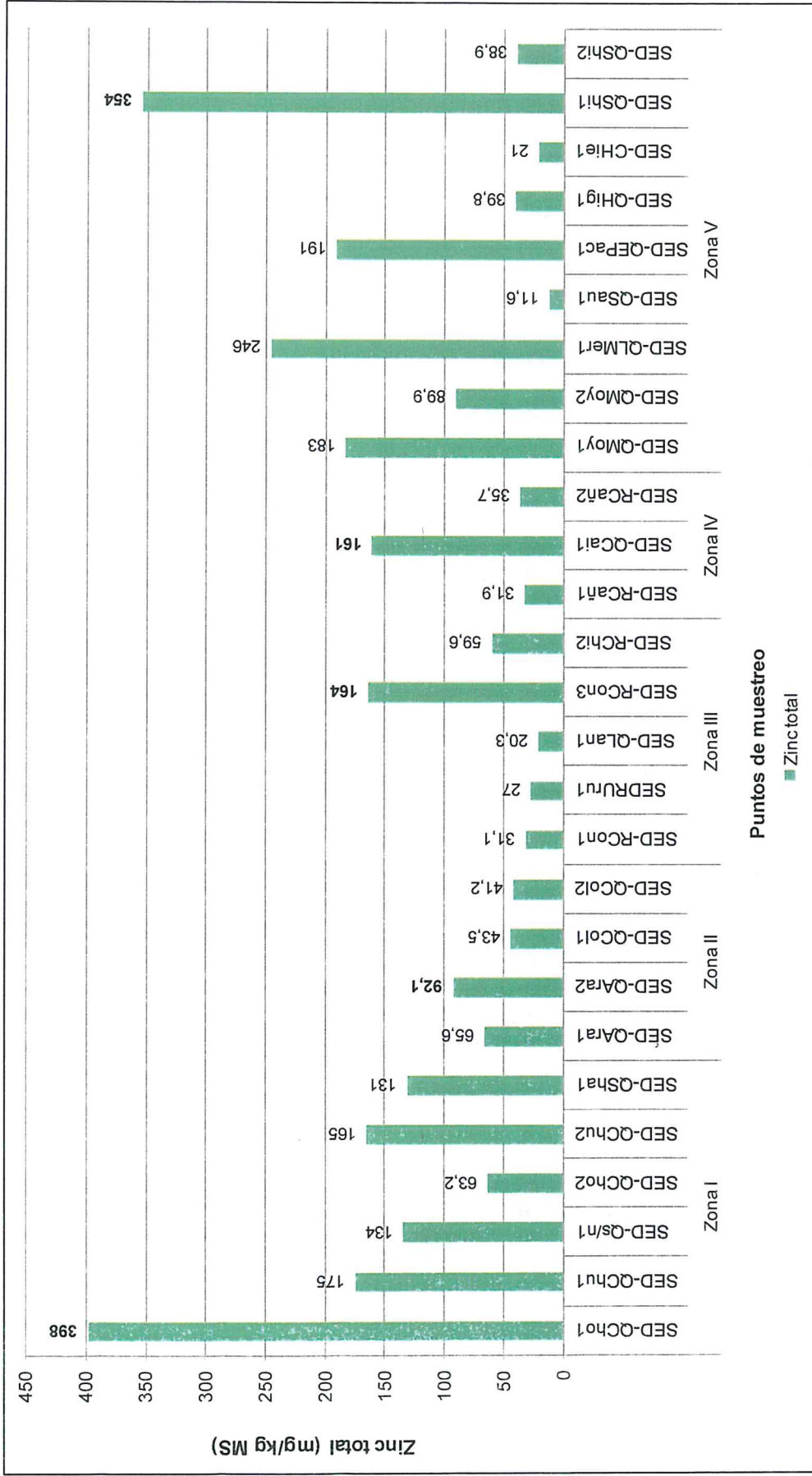


Figura 10-42. Concentraciones de zinc total en las cinco zonas evaluadas



[Handwritten signature]

- Zona I

472. Respecto a la zona I, como se puede apreciar en la Figura 10-42, el punto SED-QCho1 presentó la mayor concentración de zinc total con 398 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-QChu1, SED-Qs/n1, SED-QCho2, SED-QChu2 y SED-QSha1, las concentraciones de zinc total fueron de 175; 134; 63,2; 165 y 131 mg/kg MS respectivamente.

- Zona II

473. Respecto a la zona II, como se puede apreciar en la Figura 10-42, los puntos SED-QAra1, SED-QAra2, SED-QCol1 y SED-QCol2 las concentraciones de zinc total fueron de 65,6; 92,1; 43,5 y 41,2 respectivamente.

- Zona III

474. Respecto a la zona III, como se puede apreciar en la Figura 10-42, el punto SED-RCon3 presentó la mayor concentración de zinc total con 164 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCon1, SED-RUru1, SED-QLan1 y SED-RChi2 presentaron concentraciones de plomo total de 31,1; 27; 20,3 y 59,6 6 mg/kg MS respectivamente.

- Zona IV

475. Respecto a la zona IV, como se puede apreciar en la Figura 10-42, el punto SED-QCai1 presentó la mayor concentración de zinc total con 161 mg/kg MS, mientras que los puntos SED-RCañ1 y SED-RCañ2, presentaron concentraciones de zinc total de 31,9 y 35,7 mg/kg MS respectivamente.

- Zona V

476. Como se observa en la Figura 10-42, las concentraciones de zinc total en los puntos SED-QMoy1, SED-QMoy2, SED-QLMer1, SED-QSau1, SED-QEPac1, SED-QHig1, SED-QCHie1, SED-QShi1 y SED-QShi2, fueron de 183; 89,9; 246; 11,6; 191; 39,8; 21; 354 y 38,9 mg/kg MS respectivamente, presentando el punto QShi1 (ubicado aguas arriba del caserío de Siguis), la mayor concentración respecto a referido metal.

10.2.2. Evaluación estadística

477. Como se muestra en la Tabla 10-6, de los resultados obtenidos, en los porcentajes de datos censurados estadísticamente (con censura no debería confundirse al concepto de truncamiento; con censura, se sabe que las observaciones censuradas superan cierto umbral y esta información parcial puede usarse a la hora de modelar estadísticamente el fenómeno; mientras que, con el truncamiento, las observaciones se descartan enteramente) no existió una considerable variación para cada parámetro. Por tanto, de acuerdo a las actividades realizadas en la zona evaluada y a los metales principales que se encuentran en la corteza terrestre, se consideraron para el análisis estadístico los siguientes parámetros: Al, As, Cd, Cu, Pb, Zn, Be, Co, Fe, Mg y Ni.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-6. Porcentaje de datos censurados estadísticamente para los diferentes parámetros obtenidos del total de puntos de muestreo evaluados

Metal	% Censurados	Metales totales	% Censurados
Al	0	Mg	0
Sb	0	Mn	0
As	0	Hg	70
Ba	0	Mo	0
Be	0	Ni	0
Bi	0	Ag	67
B	11	Pb	0
Cd	0	K	0
Ca	4	Se	0
Ce	0	Na	7
Co	0	Ta	0
Cu	0	Ti	0
Cr	0	Th	0
Sn	0	U	0
Sr	0	V	0
P	0	W	0
Fe	0	Zn	0
Li	0	-	-

a. Diagrama de cajas

478. En la Figura 10-43 se muestran los diagramas de cajas para los 33 metales totales en los 27 puntos de muestreo evaluados.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

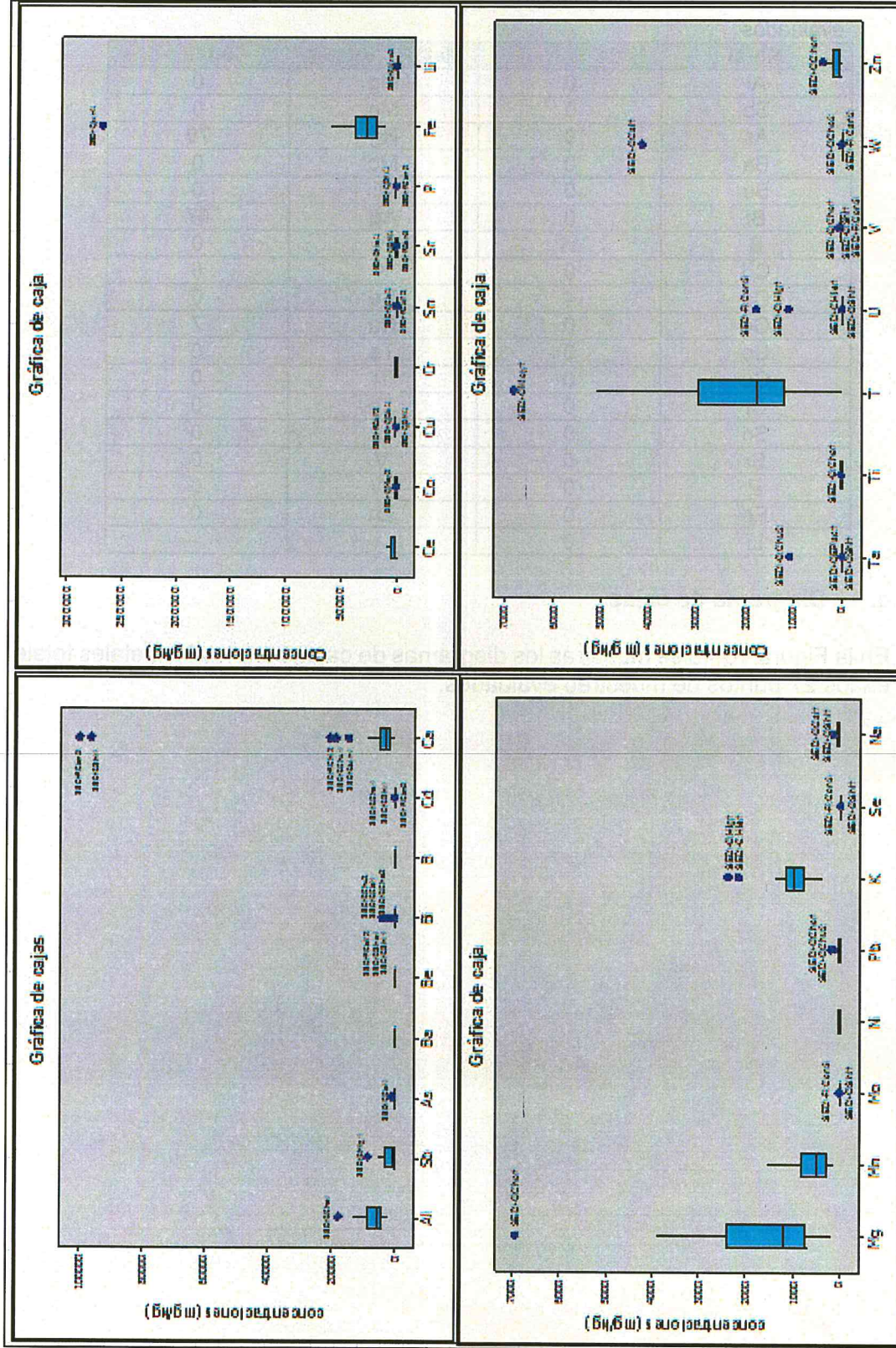


Figura 10-43. Diagrama de cajas concentraciones de los metales vs. puntos de muestreo

MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
OEFA

479. Los metales totales que no presentaron valores atípicos (observación que es numéricamente distante al resto de datos) fueron Ni, Mn, Fe, Cr, Ce, B, Be y Ba (8 de 33 metales); por otro lado, los puntos SED-QAra1, SED-QCol1, SED-QCol2, SED-RCon1, SED-RUru1, Sed-QLan1, SED-RCañ1, SED-QLMer1, SED-QSau1 y SED-QShi2 (10 de 27 puntos). Finalmente, los metales que presentaron mayor cantidad de valores atípicos en los puntos de muestreo evaluados fueron Ca, Cu, Sr, P, Se, U, V y Bi.

b. Análisis de Correlación lineal

480. En la Anexo H2 se muestra la correlación lineal existente entre el grupo de metales totales, que se consideraron según los análisis estadísticos realizados.

481. Al respecto, se puede indicar que los metales que presentan mayor valor de correlación positiva ($0,7 < r < 1,0$) son Fe, Ta, Ti, Sr, P, W y Ca; mientras que los metales que presentan una menor correlación positiva unos a otros ($0,2 < r < 0,4$) son Zn, V, Na, Ni, Ba, Al, Sb, As, Be, Bi, B, Ce y Co.

c. Análisis gráfico: Variaciones espaciales

482. A continuación, se presenta un análisis gráfico de la variación espacial de las concentraciones de los diferentes parámetros considerados en la evaluación. Cabe señalar que de acuerdo a la zona evaluada los parámetros de interés están relacionados a actividades mineras.

d. Análisis multivariado

d.1. Análisis Clúster

483. De acuerdo al criterio de Sneath, se identificaron dos grupos principales, G1 y G2, para un análisis más detallado, se subdividió arbitrariamente los grupos 1 y 2. En la Figura 10-44, se muestra el dendrograma que agrupa los puntos de muestreo evaluados. En el Anexo H1 se muestra un output completo de los cálculos realizados.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

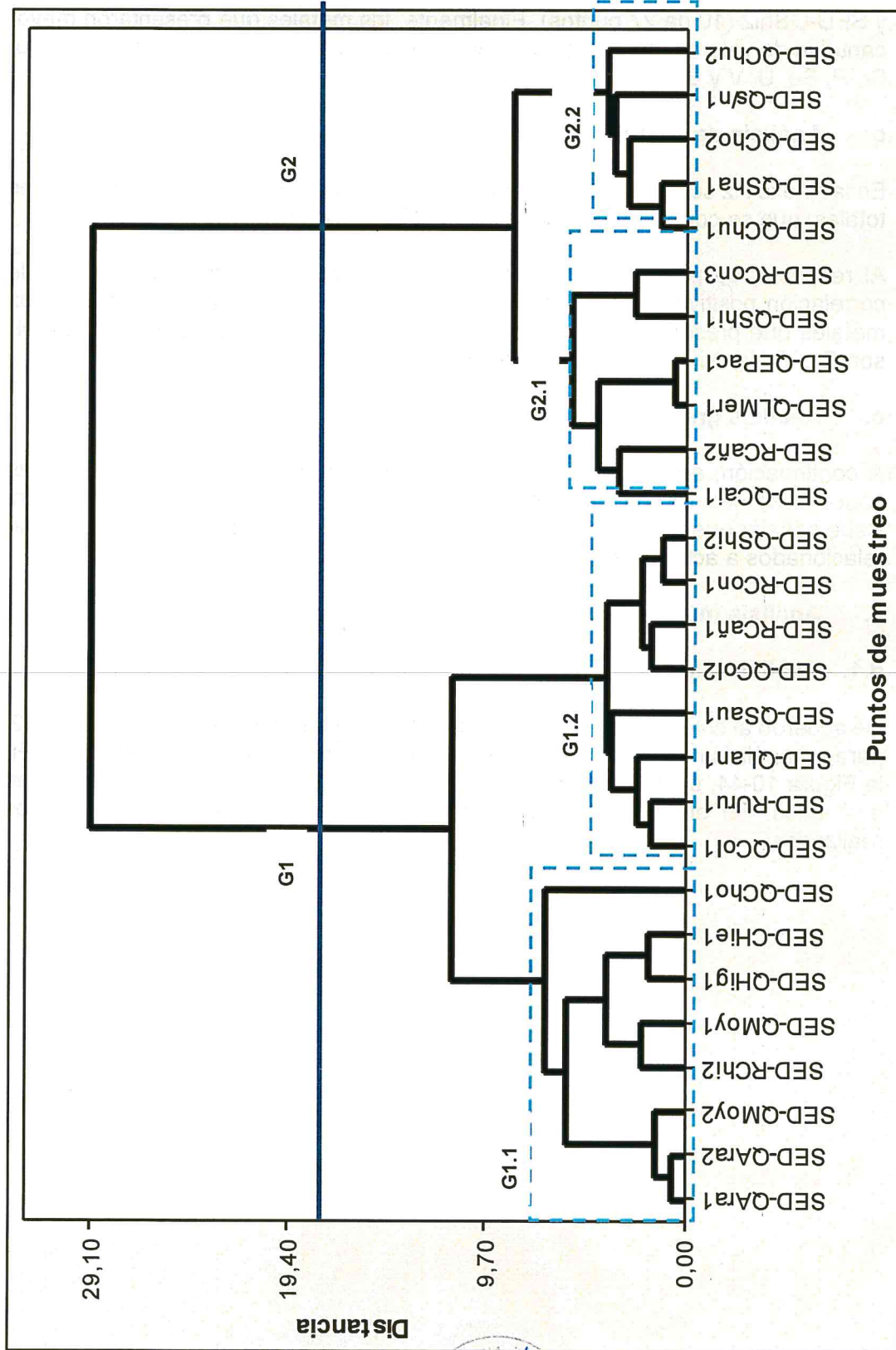


Figura 10-44. Dendrograma de los puntos de muestreo evaluados (sedimento), subdividido de acuerdo a grupos.

MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN
10/20
[Signature]

484. Al respecto, en el grupo 1, se aprecian dos grupos: el 1.1 formado por los tramos evaluados del río Chimín y las quebradas Araqueda, Moyán, Higuérón y Contrahierba; y el punto SED-QCho1 (aguas arriba de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo); el 1.2 está formado por los tramos evaluados de las quebradas Lanla, Sauce y La Colpa y el río Urupuyo; y los puntos SED-RCañ1 (río Cañaris, antes de la confluencia con la qda. Caipuro), SED-RCon1 y SED-QShi2.
485. Finalmente, en el grupo 2, se aprecian dos grupos: el 2.1 formado por el tramo evaluados de las quebradas Caipuro, Los Merinos y El Pacae; y los puntos SED-QShi1, SED-RCon3 y SED-RCañ2; el sub grupo 2.2 formado por el tramo evaluado de las quebradas Chupaya y Shahuindo y los puntos SED-QCho2 (aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo) y SED-Qs/n1 (bocamina abandonada).
486. A continuación, se analizan las composiciones fisicoquímicas promedio de cada subgrupo identificado:

Tabla 10-7. Promedio de los parámetros (metales totales) obtenidos para cada grupo formado según análisis clúster

Grupo	Grupo 1		Grupo 2	
	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2
Puntos de muestreo	8	8	6	5
Al	10609,00	3986,75	6727,00	4172,80
Be	0,99	0,43	0,80	0,42
As	24,73	14,98	363,00	353,40
Cd	0,73	0,11	4,53	1,20
Co	18,58	8,04	12,40	6,51
Cu	40,46	14,87	312,73	38,32
Fe	33065,38	15982,25	39861,17	76397,40
Mg	2550,00	976,50	1828,67	752,40
Ni	20,71	9,42	20,79	5,45
Pb	35,33	12,67	29,47	85,00
Zn	118,63	30,69	191,95	133,64

N: Número de puntos de muestreo de cada grupo

487. Por tanto, el **Grupo 1**, está formado por 16 puntos de muestreo, distinguiéndose dos sub grupos:
- Grupo 1.1 (G1.1)
488. Este subgrupo está conformado por 8 puntos pertenecientes al río Chimín y las quebradas Araqueda, Moyán, Higuérón y Contrahierba; y el punto SED-QCho1, dentro de este grupo se presentó las mayores concentraciones de Al, Be, Co, Mg y Ni.
- Grupo 1.2 (G1.2)
489. En este subgrupo existen 8 puntos de muestreo pertenecientes a las quebradas Lanla, Sauce y La Colpa y el río Urupuyo; y los puntos SED-RCañ1, SED-RCon1 y SED-QShi2, característico por presentar las menores concentraciones de Al, As, Cd, Cu, Fe, Pb y Zn.
490. Para el **Grupo 2 (G2)**, formado por 11 puntos de muestreo distinguiéndose dos sub grupos:

- Grupo 2.1 (G2.1)

491. Este subgrupo está conformado por 6 puntos pertenecientes a las quebradas Caipuro, Los Merinos y El Pacae; y los puntos SED-QShi1, SED-RCon3 y SED-RCañ2. Dentro de este grupo se presentaron las mayores concentraciones de As, Cd, Cu, Ni y Zn (total).

- Grupo 2.2 (G2.2)

492. En este subgrupo existen 5 puntos de muestreo pertenecientes a las quebradas Chupaya y Shahuindo, y los puntos SED-QCho2, SED-QChu2 y SED-Qs/n1 (bocamina abandonada), característico por presentar altas concentraciones de Fe y Pb, y bajas concentraciones de Be, Co, Mg y Ni.

d.2. Análisis de componentes principales

493. El análisis de componentes principales se realizó con los parámetros analizados en los métodos estadísticos descritos anteriormente.

494. De acuerdo al criterio de Kaiser utilizado, se determinaron tres componentes principales significativos, los que explican el 77,8% de la variabilidad de los datos. En la Tabla 10-8 se muestra un resumen de los pesos otorgados a cada uno de los parámetros en cada componente principal significativo. En la sección final de la tabla se muestran los valores propios de cada componente principal, la proporción de la variabilidad explicada para cada uno de ellos y la varianza explicada acumulada

Tabla 10-8. Peso de cada parámetro en los tres componentes principales significativos, los valores propios, varianza explicada y varianza explicada acumulada de cada componente principal

Variable	PC1	PC2	PC3
Al	0,354	0,194	0,379
Be	0,358	0,278	0,041
As	0,203	-0,442	-0,346
Cd	0,339	-0,299	-0,063
Co	0,244	0,377	-0,016
Cu	0,330	-0,128	-0,585
Fe	0,306	-0,147	0,167
Mg	0,277	0,255	0,163
Ni	0,234	0,404	-0,371
Pb	0,197	-0,403	0,429
Zn	0,397	-0,170	0,114
Valor propio	4,4673	3,0725	1,0210
Proporción	0,406	0,279	0,093
Acumulada	0,406	0,685	0,778



[Handwritten signature and initials]

495. El primer componente principal (PC1) explica el 40,6% de la variabilidad total y presenta las mayores correlaciones positivas con Al, Be, Cd, Cu, Fe y Zn. El segundo componente principal (PC2) explica el 27,9% de la variabilidad total, mostro una alta correlación positiva con Ni y negativa con As y Pb. El tercer componente principal (PC3), explica el 9,3% de la variabilidad total y mostró la mayor correlación positiva con Pb y negativa con Cu.

496. En la Figura 10-45, se muestra la distribución de los clústeres en el espacio de componentes principales. Se advierte que los clústeres muestran una coherencia

espacial en el espacio de los componentes principales, y así se puede establecer un significado estadístico e hidroquímico independiente. PC1, cuyos parámetros representativos fueron altas concentraciones de Al, Be, Cd, Cu, Fe y Zn, separando claramente el G1.1 del G1.2. En el eje de PC2, cuyos parámetros fueron altas concentraciones As y Pb y menores concentraciones de níquel, quedando ubicados puntos pertenecientes al G2.2 en la parte negativa del eje.

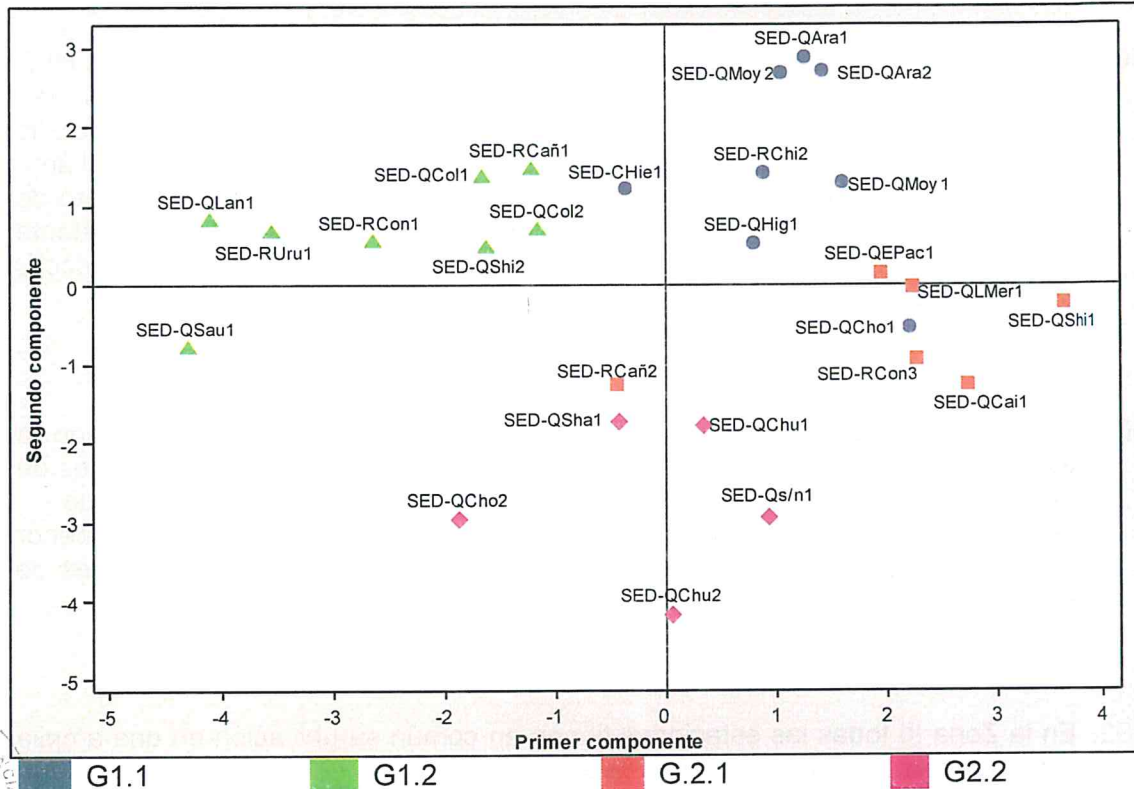


Figura 10-45. Ubicación de los grupos obtenidos de clústeres según los componentes principales

10.3. Comunidades hidrobiológicas

497. En esta sección se presentan los resultados de los análisis de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Las hojas de registros de datos de campo, los informes de ensayo y el procesamiento de la información para la estimación del estado ecológico se presentan en el anexo D6.

10.3.1. Perifiton

498. El perifiton será analizado en sus dos componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal. Esta separación viene dada desde el informe de ensayo (D4 y D5).

10.3.1.1. Ficoperifiton

- **Composición y riqueza**

499. Fueron encontrados un total de 119 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 26 estaciones de muestreo. En la Figura 10-46 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de ficoperifiton por estación de muestreo y la respectiva



J. J. A.



contribución de cada phylum. Los valores de riqueza más altos corresponden a la Zona II, donde se encontraron entre 17 y 36 taxa. En la gran mayoría de estaciones de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxa a excepción de las estaciones HID-QChu2 e HID-QSha1 para la Zona I; HID-RChi2 para la Zona III; HID-QCai1 e HID-QCañ2 para la Zona IV; y finalmente HID-QEPac1, HID-QChie1 e HID-QShi1 para la Zona V.

- Zona I

500. En la Zona I se observó que la mayor riqueza correspondió a las estaciones HID-QCho1 (10 taxa) e HID-FNat3 (6 taxa), la primera ubicada aguas arriba del área de actividad minera de la U.M. Shahuindo, y la segunda, en un manantial tributario de la quebrada Choloque. El resto de estaciones se encontró aguas abajo del área de actividad minera de la U.M. Shahuindo y en ellas se encontró un número de taxa más reducido (menor o igual a 3 taxa), de los cuales una importante proporción correspondió a Cyanobacteria, destacando entre ellas *Chroococcus minutus* y *Leptolyngbya* sp. 2.

- Zona II

501. En la Zona II se observaron los valores más altos de riqueza, destacando la estación HID-QAra1 (36 taxa) por sobre las demás. Las restantes estaciones de muestreo, HID-QAra2, HID-QCol1 e HID-QCol2, presentaron una riqueza que varió entre 17 y 24 taxa. Aun así, esta es la Zona que presentó una menor variación de riqueza entre estaciones de muestreo. En todas las estaciones de muestreo de esta zona Bacillariophyta fue el phylum dominante.

- Zona III

502. En la Zona III todas las estaciones tienen en común su ubicación en una amplia zona agrícola. En ella se observó que la mayor riqueza (22 taxa) correspondió la estación HID-QLan1, ubicada en la quebrada Lanla, aproximadamente a 6 km aguas abajo de Cajabamba. En las estaciones HID-QLan1 y HID-RChi2 se observó la mayor proporción de Cyanobacteria con respecto a la riqueza total de cada estación de muestreo.

- Zona IV

503. En la Zona IV se observó que la mayor riqueza correspondió a la estación HID-RCañ1 (25 taxa), la cual se ubicó aguas arriba de los pasivos y actividades mineras de la zona. Por otro lado, las estaciones restantes, HID-QCai1 e HID-RCañ2, ubicadas aguas abajo de actividades mineras pasadas y presentes, presentaron una riqueza de solo 2 taxa. Llama particularmente la atención que en la estación HID-QCai1 presente un mayor número de especies de Chlorophyta por sobre las diatomeas.

- Zona V

504. En la Zona V se observó que la mayor riqueza correspondió a la estación HID-QMoy2 (27 taxa), estación que pertenece a una microcuenca no ocupada por el área de uso minero de la U.M. Shahuindo. Por otro lado, las estaciones HID-QShi1 y HID-QShi2 también ubicadas en una microcuenca no ocupada por el área de uso minero de la U.M. Shahuindo, presentaron la menor riqueza (1-2 taxa), lo que





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

podría estar relacionado a la presencia de pasivos mineros ubicados aguas arriba. En cuanto a la composición de especies, Bacillariophyta fue el phylum más representativo en las quebradas Moyán, el Sauce, Higuerón y Shingomate aguas abajo.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

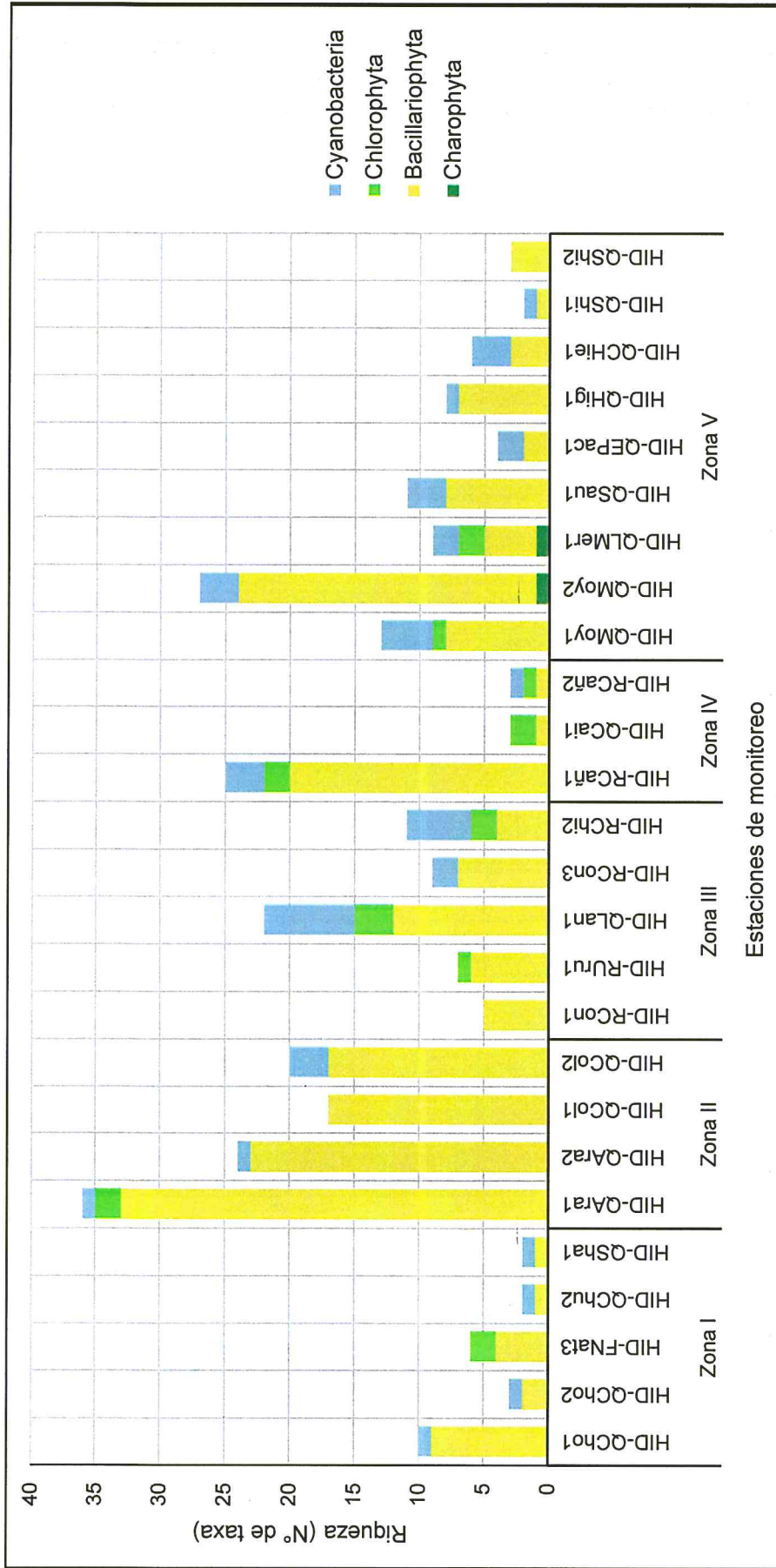
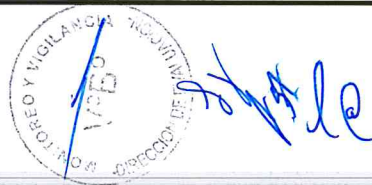


Figura 10-46. Riqueza o número de taxa de ficoperifiton por estación de muestreo y phylum



- **Abundancia**

505. En la Figura 10-47 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de ficoperifiton por estación de muestreo y la respectiva contribución de cada phylum. Los mayores valores de abundancia se encontraron en las Zonas II, III y IV, siendo los mayores valores de cada zona 44 507, 58 987 y 37 040 organismos/cm², respectivamente. En la mayoría de estaciones de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia, a excepción de las estaciones HID-QChu2 e HID-QSha1 en la Zona I; HID-RChi2 en la Zona III; HID-QCañ2 en la Zona IV y finalmente HID-QEPac1, HID-QHig1 e HID-QCHie1 en la Zona V.

- **Zona I**

506. En la Zona I se observó que la mayor abundancia correspondió a las estaciones HID-QCho1 e HID-FNat3, donde la abundancia de Bacillariophyta sobrepasó por mucho a los otros phyla. En las estaciones restantes, HID-QCho2, HID-QChu2 e HID-QSha1, ubicadas aguas abajo del área de uso minero de la U.M. Shahuindo, el phylum Cyanobacteria presentó la mayor contribución a la abundancia total. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.

- **Zona II**

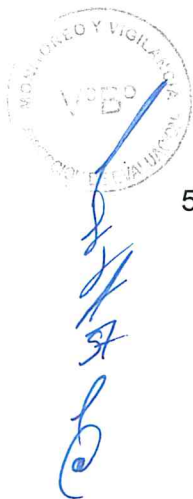
507. En la Zona II se observaron las menores variaciones de abundancia de organismos entre estaciones de muestreo. La diferencia más notoria se dio entre la estación ubicada aguas arriba del centro poblado Araqueda (HID-QAra1) y la estación ubicada aguas abajo (HID-QAra2), observándose una reducción en la abundancia aguas abajo. En todas las estaciones de muestreo de esta zona, Bacillariophyta fue el phylum dominante.

- **Zona III**

508. En la Zona III se observó que la mayor abundancia correspondió a la estación HID-QLan1 con 59 987 organismos/cm², sobrepasando por mucho a las estaciones restantes, en las cuales la máxima fue de 13 333 organismos/cm². En lo que respecta a la contribución de los diferentes phyla a la abundancia total, destacó la contribución de Cyanobacteria, siendo la segunda en orden de importancia después de Bacillariophyta. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.

- **Zona IV**

509. En la Zona IV se observó que la mayor abundancia correspondió a la estación HID-RCañ1 con 37 040 organismos/cm², sobrepasando por mucho a las estaciones restantes, en las cuales se observó una máxima de 827 organismos/cm². En lo que respecta a la contribución de los diferentes phyla a la abundancia total, destacó la importancia de Bacillariophyta y Cyanobacteria, esta última en menor proporción. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.



- Zona V

510. En la Zona V se observó que el mayor número de organismos correspondió a la estación HID-QMoy2 con 24 533 organismos/cm², estación que pertenece a una microcuenca no ocupada por el área de uso minero de la U.M. Shahuindo; por otro lado, las estaciones HID-QEPac1, HID-QShi1 e HID-QShi2, fueron las que presentaron menores valores de abundancia, no sobrepasando en ningún caso los 2400 organismos/cm². En lo que respecta a la contribución de los diferente phyla a la abundancia total, destacó la importancia de Bacillariophyta y Cyanobacteria, esta última en menor proporción. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

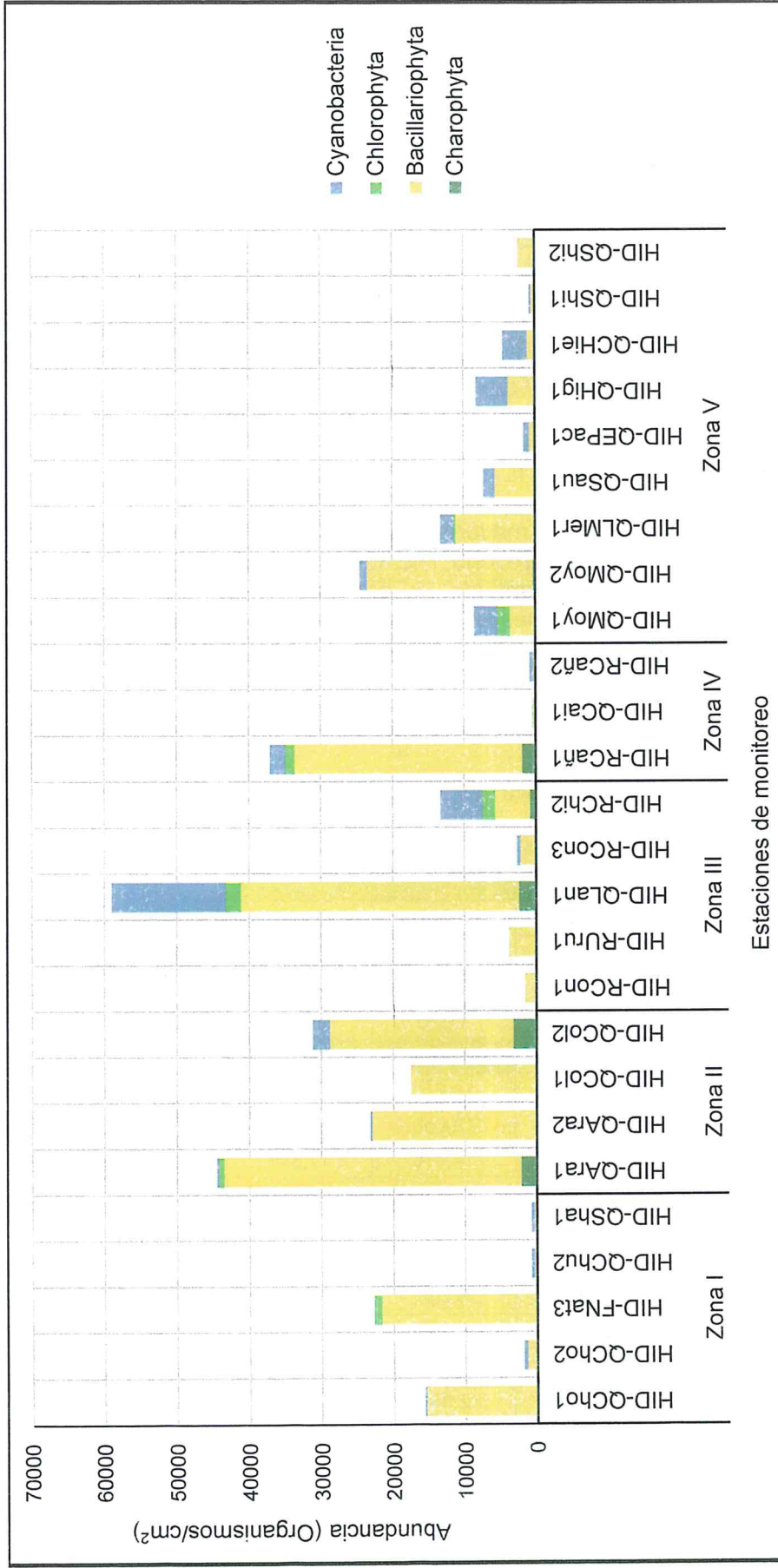


Figura 10-47. Abundancia o número de organismos de ficoperifiton por estación de muestreo y phylum



• **Diversidad alfa**

- 511. En la Tabla 10-9 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa.
- 512. Con respecto al índice N1, los mayores valores se presentaron en las estaciones HID-QCho1, HID-QAra1, HID-QLan1, HID-RCañ1 e HID-QMoy2 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente; y, por otro lado, los menores valores correspondieron a las estaciones HID-QChu2 e HID-QSha1, HID-QCol1, HID-RCon1, HID-RCañ2 e HID-QShi1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente.
- 513. Con respecto al índice N2, los mayores valores se presentaron en las estaciones HID-QCho1, HID-QAra1, HID-QLan1, HID-RCañ2 e HID-QMoy2 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente y por otro lado, los menores valores correspondieron a las estaciones HID-QChu2 e HID-QSha1, HID-QCol1, HID-RCon1, HID-RCañ2 e HID-QShi1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente.
- 514. Con respecto al índice J', los mayores valores se presentaron en las estaciones HID-QCho2, HID-QCol1, HID-RCon3, HID-QCañ1 e HID-QEPac1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente; y por otro lado, los menores valores correspondieron a las estaciones HID-FNat3, HID-QCol2, HID-QUru1, HID-RCañ2 e HID-QChie1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente. La correspondencia más clara con respecto a las variables riqueza y abundancia fue observada en las Zonas I, III y IV.



Tabla 10-9. Diversidad alfa del perifiton por zona y estación de muestreo

Zona	Estación	N1	N2	J'
I	HID-QCho1	7,476	6,458	0,874
	HID-QCho2	2,942	2,882	0,982
	HID-FNat3	4,353	3,815	0,821
	HID-QChu2	1,890	1,800	0,918
	HID-QSha1	1,890	1,800	0,918
II	HID-QAra1	25,160	20,190	0,900
	HID-QAra2	18,240	15,050	0,914
	HID-QCol1	13,650	11,280	0,923
	HID-QCol2	14,470	11,640	0,892
III	HID-RCon1	4,762	4,500	0,970
	HID-URu1	5,267	4,517	0,854
	HID-QLan1	16,520	13,930	0,907
	HID-RCon3	8,706	8,333	0,985
	HID-RChi2	8,656	7,243	0,900
IV	HID-RCañ1	19,610	16,230	0,925
	HID-QCai1	2,331	2,109	0,770
	HID-RCañ2	2,135	1,918	0,690
V	HID-QMoy1	8,783	6,400	0,847
	HID-QMoy2	18,240	13,230	0,881
	HID-QLMer1	5,387	4,385	0,766
	HID-QSau1	9,215	7,839	0,926

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

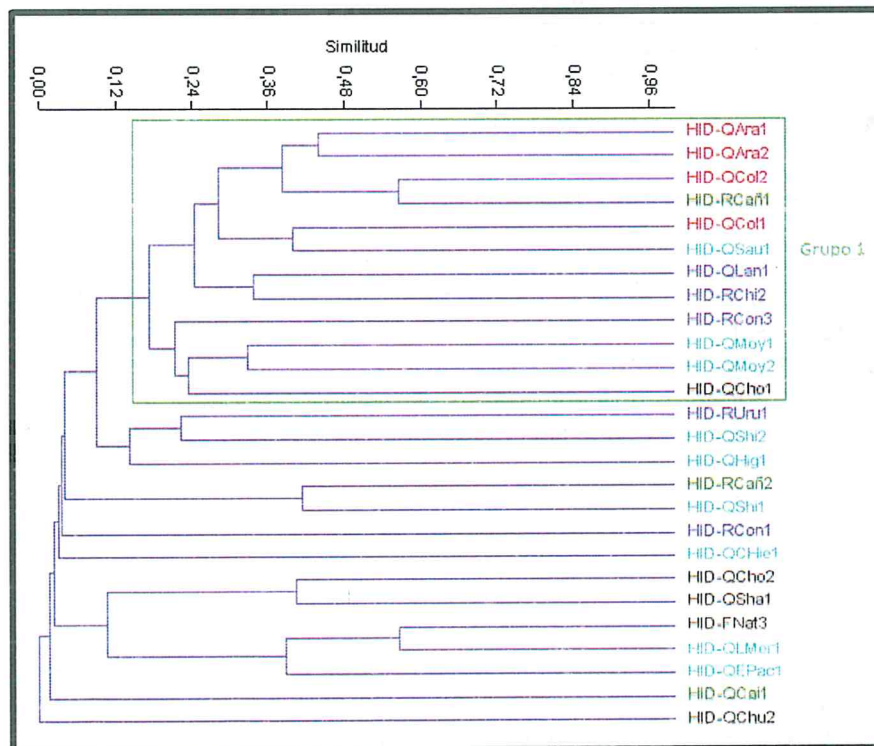
Zona	Estación	N1	N2	J'
	HID-QEPac1	3,780	3,600	0,959
	HID-QHig1	4,238	2,852	0,694
	HID-QCHie1	3,320	2,240	0,670
	HID-QShi1	1,890	1,800	0,918
	HID-QShi2	2,337	1,976	0,773

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

515. En la Figura 10-48 se presenta el dendrograma de similitud del perifiton calculado mediante el índice de Bay Curtis. El aspecto más notable es la formación de un solo grupo, el cual presentó un porcentaje de similitud de 15,50 %. Este grupo está representado principalmente por las estaciones que presentaron los mayores registros de riqueza y abundancia en las cinco zonas evaluadas y, también, todas las estaciones pertenecientes a la zona II. Estos resultados fortalecen lo encontrado en los análisis anteriores, en los cuales se observó que los contrastes más notorios entre estaciones de muestreo correspondieron a las zonas I, III y IV y el menos evidente, a la zona II.



Cada zona es representada por un color: zona I (negro), zona II (rojo), zona III (azul), zona IV (verde) y zona V (turquesa).

Figura 10-48. Dendrograma de similitud del perifiton

10.3.1.2. Zooperifiton

516. En relación con el zooperifiton, solo se reportaron 3 taxa, pertenecientes a los phyla Amoebozoa, Ciliophora y Nematoda, distribuidos en 3 estaciones de muestreo; en las estaciones restantes no se halló ningún organismo. En todas las estaciones donde se encontró zooperifiton solo se registró 1 taxa. La mayor abundancia perteneció a la estación HID-QCHie1, correspondiente a la Zona V, con 35 organismos/cm²; en las dos estaciones restantes, HID-RUru1 y HID-RCon3, ambas correspondientes a la Zona III, solo se reportaron 3 organismos/cm² en cada una (Tabla 10-10). No se calcularon índices de diversidad por haberse reportado un número de especies poco útil para su análisis.

Tabla 10-10. Composición, riqueza y abundancia de zooperifiton

Phylum	Taxa (organismos/cm ²)	Zonas de evaluación		
		Zona III		Zona V
		HID-RUru1	HID-RCon3	HID-QCHie1
AMOEBOSOA	<i>Diffugia globulosa</i>	3	0	0
CILIOPHORA	<i>Zoothamnium sp.</i>	0	0	35
NEMATODA	Nematoda n/i	0	3	0
S (Riqueza)		1	1	1
N (Abundancia)		3	3	35



10.3.2. Macroinvertebrados bentónicos

- **Composición y riqueza**

517. Fueron encontrados un total de 65 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 25 estaciones de muestreo. En la Figura 10-49 se presentan los valores de riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. En todas las zonas se encontró una importante variación en riqueza, la cual fue más evidente en las zonas I y III. En todas las estaciones de muestreo los órdenes correspondientes a insectos acuáticos presentaron una contribución mayor o igual al 50% de la riqueza total, siendo los órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera los más representativos.

- **Zona I**

518. En la Zona I se observó que la mayor riqueza (13 taxa) correspondió, por mucho, a la estación HID-QCho1, la cual se ubicó aguas arriba del área de uso minero de la U.M. Shahuindo. El resto de estaciones presentó una riqueza mucho menor (2 taxa), ubicándose estas aguas abajo del área de uso minero de la U.M. Shahuindo. En todas las estaciones de muestreo la riqueza estuvo conformada principalmente insectos, destacando entre ellos los pertenecientes a los órdenes Diptera y Coleoptera.

- Zona II

519. En la Zona II se observó que los valores más altos de riqueza correspondieron a las estaciones HID-QCol1, HID-QCol2 e HID-QAra1, ubicadas aguas arriba de centros poblados, con una riqueza igual o superior a 10 taxa, y el valor más bajo correspondió a la estación HID-QAra2, ubicada aguas abajo del centro poblado Araqueda, con una riqueza de 5 taxa. En todas las estaciones de muestreo estuvieron presentes los órdenes Diptera y Ephemeroptera; mientras que Coleoptera solo se encontró en las estaciones ubicadas aguas arriba de los centros poblados.

- Zona III

520. En la Zona III todas las estaciones tienen en común su ubicación en una amplia zona agrícola. En ella se observó que la mayor riqueza (14 taxa) correspondió la estación HID-QLan1, ubicada en la quebrada Lanla, aproximadamente a 6 km aguas abajo de Cajabamba. Las estaciones restantes presentaron una riqueza mucho menor, que en ningún caso fue mayor a 3 taxa. En lo que respecta a la composición de taxa, destacó la presencia de Ephemeroptera solo en la estación HID-QLan1.

- Zona IV

521. En la Zona IV se observó que la mayor riqueza correspondió a la estación HID-RCañ1 (10 taxa), no obstante, la diferencia con respecto a las estaciones restantes, HID-QCai1 y HID-RCañ2, no fue muy grande, pues estas últimas presentaron 5 y 7 taxa, respectivamente. En lo que respecta a la composición de taxa, destacó la presencia de Ephemeroptera solo en la estación HID-RCañ1.

- Zona V

522. En la Zona V se observó que la mayor riqueza correspondió a las estaciones HID-QMoy1, HID-QMoy2, HID-QSau1 y HID-QCHie1, con valores iguales o mayores a 11 taxa, y el menor número de especies a las estaciones HID-QLMer1, HID-QEPac1, HID-QHig1, HID-QShi1, con valores iguales o menores a 6 taxa. En cuanto a la composición de especies, en las estaciones que presentaron mayor riqueza, Diptera tuvo una contribución menor al 50% en la mayoría de casos; contrariamente, en las estaciones que presentaron menor riqueza, Diptera tuvo una contribución mayor al 50% en la mayoría de casos.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

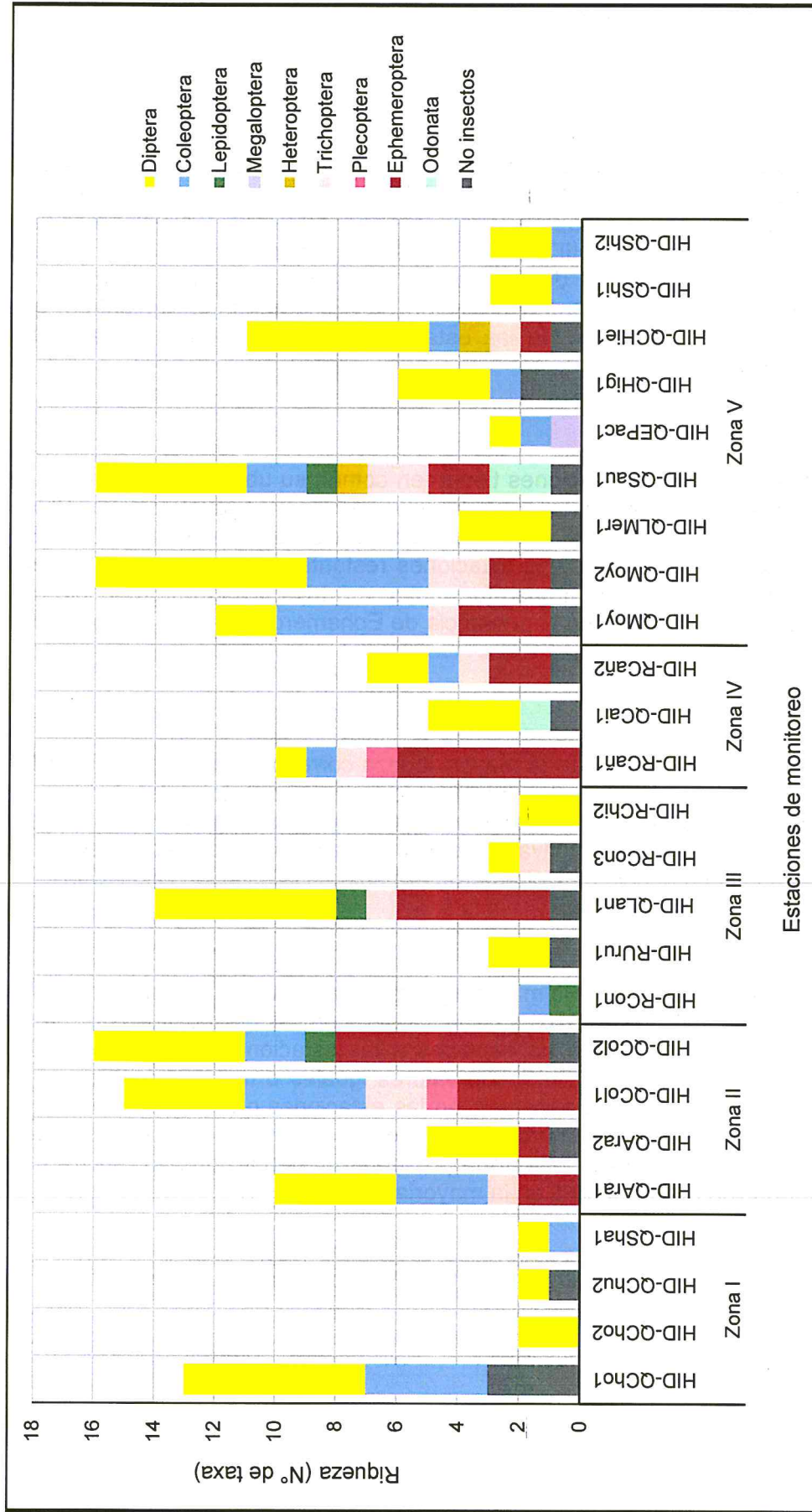


Figura 10-49. Riqueza o número de taxa de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo y orden



- **Abundancia**

523. En la Figura 10-50 se presentan los valores de abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo y la respectiva contribución de cada orden. Los mayores valores de abundancia se encontraron en las Zonas II, III y V, siendo los mayores valores de cada una de estas zonas 1644, 1376 y 1564 organismos/m², respectivamente. En todas las estaciones de muestreo los órdenes correspondientes a insectos acuáticos presentaron una contribución muy superior a las dos terceras partes de la abundancia total, destacando en orden de importancia Diptera, Ephemeroptera y, en menor medida, Coleoptera.

- **Zona I**

524. En la Zona I se observó que la mayor abundancia (208 organismos/m²) correspondió, por mucho, a la estación HID-QCho1, ubicada aguas arriba del área de actividad minera de la U.M. Shahuindo. El resto de estaciones presentó una abundancia mucho menor (menor o igual a 12 organismos/m²), tales estaciones se ubicaron aguas abajo del área de operaciones de la U.M. Shahuindo. En todas las estaciones de muestreo la abundancia correspondió principalmente a órdenes de insectos, destacando entre ellos Diptera y Coleoptera. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.

- **Zona II**

525. En la Zona II se observó que la mayor abundancia correspondió, por mucho, a la estación HID-QCol2 con 1644 organismos/m²; el resto de estaciones, HID-QCol1, HID-QAra1 e HID-QAra2, presentaron valores de abundancias menores o iguales a 332 organismos/m². En todas las estaciones de muestreo la mayor abundancia perteneció a Diptera, excepto en HID-QCol1, donde Ephemeroptera fue más abundante.

- **Zona III**

526. En la Zona III se observó que la mayor abundancia (1436 organismos/m²) correspondió, por mucho, a la estación HID-QLan1, ubicada en la quebrada Lanla, aproximadamente a 6 km aguas abajo de Cajabamba. Las estaciones restantes presentaron una abundancia mucho menor, que en ningún caso fue mayor a 16 organismos/m². En todas las estaciones de muestreo, la mayor abundancia estuvo conformada por Diptera, excepto en HID-QCol1, donde Trichoptera fue más abundante. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.

- **Zona IV**

527. En la Zona IV se observó que la mayor abundancia correspondió a la estación HID-RCañ1 (128 organismos/m²), no obstante, la diferencia con respecto a la abundancia de las estaciones HID-QCai1 e HID-RCañ2 no fue tan grande como en las zonas I y III, pues estas dos últimas estaciones presentaron 20 y 36 organismos/m², respectivamente. La mayor parte de la abundancia de las estaciones HID-RCañ1 e HID-RCañ2 correspondió al orden Ephemeroptera. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.

- **Zona V**



528. En la Zona V se observó que la mayor abundancia correspondió a las estaciones HID-QMoy2, HID-QSau1 e HID-QCHie1, con valores iguales o mayores a 632 organismos/m²; y la menor abundancia, a las estaciones HID-QMoy1, HID-QLMer1, HID-QEPac1, HID-QHig1 e HID-QShi1, con valores iguales o menores a 72 organismos/m². La abundancia estuvo representada principalmente por Diptera, Ephemeroptera, Coleoptera y, en menor medida, Trichoptera; no obstante, Ephemeroptera y Trichoptera estuvieron más relacionadas al conjunto de estaciones que presentó la mayor abundancia. En esta zona el patrón de variación de abundancia fue similar al de riqueza.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

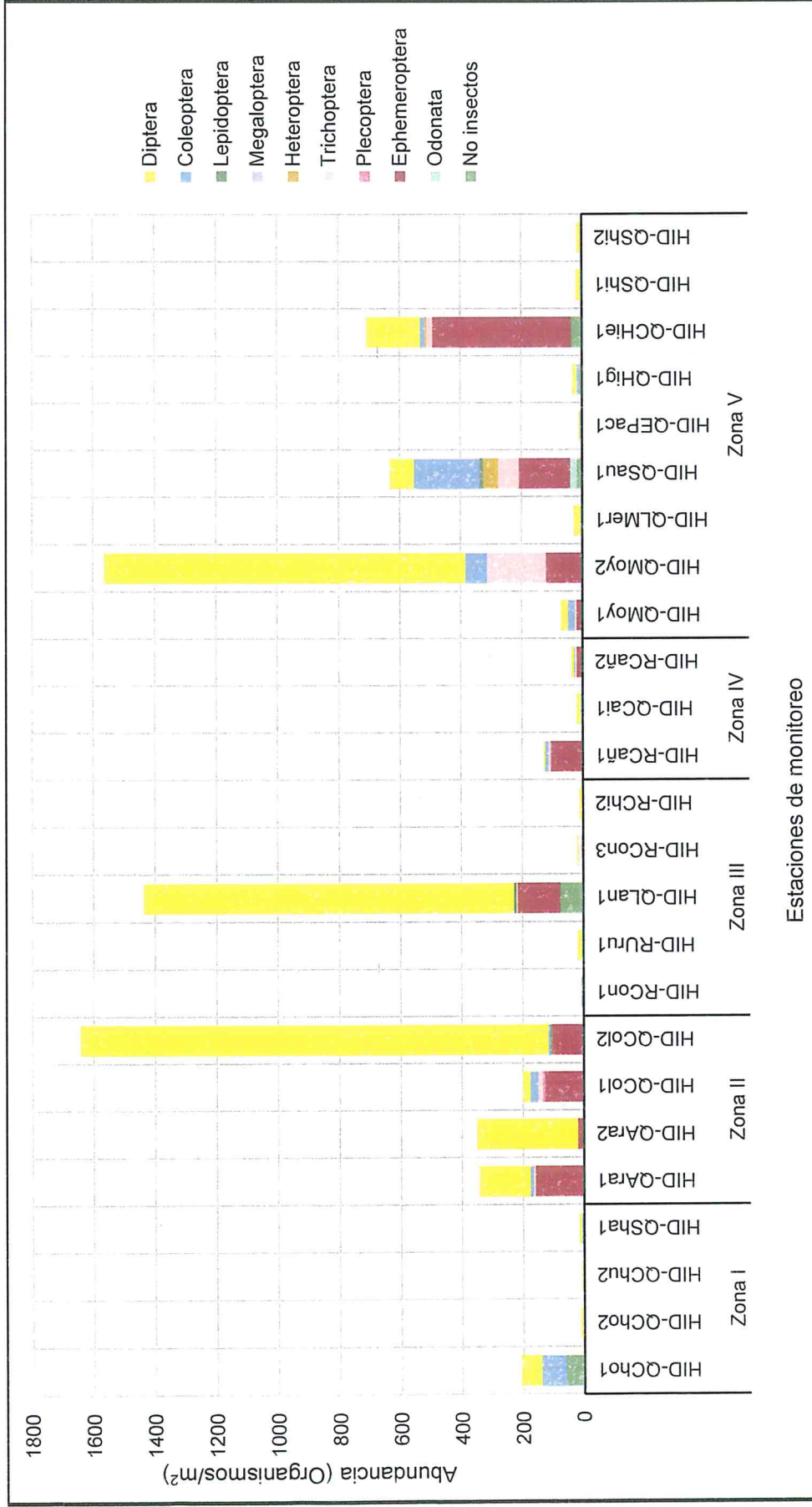


Figura 10-50. Abundancia o número de organismos de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo y orden

MONTORO Y VIGILANCIA

- Diversidad alfa**

529. En la Tabla 10-11 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa. Con respecto al índice N1, los mayores valores se presentaron en las estaciones HID-QCho1, HID-QCol1, HID-QLan1, HID-RCañ2 e HID-QMoy1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente y por otro lado, los menores valores correspondieron a las estaciones HID-QCho2, HID-QCol2, HID-RChi2, HID-QCai1 e HID-QShi2 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente. Con respecto al índice N2, los mayores valores se presentaron en las estaciones HID-QCho1, HID-QAra1, HID-QLan1, HID-RCañ2 e HID-QMoy1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente; y por otro lado, los menores valores correspondieron a las estaciones HID-QCho2, HID-QCol2, HID-RChi2, HID-RCañ1 e HID-QCHie1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente. Con respecto al índice J', los mayores valores se presentaron en las estaciones HID-QChu2 e HID-QSha1, HID-QCol1, HID-RCon1, HID-QCai1 e HID-QEPac1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente; y por otro lado, los menores valores correspondieron a las estaciones HID-QCho1, HID-QCol2, HID-QLan1, HID-RCañ1 e HID-QCHie1 para las zonas I, II, III, IV y V, respectivamente. La correspondencia más clara con respecto a las variables riqueza y abundancia fue observada en las Zonas I y III.

Tabla 10-11. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por zona y estación de muestreo

Zona	Estación	N1	N2	J'
I	HID-QCho1	7,516	5,220	0,786
	HID-QCho2	1,890	1,800	0,918
	HID-QChu2	2,000	2,000	1,000
	HID-QSha1	2,000	2,000	1,000
II	HID-QAra1	4,443	3,434	0,648
	HID-QAra2	2,456	2,053	0,558
	HID-QCol1	5,965	3,012	0,660
	HID-QCol2	1,798	1,252	0,212
III	HID-RCon1	2,000	2,000	1,000
	HID-RUru1	2,586	2,273	0,865
	HID-QLan1	3,598	2,427	0,485
	HID-RCon3	2,586	2,273	0,865
	HID-RChi2	1,890	1,800	0,918
IV	HID-RCañ1	6,330	4,741	0,801
	HID-QCai1	5,000	5,000	1,000
	HID-RCañ2	6,614	6,231	0,971
V	HID-QMoy1	10,500	9,000	0,946
	HID-QMoy2	5,256	3,140	0,599
	HID-QLMer1	3,586	3,267	0,921
	HID-QSau1	8,137	5,707	0,756
	HID-QEPac1	3,000	3,000	1,000
	HID-QHig1	5,657	5,333	0,967
	HID-QCHie1	3,857	2,289	0,563



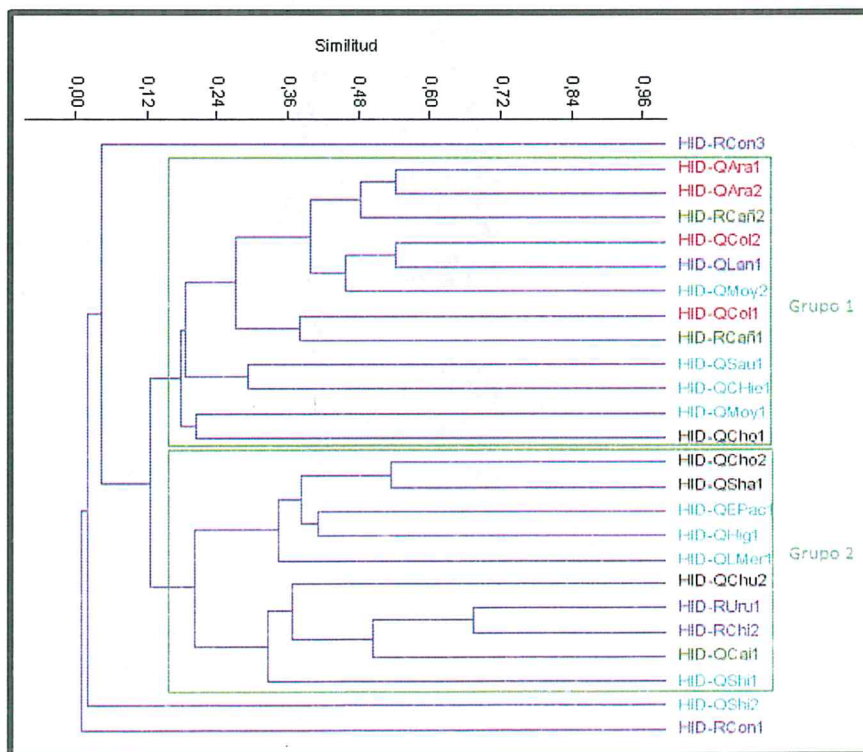
"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Zona	Estación	N1	N2	J'
	HID-QShi1	2,872	2,778	0,960
	HID-QShi2	2,828	2,667	0,946

- Valores máximos de índices de diversidad alfa
- Valores mínimos de índices de diversidad alfa

• **Diversidad beta**

530. En la Figura 10-51 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bay Curtis. Claramente, se observa la formación de dos grupos bien diferenciados, los cuales tienen un porcentaje de similitud de 12,53 %. El primer grupo, denominado grupo 1, estuvo integrado principalmente por todas las estaciones que presentaron los mayores valores de riqueza y abundancia en todas las zonas, adicionalmente, por todas las estaciones pertenecientes a la zona II; mientras que el segundo grupo, denominado grupo 2, por las estaciones que presentaron los valores más bajos de riqueza y abundancia. Estos resultados fueron muy similares a lo observado con el perifiton, lo que demuestra que ambas comunidades presentaron estructuras comunitarias similares.



Cada zona es representada por un color: zona I (negro), zona II (rojo), zona III (azul), zona IV (verde) y zona V (turquesa).

Figura 10-51. Dendrograma de similitud de macroinvertebrados bentónicos

10.3.3. Calidad ecológica

531. En la Tabla 10-12 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados. Los resultados de este análisis deberían ser tomados de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa, lo cual no se realizó por cuestiones logísticas; sin embargo,

dada la relativa homogeneidad de hábitats de los ambientes evaluados y la intensidad del muestreo, estos resultados pueden constituir una importante aproximación de la calidad ecológica. Pasando al análisis de resultados, se podría decir que, en concordancia con lo observado en riqueza, abundancia e índices de diversidad, las estaciones HID-QCho1, HID-QCol2, HID-QLan1, HID-RCañ1, HID-QMoy2 e HID-QSau1 presentaron la mejor calidad ecológica en sus respectivas zonas. Con este análisis se observaron mejor los contrastes y gradientes de impacto dentro de cada zona, diferenciándose claramente las estaciones control de las presuntamente impactadas, especialmente en las zonas I, II, II y IV.

Tabla 10-12. Calidad ecológica de acuerdo al protocolo CERA-S

Zona	Estación de muestreo	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
Zona I	HID-QCho1	Buena	Moderada	Moderada
	HID-QCho2	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QChu2	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QSha1	Buena	Pésima	Pésima
Zona II	HID-QAra1	Buena	Moderada	Moderada
	HID-QAra2	Buena	Mala	Mala
	HID-QCol1	Moderada	Buena	Moderada
	HID-QCol2	Buena	Buena	Buena
Zona III	HID-RCon1	Buena	Pésima	Pésima
	HID-RUru1	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QLan1	Excelente	Moderada	Moderada
	HID-RCon3	Buena	Pésima	Pésima
	HID-RChi2	Excelente	Pésima	Pésima
Zona IV	HID-RCañ1	Excelente	Buena	Buena
	HID-QCai1	Buena	Mala	Mala
	HID-RCañ2	Buena	Mala	Mala
Zona V	HID-QMoy1	Buena	Moderada	Moderada
	HID-QMoy2los	Buena	Buena	Buena
	HID-QLMer1	Buena	Mala	Mala
	HID-QSau1	Buena	Buena	Buena
	HID-QEPac1	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QHig1	Moderada	Mala	Mala
	HID-QCHie1	Moderada	Moderada	Moderada
	HID-QShi1	Buena	Pésima	Pésima
	HID-QShi2	Moderada	Mala	Mala



Handwritten signature in blue ink.

10.3.4. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

532. En la Figura 10-52 se presenta el análisis de correspondencia canónica de los principales parámetros de calidad de agua y de las abundancias de los taxa de macroinvertebrados bentónicos. Los parámetros de calidad de agua elegidos para el análisis fueron pH, conductividad eléctrica, cloruros, sulfatos y metales (aluminio, calcio, cobre, hierro, manganeso, magnesio, potasio, sodio y zinc totales), el resto de parámetros fueron excluidos por presentar valores inferiores

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

al límite de cuantificación del respectivo método o tener valores raros. Debido a la alta concentración de aluminio total en HID-QChu2 que distorsionaba el análisis inicial, se decidió excluir dicha estación para el análisis definitivo.

533. Los primeros ejes canónicos extraídos representaron un bajo porcentaje de variabilidad de la matriz de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 10-13). El primer eje canónico explicó el 15,99 % de la variabilidad y estuvo correlacionado positivamente con las variables pH y bicarbonatos y negativamente con las variables cloruros, aluminio, hierro y potasio totales (Tablas 10-13 y 10-14). El segundo eje canónico explicó el 11,82% de la variabilidad y sus principales correlaciones fueron negativas, con las variables conductividad eléctrica, sulfatos, calcio, magnesio y sodio totales (Tablas 10-13 y 10-14). La distribución de las estaciones de muestreo en la Figura 10-52 muestra que aquellas que se ubicaron en el cuadrante superior derecho presentaron una calidad biótica buena, mientras que el resto de estaciones presentó una distribución más dispersa y una calidad biótica inferior. En cierto modo se aprecia que hay una relación entre una mejor calidad biótica y mayores valores de pH y concentración de bicarbonatos.

Tabla 10-13. Valores propios y porcentajes de variancia por ejes del ACC

Eje	Valor propio	% variancia
1	0,57347	15,99
2	0,42381	11,82
3	0,40439	11,27
4	0,3675	10,25
5	0,34601	9,647
6	0,31205	8,7
7	0,26839	7,483
8	0,22915	6,389
9	0,20705	5,773
10	0,15373	4,286

Tabla 10-14. Correlaciones de los parámetros de calidad de agua con los primeros ejes extraídos

Parámetros	Ejes				
	1	2	3	4	5
pH	0,44228	0,196934	0,121531	0,340877	-0,665413
C.E.	-0,178431	-0,598871	-0,241569	-0,283951	0,0845963
HCO ₃	0,420945	0,0270413	0,186144	0,220112	-0,598412
Cl ⁻	-0,727629	-0,376392	0,0373533	-0,226178	0,477375
SO ₄	-0,220034	-0,587409	-0,237538	-0,263852	-0,0479908
Al	-0,528134	-0,0528688	0,345652	-0,514008	0,224625
Ca	0,0565707	-0,526427	-0,256755	-0,16792	-0,153278
Cu	-0,152136	-0,329864	-0,024858	-0,70526	0,56864
Fe	-0,4136	-0,0904793	0,393061	-0,558707	0,239001
Mg	-0,0960496	-0,473415	-0,173035	-0,0873835	-0,0211748
Mn	-0,373284	-0,212638	-0,108285	-0,0895975	0,410828
K	-0,741228	-0,225214	-0,205976	0,260475	0,306512



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetros	Ejes				
	1	2	3	4	5
Na	-0,0934762	-0,487695	-0,0332785	0,0663021	0,0893688
Zn	-0,304284	-0,311699	-0,100013	-0,515753	0,702204

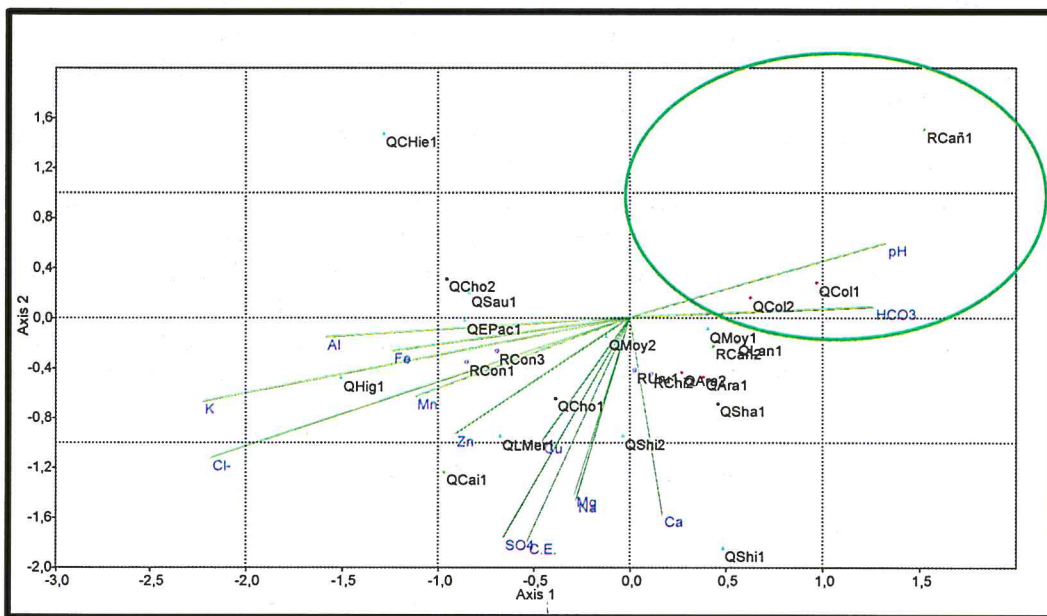


Figura 10-52. Representación de los resultados del ACC mostrando la ubicación de las estaciones de muestreo con respecto a los parámetros de calidad de agua



10.4. Calidad de aire

10.4.1. Parámetros meteorológicos

534. En la Tabla 10-15 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en las estaciones de monitoreo CA-MBaj1 y CA-SJos1. Las velocidades de viento promedio oscilaron entre 0,8 y 1,5 m/s; con velocidades máximas entre 2,7 y 4,8 m/s.

Tabla 10-15. Parámetros meteorológicos

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad (m/s)	Precipitación (mm)
Estación de monitoreo CA-MBaj1					
Mínimo	11,7	45,4	553,6	0,0	0,0
Máximo	21,7	97,7	557,2	4,8	6,4
Promedio	16,0	73,3	555,5	1,5	0,1
Estación de monitoreo CA-SJos1					
Mínimo	10,1	55,1	531,5	0,0	0,0
Máximo	18,7	100,0	534,6	2,7	3,9
Promedio	13,6	82,6	533,2	0,8	0,1

535. En cuanto a la dirección del viento, la representación gráfica de la rosa de vientos se realizó con el propósito de obtener información estadística relativa a la dirección y velocidad del viento en una localización en particular. La rosa de vientos para este monitoreo se presenta en el Figura 10-53, en el cual se observa que la dirección predominante de los vientos fue desde el nor-noreste (NNE) para la estación de monitoreo CA-MBaj1 y oeste (W) para CA-SJos1, con una frecuencia

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

de 16,0 % y 13,7 % respectivamente. Para la estación de monitoreo CA-SJos1 y en una frecuencia de 9,5 % (ESE) menor a la predominante los vientos se dirigen desde la U.M. Shahuindo hacia el caserío de San José. Ver figura 10-54.

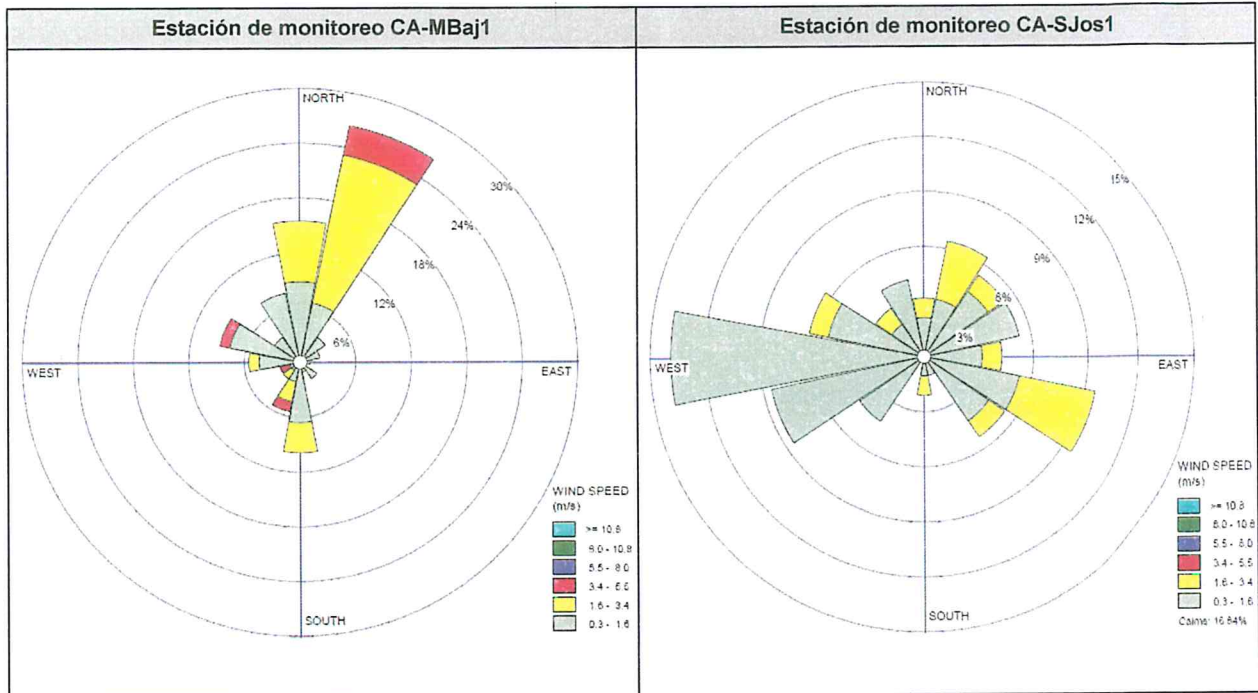


Figura 10-53. Rosas de viento de las estaciones de monitoreo

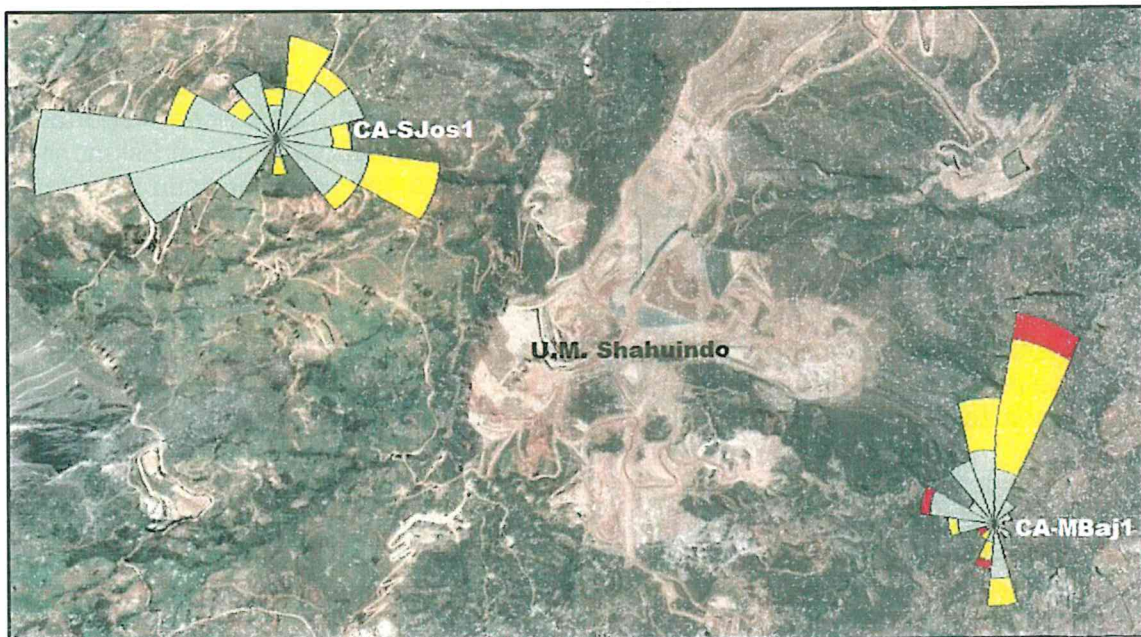


Figura 10-54. Ubicación de las estaciones de monitoreo CA-MBaj1 y CA-SJos1, y sus Rosas de Vientos

MONITOREO Y VIGILANCIA
 100°
 DIRECCIÓN OEFA/ U.M. SHAHUINDO
[Handwritten signature]

10.4.2. Material particulado, aplicación del ECA según el IGA

536. En la presente sección se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el D.S. N° 074-2001-PCM.

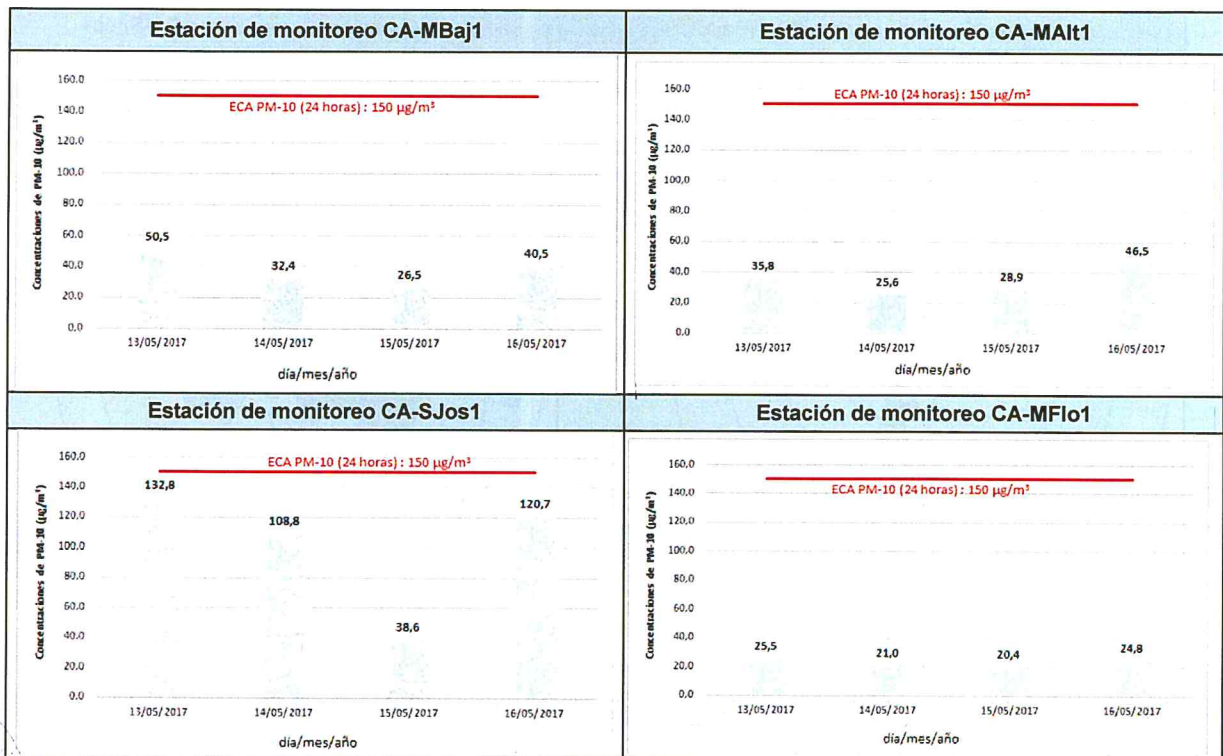


Figura 10-55. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ (Según el IGA)

537. De acuerdo con los resultados obtenidos en las estaciones de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1, CA-SJos1 y CA-MFlo1, todas las concentraciones reportadas durante el presente monitoreo se encuentran en conformidad con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para PM₁₀ equivalente a 150 µg/m³ para un periodo de 24 horas (D.S. N° 074-2001-PCM). La máxima concentración de 132,8 µg/m³ fue obtenida en la estación de monitoreo CA-SJos1 el día 13 de mayo de 2017, dicha estación de monitoreo se encuentra ubicada en una zona con la mayor densidad población en comparación a las demás estaciones. Por último, en todas las estaciones de monitoreo se registraron las concentraciones más bajas el día 15 de mayo, debido a que fue el día donde hubo una mayor cantidad de precipitación en la zona de monitoreo.

538. A fin de tener un mejor entendimiento de las concentraciones de PM₁₀, estas serán calificadas de acuerdo a los valores del índice de calidad de aire (INCA). Para las estaciones de monitoreo CA-MAIt1 y CA-MFlo1, las concentraciones se encuentran en el rango de 0 a 50 µg/m³, por lo tanto, dichas estaciones de monitoreo tienen una calificación de buena, pero en el caso de las estaciones de monitoreo CA-MBaj1 y CA-SJos1 las concentraciones se encuentran en el rango de 0 a 150 µg/m³, lo cual según el INCA son consideradas entre buena y moderada.

10.4.3. Material particulado, aplicación según el ECA vigente

539. En la presente sección se analizan los resultados obtenidos de las concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ comparadas referencialmente con el comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) según el D.S. N° 003-2017-MINAM.

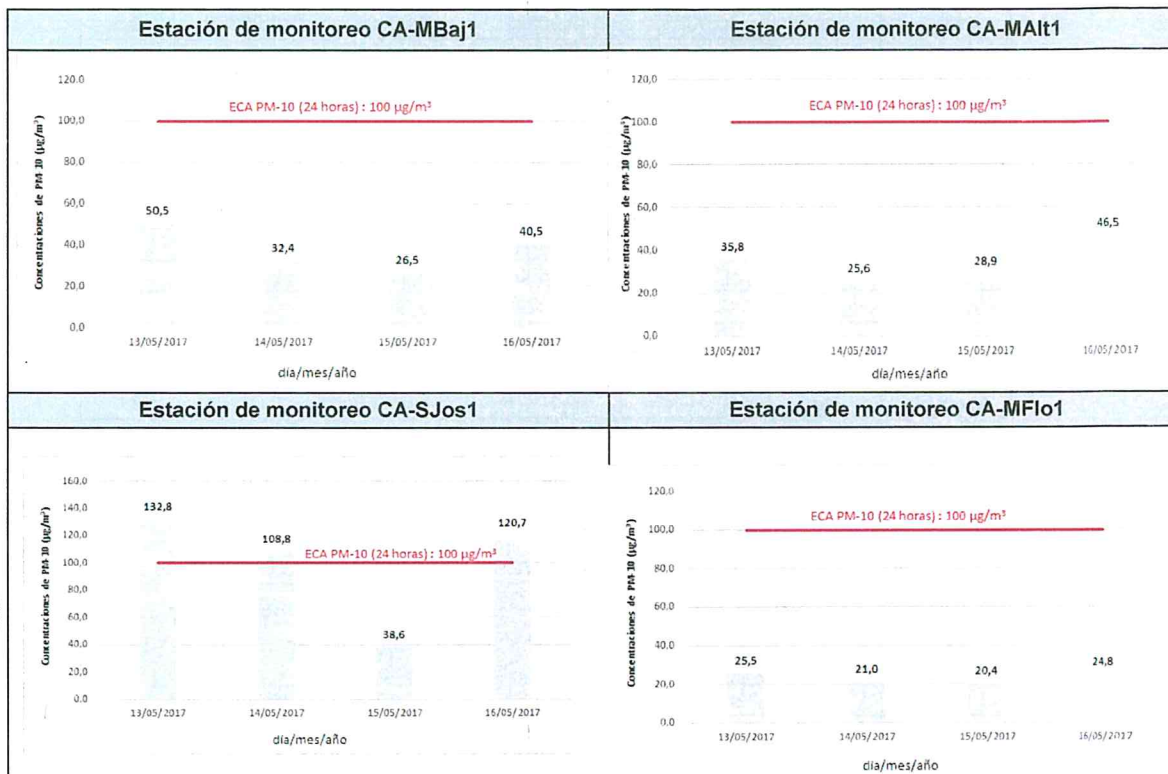


Figura 10-56. Concentraciones promedio diarias del parámetro PM₁₀ (Según el ECA vigente)

540. De acuerdo con los resultados obtenidos en las estaciones de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1 y CA-MFlo1, todas las concentraciones reportadas durante el presente monitoreo se encuentran en conformidad con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para PM₁₀ equivalente a 100 µg/m³ para un periodo de 24 horas. La única estación de monitoreo que superó el mencionado ECA en tres días de monitoreo fue CA-SJos1. Es preciso mencionar que la aplicación del referido ECA es referencial, debido a que su aprobación fue posterior a la ejecución del monitoreo de calidad del aire.

10.4.4. Metales en PM₁₀

541. Las Tablas 10-16, 10-17, 10-18 y 10-19 contienen las concentraciones de metales determinados en PM₁₀ correspondiente a las estaciones de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1, CA-MSJos1 y CA-MFlo1.

Tabla 10-16. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-MBaj1

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m ³)
		Del 13/05/17 al 14/05/17	Del 14/05/17 al 15/05/17	Del 15/05/17 al 16/05/17	Del 16/05/17 al 17/05/17	
Concentración de metales (µg/m ³)						
Plata	Ag	<0,00074	<0,00073	<0,00073	<0,00073	1
Aluminio	Al	<0,01987	<0,01984	<0,01973	<0,01968	-

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m ³)
		Del 13/05/17 al 14/05/17	Del 14/05/17 al 15/05/17	Del 15/05/17 al 16/05/17	Del 16/05/17 al 17/05/17	
Concentración de metales (µg/m³)						
Arsénico	As	<0,00809	<0,00808	<0,00804	<0,00802	0,3
Bario	Ba	<0,00103	<0,00103	<0,00102	<0,00102	10
Berilio	Be	<0,00059	<0,00059	<0,00058	<0,00058	0,01
Cadmio	Cd	<0,00162	<0,00162	<0,00161	<0,00160	0,025
Cobalto	Co	<0,00486	<0,00485	<0,00482	<0,00481	0,1
Cromo	Cr	<0,00383	<0,00382	<0,00380	<0,00379	0,5
Cobre	Cu	0,02415	0,02357	0,02057	0,02132	50
Manganeso	Mn	0,00476	0,00184	<0,00131	0,00509	0,2
Molibdeno	Mo	<0,00280	<0,00279	<0,00278	<0,00277	120
Níquel	Ni	<0,00456	<0,00455	<0,00453	<0,00452	0,1
Plomo	Pb	<0,01030	<0,01028	<0,01023	<0,01020	0,5
Antimonio	Sb	<0,00809	<0,00808	<0,00804	<0,00802	25
Selenio	Se	<0,05047	<0,05039	<0,05013	<0,04999	10
Talio	Tl	<0,04915	<0,04907	<0,04882	<0,04868	-
Vanadio	V	<0,00221	<0,00220	<0,00219	<0,00219	2
Zinc	Zn	<0,03885	<0,03879	<0,03859	<0,03848	120
Uranio	U	0,00326	0,00087	<0,00029	0,00260	0,15
Mercurio	Hg	<0,01781	<0,01778	<0,01769	<0,01764	2,0

* Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "<" (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

Tabla 10-17. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-MAIt1

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* (µg/m ³)
		Del 13/05/17 al 14/05/17	Del 14/05/17 al 15/05/17	Del 15/05/17 al 16/05/17	Del 16/05/17 al 17/05/17	
Concentración de metales (µg/m³)						
Plata	Ag	<0,00073	<0,00073	<0,00073	<0,00073	1
Aluminio	Al	<0,01983	<0,01975	<0,01966	<0,01979	-
Arsénico	As	<0,00808	<0,00804	<0,00801	<0,00806	0,3
Bario	Ba	<0,00103	<0,00102	<0,00102	<0,00103	10
Berilio	Be	<0,00059	<0,00059	<0,00058	<0,00059	0,01
Cadmio	Cd	<0,00162	<0,00161	<0,00160	<0,00161	0,025
Cobalto	Co	<0,00485	<0,00483	<0,00480	<0,00484	0,1
Cromo	Cr	0,00752	0,01373	0,00587	<0,00381	0,5
Cobre	Cu	0,01706	0,02516	0,02254	0,03811	50
Manganeso	Mn	0,00171	0,0017	<0,00131	0,00499	0,2
Molibdeno	Mo	<0,00279	<0,00278	<0,00277	<0,00279	120
Níquel	Ni	<0,00455	<0,00453	<0,00451	<0,00454	0,1
Plomo	Pb	<0,01028	<0,01024	<0,01019	<0,01026	0,5
Antimonio	Sb	<0,00808	<0,00804	<0,00801	<0,00806	25
Selenio	Se	<0,05037	<0,05016	<0,04993	<0,05028	10
Talio	Tl	<0,04906	<0,04885	<0,04862	<0,04897	-
Vanadio	V	<0,00220	<0,00219	<0,00218	<0,00220	2
Zinc	Zn	<0,03877	<0,03861	<0,03843	<0,03871	120
Uranio	U	<0,00029	0,00075	0,00240	0,00152	0,15
Mercurio	Hg	<0,01777	<0,01770	<0,01762	<0,01774	2,0

* Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "<" (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-18. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-SJ01

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Del 13/05/17 al 14/05/17	Del 14/05/17 al 15/05/17	Del 15/05/17 al 16/05/17	Del 16/05/17 al 17/05/17	
Concentración de metales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Plata	Ag	< 0,00077	< 0,00077	< 0,00073	< 0,00077	1
Aluminio	Al	< 0,02074	< 0,02066	< 0,01976	< 0,02068	-
Arsénico	As	< 0,00845	< 0,00842	< 0,00805	< 0,00843	0,3
Bario	Ba	< 0,00108	< 0,00107	< 0,00102	< 0,00107	10
Berilio	Be	< 0,00061	< 0,00061	< 0,00059	< 0,00061	0,01
Cadmio	Cd	< 0,00169	< 0,00168	< 0,00161	< 0,00169	0,025
Cobalto	Co	< 0,00507	< 0,00505	< 0,00483	< 0,00506	0,1
Cromo	Cr	< 0,00399	0,00968	< 0,00380	0,01021	0,5
Cobre	Cu	0,01633	0,01599	0,02500	0,01478	50
Manganeso	Mn	0,007477	0,00267	< 0,00132	0,00232	0,2
Molibdeno	Mo	< 0,00292	< 0,00291	< 0,00278	< 0,00291	120
Níquel	Ni	< 0,00476	< 0,00474	< 0,00454	< 0,00475	0,1
Plomo	Pb	< 0,01075	< 0,01071	< 0,01024	< 0,01072	0,5
Antimonio	Sb	< 0,00845	< 0,00842	< 0,00805	< 0,00843	25
Selenio	Se	< 0,05269	< 0,05248	< 0,05019	< 0,05254	10
Talio	Tl	< 0,05131	< 0,05111	< 0,04887	< 0,05117	-
Vanadio	V	< 0,00230	< 0,00230	< 0,00220	< 0,00230	2
Zinc	Zn	< 0,04056	< 0,04040	< 0,03863	< 0,04044	120
Uranio	U	0,00083	0,00241	0,00147	0,00228	0,15
Mercurio	Hg	< 0,01859	< 0,01851	< 0,01771	< 0,01854	2,0

* Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "<" (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.

Tabla 10-19. Concentraciones de 24 horas de metales en CA-MF01

Elemento	Símbolo	Periodo de muestreo				AAQC* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Del 13/05/17 al 14/05/17	Del 14/05/17 al 15/05/17	Del 15/05/17 al 16/05/17	Del 16/05/17 al 17/05/17	
Concentración de metales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Plata	Ag	< 0,00076	< 0,00076	< 0,00073	< 0,00084	1
Aluminio	Al	< 0,02050	< 0,02049	< 0,01976	< 0,02263	-
Arsénico	As	< 0,00835	< 0,00835	< 0,00805	< 0,00922	0,3
Bario	Ba	< 0,00106	< 0,00106	< 0,00102	< 0,00117	10
Berilio	Be	< 0,00061	< 0,00061	< 0,00059	< 0,00067	0,01
Cadmio	Cd	< 0,00167	< 0,00167	< 0,00161	< 0,00184	0,025
Cobalto	Co	< 0,00501	< 0,00501	< 0,00483	< 0,00553	0,1
Cromo	Cr	0,01333	0,00694	0,00380	0,00858	0,5
Cobre	Cu	< 0,00334	0,01548	0,01376	0,01792	50
Manganeso	Mn	< 0,00137	< 0,00137	< 0,00132	0,00198	0,2
Molibdeno	Mo	< 0,00289	< 0,00288	< 0,00278	< 0,00319	120
Níquel	Ni	< 0,00471	< 0,00470	< 0,00454	< 0,00520	0,1
Plomo	Pb	< 0,01063	< 0,01062	< 0,01024	< 0,01173	0,5
Antimonio	Sb	< 0,00835	< 0,00835	< 0,00805	< 0,00922	25
Selenio	Se	< 0,05208	< 0,05206	< 0,05019	< 0,05749	10
Talio	Tl	< 0,05072	< 0,05070	< 0,04887	< 0,05599	-
Vanadio	V	< 0,00228	< 0,00228	< 0,00220	< 0,00251	2
Zinc	Zn	< 0,04009	< 0,04007	< 0,03863	< 0,04426	120
Uranio	U	0,00066	0,00090	0,00188	0,00253	0,15
Mercurio	Hg	< 0,01837	< 0,01837	< 0,01771	< 0,02028	2,0

* Ambient Air Quality Criteria. Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá. Abril de 2012.

Nota: los valores precedidos por el símbolo "<" (menor que), son inferiores al límite de cuantificación del laboratorio.



[Handwritten signature]

542. Las concentraciones de metales reportadas en las estaciones de monitoreo CAMBaj1, CA-MAIt1, CA-SJos1 y CA-MFlo1 cumplen con los valores de referencia para un periodo de 24 horas, según la norma canadiense (AAQC).

10.5. Calidad de suelo

543. Para el muestreo en niveles de fondo, se ha dividido de acuerdo con los tipos de formación de suelo identificados. Siendo las siguientes formaciones: Andresitas (T-an), Chimú (Ki-chi), Chulec (Ki-chu), Carhuaz (Ki-ca), Farrat (Ki-fa) y Fluviales (Qh-fl).

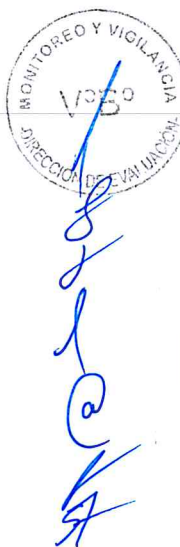
10.5.1. Resultados de la evaluación y determinación del nivel de fondo – NF y valor de referencia VR

544. Las fichas estadísticas que comprenden tablas y figuras para la determinación de nivel de fondo y valor de referencia, se muestran en el Anexo F5, los cuales, fueron obtenidas mediante el análisis estadístico para cada elemento (metales y metaloides); en las referidas tablas se detallan los datos estadísticos más resaltantes de la población muestral y los gráficos muestran los histogramas, diagramas de cajas y bigotes, así como, los gráficos de normalidad.

545. En la Tabla 10-20 se presentan los resultados de los valores de nivel de fondo y valor de referencia, determinados según los procedimientos descritos en el párrafo anterior y en el apartado "Análisis estadístico para la determinación de los niveles de fondo (NF) y valor de referencia (VR)".

Tabla 10-20. Valores de nivel de fondo y valores de referencia de metales para el área de estudio

Metales totales	Área de muestreo de suelos											
	T-an		Ki-chi		Ki-chu*		Ki-ca		Ki-fa		Qh-fl	
	NF	VR	NF	VR	NF	VR	NF	VR	NF	VR	NF	VR
Aluminio	18 135	20 611	29 218	32 205	--	--	14 978	20 212	7 678	8 913	9 340	10 534
Antimonio	0,829	1,24	7,668	16,28	--	--	3,712	5,235	3,374	4,247	6,94	9,475
Arsénico	7	9,337	191,1	327,1	--	--	60,28	85,81	81,33	97,83	123,3	162,5
Bario	131,6	159,9	76,1	97,61	--	--	270,1	419,9	77,96	99,68	100,5	105
Berilio	0,64	0,746	0,687	0,88	--	--	1,51	2,015	0,868	0,952	0,911	1,052
Bismuto	0,111	0,17	0,863	1,648	--	--	0,179	0,225	0,33	0,379	0,403	0,482
Boro	0,619	0,789	0,933	1,483	--	--	1,625	2,598	3,569	4,446	3,994	4,596
Cadmio	1,419	2,018	0,453	0,903	--	--	0,531	0,876	0,713	0,755	1,681	2,199
Calcio	3 249	4 022	693	968,8	--	--	2 758	7 028	7 614	8 880	18 707	29 509
Cerio	33,51	36,76	30,91	41,71	--	--	39,82	64,45	10,49	12,18	26,24	34,29
Cobalto	14,52	15,92	12,59	16,61	--	--	40,8	78,36	21,09	43,1	14,62	17,93
Cobre	25,56	31,03	29,75	41,22	--	--	39,97	52,6	71,58	82,92	54,13	66,98
Cromo	10,39	11,37	16,75	24,17	--	--	46,92	65,82	12,06	13	13,05	15,3
Estaño	0,194	0,296	1,116	2,16	--	--	0,922	1,217	0,892	1,149	1,06	1,323
Estroncio	51,9	68,63	10,92	16,31	--	--	16,37	35,6	25,78	32,9	68,14	98,61
Fósforo	353,5	435,7	522,1	738,4	--	--	538,9	742,2	435	542,2	649,2	830,2
Hierro	32 327	35 390	36 700	45 163	--	--	48 802	65 874	30 181	33 227	26 109	26 973



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Metales totales	Área de muestreo de suelos											
	T-an		Ki-chi		Ki-chu*		Ki-ca		Ki-fa		Qh-fl	
	NF	VR	NF	VR	NF	VR	NF	VR	NF	VR	NF	VR
Litio	8,441	10,22	8,268	11,64	--	--	8,511	11,77	8,417	15	8,076	9,56
Magnesio	6 525	8 677	691,5	1 051	--	--	626,9	937,4	1 329	1 543	2 001	2 538
Manganeso	1 475	1 992	1 798	3 849	--	--	3 092	5 659	6 89,2	964,8	772,5	863,1
Mercurio	--	--	0,217	0,359	--	--	--	--	0,0484	0,0761	0,0615	0,0812
Molibdeno	0,452	0,575	2,027	3,336	--	--	3,684	5,373	1,032	1,24	3,141	4,319
Níquel	6,917	7,428	8,471	13,56	--	--	24,68	33,71	20,59	26,41	20,48	23,6
Plomo	17,2	21,36	111,7	188,1	--	--	94,6	183,8	21,23	24,7	67,44	95,88
Plata	--	--	--	--	--	--	0,178	0,373	0,254	0,405	0,554	0,983
Potasio	1 539	1 822	1 142	1 573	--	--	2 165	2 826	1 669	1 965	2 400	2 856
Selenio	2,423	2,901	1,78	2,287	--	--	2,232	3,11	1,771	1,979	2,416	2,899
Sodio	130,3	153	68,26	84,88	--	--	--	--	32,02	51,87	69,69	103,7
Talio	0,076	0,09	0,361	0,561	--	--	0,404	0,869	0,209	0,254	0,328	0,394
Titanio	36,68	51,22	55,63	81,5	--	--	12,28	20,87	7,315	7,73	7,49	9,39
Torio	3,445	4,52	3,542	4,818	--	--	2,608	3,623	0,975	1,082	1,744	2,148
Uranio	0,506	0,546	0,93	1,337	--	--	0,518	0,657	0,358	0,408	0,663	0,713
Vanadio	77,83	86,89	89,21	111,1	--	--	69,95	95,94	19,23	22	25,9	27
Wolframio	--	--	0,0786	0,164	--	--	0,215	0,59	0,0618	123	0,138	0,198
Zinc	155,6	207,6	126	180,7	--	--	221,9	311,6	128,4	142,6	176,4	213,3

* Formación geológica evaluada con insuficientes puntos para realizar la descripción estadística
 .. Datos insuficientes para hallar el nivel de fondo



546. De la tabla anterior, se observa que cada formación geológica presenta valores de niveles de fondo diferentes entre sí para cada metal o metaloide evaluado, esto puede deberse a los procesos de formación del suelo o a las actividades desarrolladas sobre estas.

10.5.2. Comparación de los resultados de suelos con el Estándar de Calidad Ambiental de suelo de uso agrícola.

547. Se realizó la comparación referencial de los resultados de suelos obtenidos con el Estándar de Calidad Ambiental de suelo de uso agrícola, de acuerdo a las seis formaciones identificadas en la zona.

a. Formación Andesita

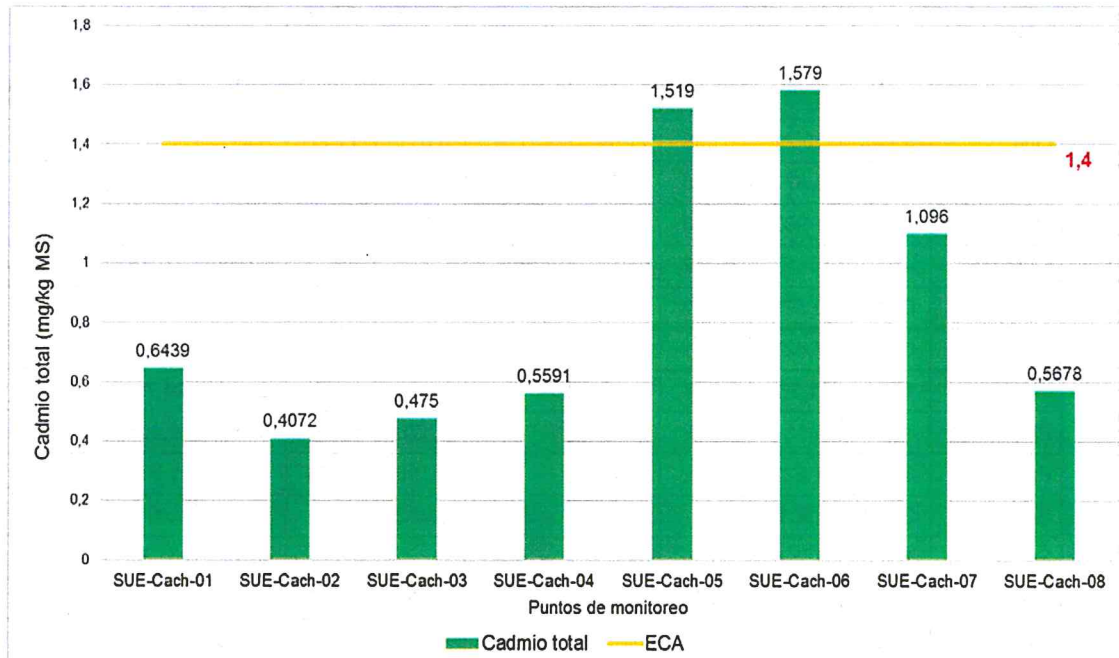


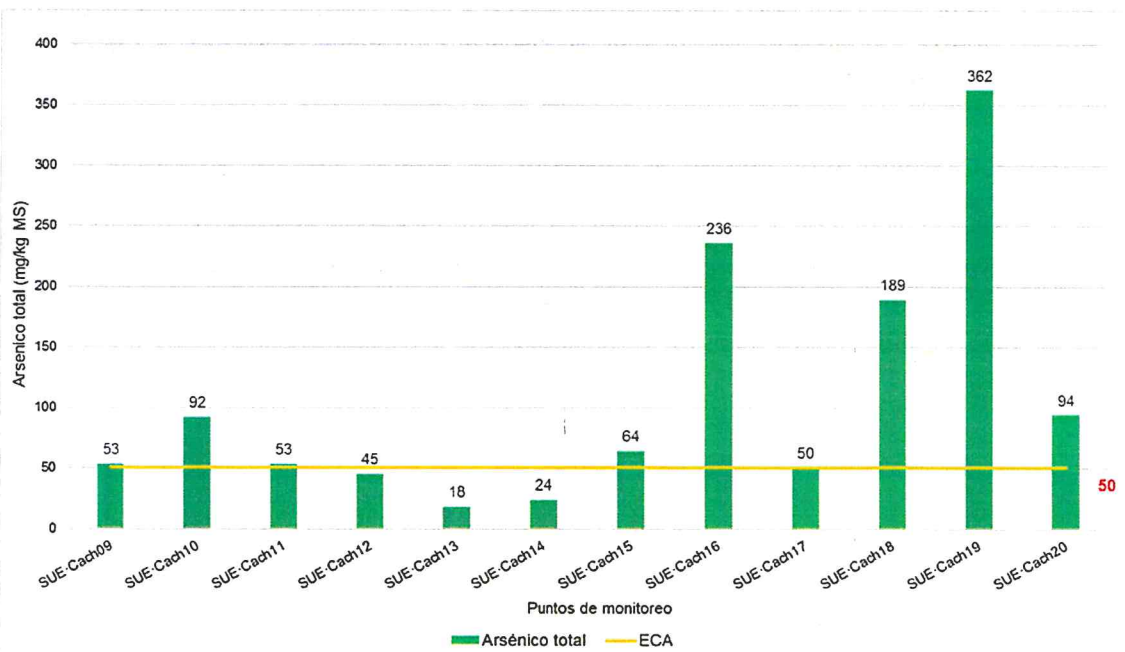
Figura 10-57. Comparación de los resultados de cadmio con el ECA suelo para suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

548. En la formación de Andesita, se obtuvo el único parámetro que tiene comparación con el ECA suelo de uso agrícola que es el cadmio, el cual superó referencialmente dicho ECA en los puntos SUE-Cach-05 (1,519 kg/mg MS) y SUE-Cach-06 (1,579 kg/mg MS).



[Handwritten signature]

b. Formación Chimú



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

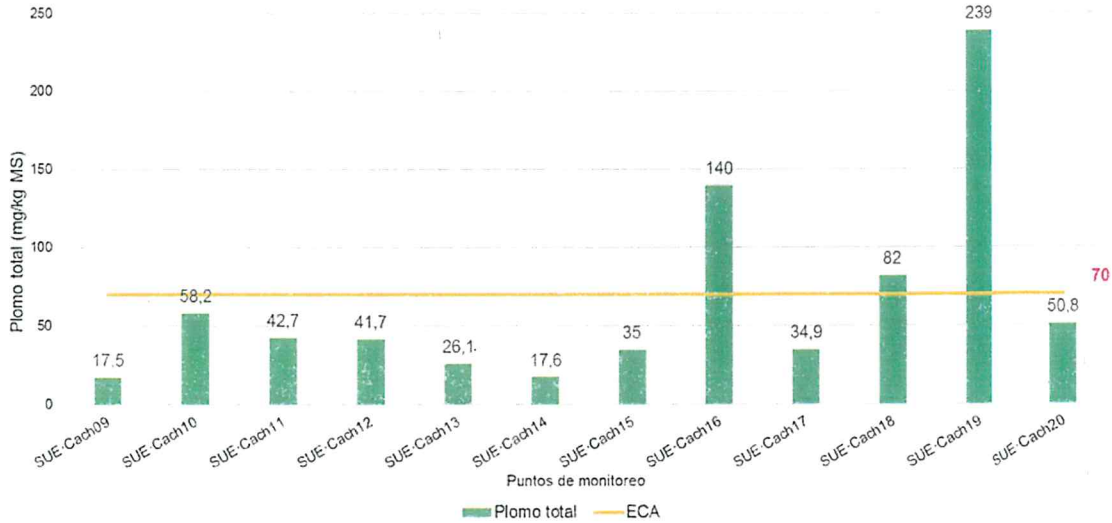


Figura 10-58. Comparación de los resultados de arsénico y plomo con el ECA suelo para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM).

549. La formación Chimú, presentó valores superiores referencialmente al ECA de suelos de uso agrícola en los parámetros arsénico en 8 puntos de monitoreo y plomo en 3 puntos de monitoreo. En esta formación geológica se observa que el arsénico y plomo tienen una relación directamente proporcional.

c. Formación Chulec

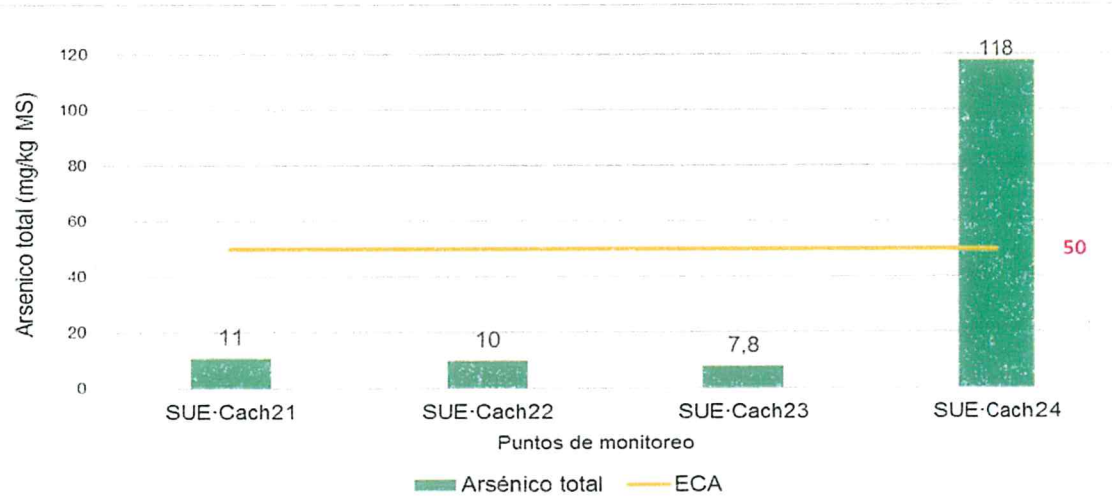


Figura 10-59. Comparación de los resultados de arsénico con el ECA suelo para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM).

550. La formación Chulec, presento valores superiores referencialmente al ECA de suelos de uso agrícola en el parámetro arsénico en el punto de monitoreo SUE-Cach24 (118 kg/mg MS), al observar el anexo de resultados de suelos se ve que el incremento de arsénico y plomo están directamente relacionados.

d. Formación Carhuaz

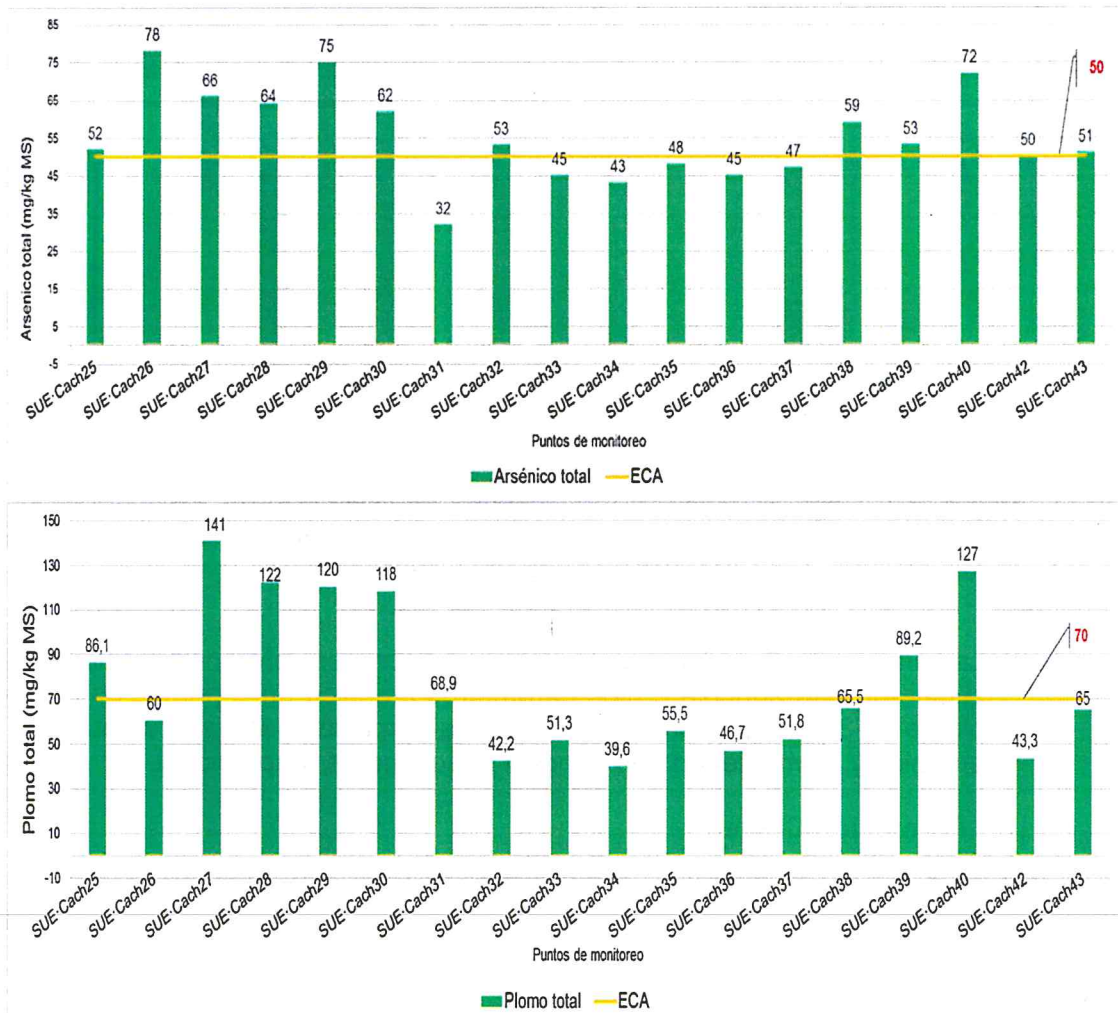


Figura 10-60. Comparación de los resultados de arsénico y plomo con el ECA suelo para suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM).

551. La formación Carhuaz, presentó valores superiores referencialmente al ECA de suelos de uso agrícola en los parámetros arsénico en 11 puntos de monitoreo y plomo en 7 puntos. En esta formación geológica se observa que el arsénico y plomo tienen una relación directamente proporcional.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

e. Formación Farrat

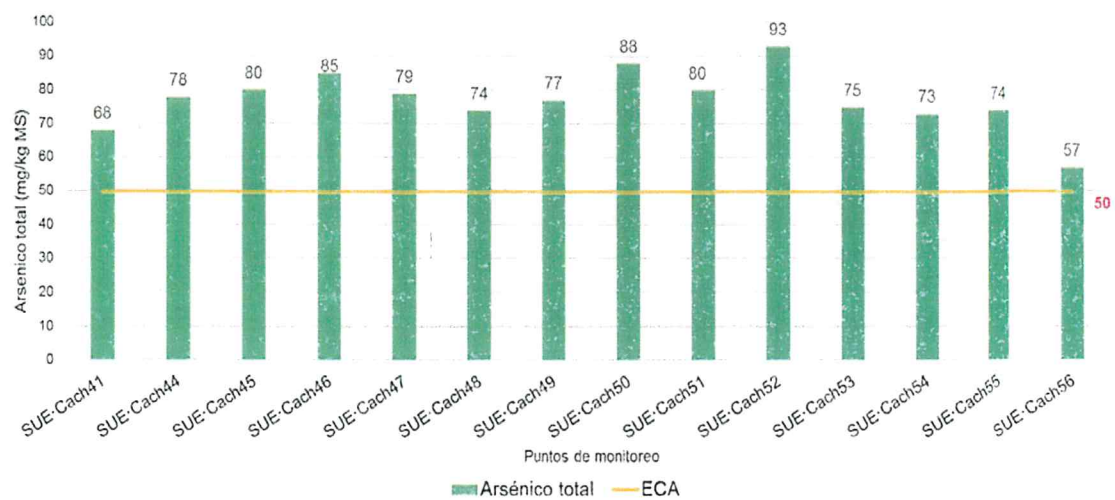
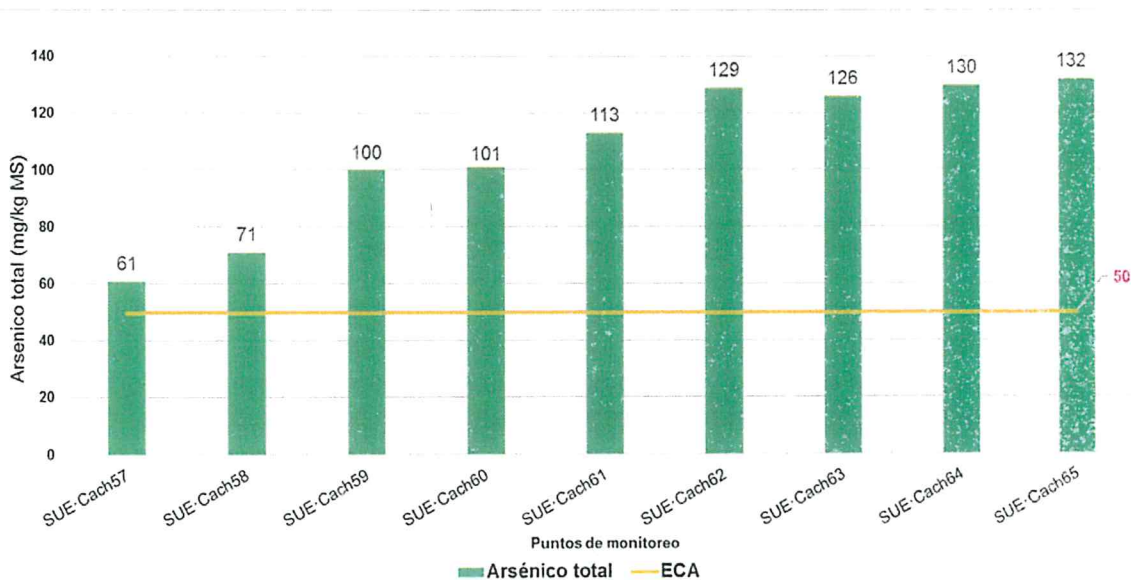


Figura 10-61. Comparación de los resultados de arsénico con el ECA suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM)

552. La formación Farrat, presentó valores superiores referencialmente al ECA de suelos de uso agrícola en el parámetro arsénico en los 14 puntos de muestreo.

f. Depósitos Fluviales



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

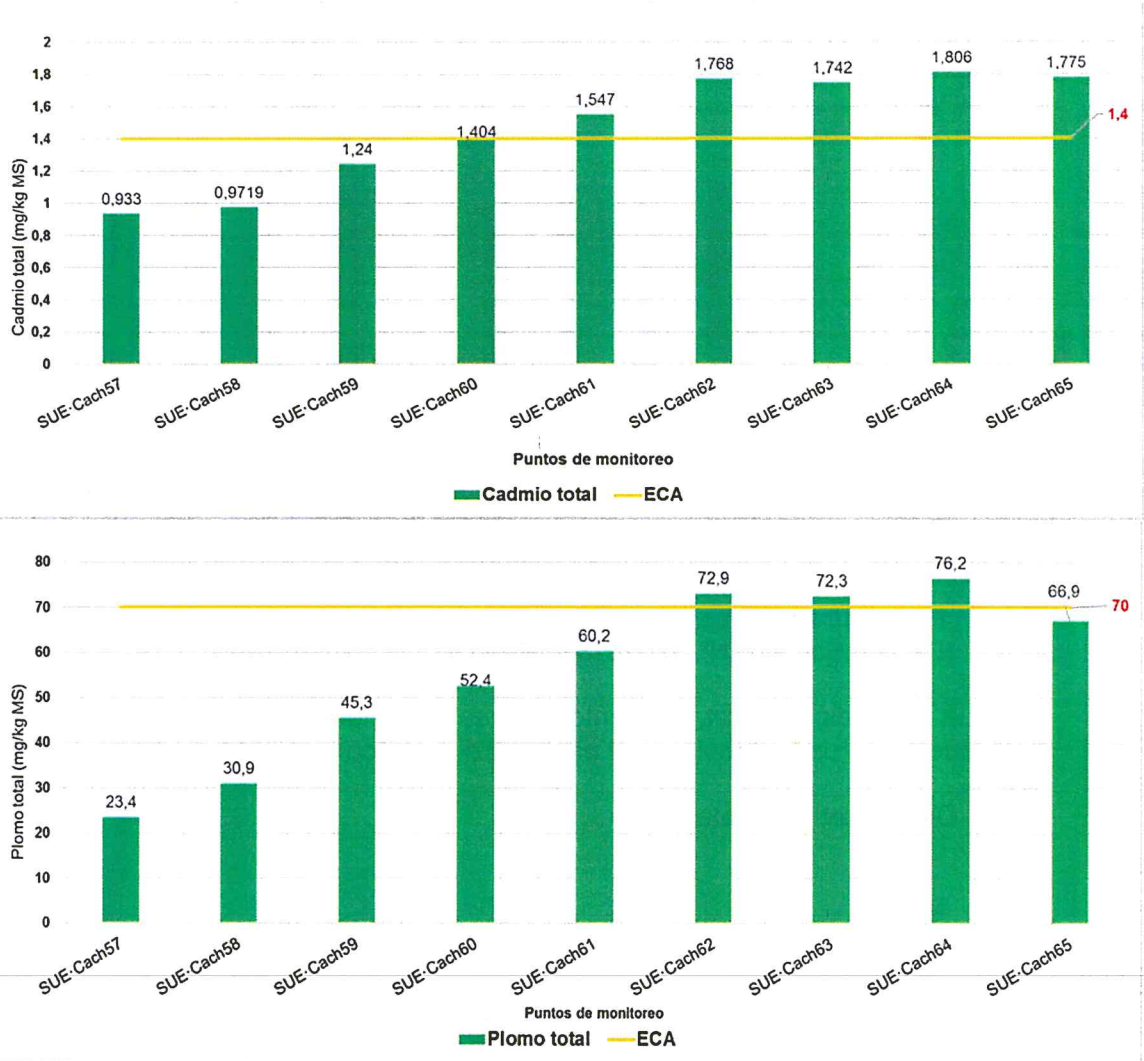


Figura 10-62. Comparación de los resultados de arsénico, cadmio y plomo con el ECA suelo de uso agrícola Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

553. El deposito fluvial, presento valores que superaron referencialmente al ECA de suelos de uso agrícola en los parámetros arsénico en 9 puntos de muestreo, cadmio en 6 puntos y plomo en 3 puntos. En esta formación geológica se observa que el arsénico, cadmio y plomo tienen una relación directamente proporcional.

10.6. Tejido vegetal en cultivos

554. En la Tabla 10-21, se muestra los resultados obtenidos de contenido de metales en las frutas palta y níspero, extraídos de los cultivos ubicados en los caseríos Liclipampa Bajo y Chimín.

Tabla 10-21. Concentraciones de metales obtenidas en los frutos muestreados del Valle Condebamba

Parámetros (mg/kg)	Puntos de muestreo						
	FRUTO1	FRUTO2	FRUTO3	FRUTO4	FRUTO5	FRUTO6	FRUTO7
Mercurio (Hg)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Aluminio (Al)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Parámetros (mg/kg)	Puntos de muestreo						
	FRUTO1	FRUTO2	FRUTO3	FRUTO4	FRUTO5	FRUTO6	FRUTO7
Antimonio (Sb)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Arsénico (As)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30	< 0,1	0,30	< 0,1
Bario (Ba)	10,20	0,90	2,00	0,40	0,20	0,50	0,50
Berilio (Be)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bismuto (Bi)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Boro (B)	83	67	78	69	61	44	46
Cadmio (Cd)	0,30	0,14	0,14	0,19	0,24	0,49	1,35
Calcio (Ca)	5844	1433	3617	1481	537	1464	2064
Cobalto (Co)	0,18	0,08	0,05	0,09	0,12	0,07	0,09
Cobre (Cu)	4,80	9,60	10,20	10,80	17,00	21,40	14,90
Cromo (Cr)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Estaño (Sn)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Estroncio (Sr)	16,35	4,09	11,07	5,53	1,72	6,19	6,23
Fosforo (P)	2661,00	1851,00	2206	1573	2389	3323	4139
Hierro (Fe)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Litio (Li)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Magnesio (Mg)	2380	1472	1626	1317	1265	1658	2142
Manganeso (Mn)	8,80	6,80	17,20	7,60	4,90	6,00	11,90
Molibdeno (Mo)	0,80	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,50	0,50
Níquel (Ni)	1,10	0,30	0,80	0,50	1,00	1,20	2,20
Plata (Ag)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Plomo (Pb)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Potasio (K)	41097	32849	25507	36164	31096	33919	44107
Selenio (Se)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Sodio (Na)	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Talio (Tl)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Titanio (Ti)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Uranio (U)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Vanadio (V)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zinc (Zn)	28,50	21,30	19,70	27,50	30,00	29,30	39,40



[Handwritten signature]
@

555. Los puntos FRUTO 1, FRUTO2, FRUTO3 y FRUTO4, se encuentra ubicado en el caserío de Liclipampa Bajo, asimismo, los puntos FRUTO5, FRUTO6 y FRUTO7 pertenecen al caserío Chimín.
556. Cabe señalar que las concentraciones de metales encontradas en los frutos evaluados, servirán de conocimiento y referencia para posteriores trabajos de vigilancia ambiental.

11. DISCUSIONES

11.1. Calidad de agua

557. A continuación, se explicará el comportamiento de los resultados obtenidos en los diferentes cuerpos de agua superficial de acuerdo a los análisis realizados en el capítulo anterior, tomando como base las cinco zonas distribuidas.

11.1.1. Zona I

558. En la Figura 11-2, se aprecian los cuerpos de agua relacionados con la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo, respecto a ello, se observan que todas las quebradas que pertenecen a la Zona I, se encuentran relacionadas con la zona de operaciones de la U.M. y se muestran algunas quebradas pertenecientes a la Zona V, con igual característica.

559. Los valores obtenidos de pH en el tramo evaluado de la quebrada Chupaya (QChu1 y QChu2), pasaron de un pH neutro (en el punto QChu1, con un valor de 7,88) a uno ligeramente ácido (QChu2, con un valor de 5,67), esto posiblemente debido al gran aporte de aguas ligeramente ácidas de dos de sus tres aportantes directos, los puntos FNat2 y Qs/n1 que presentaron valores de 6,24 y 3,52 respectivamente; mientras que el tercer aportante evaluado (el punto FNat1) presentó un valor de pH de 7,16.

560. En el tramo evaluado quebrada Choloque, se pudo apreciar un disminución del pH con respecto al punto QCho1 (presentó un valor de 7,41); mientras que en el punto QCho2 (ubicado aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo, presentó un valor de 5,32); al respecto es preciso indicar que el manantial (FNat3, ubicado aguas abajo de la zona de operaciones) presentó un valor de pH de 3,89. En el caso de las concentraciones de SO₄, Al, As y Fe (total), el punto QCho2, presentó un incremento notable en relación al punto QCho1. El punto FNat3 presentó concentraciones de C.E. Mn y Zn (totales) superiores a lo encontrado en los puntos ubicados en la quebrada Choloque.

561. En este sentido, las quebradas Choloque y Chupaya (y afluentes de las mismas) forman la quebrada Shahuindo, el punto QSha1 en comparación con los descritos anteriormente presentó concentraciones de los metales totales (Al, As, Ni, Zn, Cd y Co), pH, C.E., y SO₄ relativamente constantes sin picos elevados.

562. Respecto a los valores de conductividad eléctrica, sulfatos y de los metales totales (Al, As, Cd, Co, Fe, Mn, Ni y Zn); estos parámetros en mención mostraron un patrón de incremento en el punto QChu2, con respecto al punto QChu1, debido posiblemente a las características fisicoquímicas del punto Qs/n1, el cual presentó las mayores concentraciones de estos parámetros pudiendo influir en su incremento.

563. Cabe señalar que el punto Qs/n1 (aguas provenientes de la bocamina abandonada), no se encuentra dentro del listado actualizado de pasivos ambientales mineros el Minem. Al respecto, Arranz – González (2008), menciona que son todos aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de minería abandonada o



inactiva, constituyen un riesgo potencial permanente para el medio ambiente y la salud de las personas.

564. Es preciso indicar que el punto Qs/n1, son aguas provenientes de una bocamina abandonada la cual descarga sus aguas directamente en la quebrada Chupaya. En este sentido este valor de conductividad eléctrica se debe principalmente a la elevada actividad de los iones hidrógeno (valor bajo de pH) que son un componente mayoritario en las aguas ácidas ferrocupríferas provenientes de las infiltraciones de la bocamina abandonada. Las características que presentan esta clase de contaminantes son la acidez, la salinidad, la toxicidad metálica y la sedimentación (Gray, 1997). Los sulfatos también pueden provenir de fuentes naturales a través de la lixiviación por el agua de minerales sulfurosos nativos en donde el azufre es oxidado para producir sulfatos, pero en menor cantidad comparado con la actividad minera (Hem, 1992). Los aportes de aguas ácidas se caracterizan por mostrar altas concentraciones de Fe y sulfatos, pH bajos y elevadas concentraciones de una amplia variedad de metales (Webster *et al.*, 1998).
565. Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el As, Cd, Cu, Pb y Zn pueden atribuirse a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995). Otras de las posibles fuentes de metales pesados son las aguas residuales de origen doméstico sin ningún tratamiento. Williams *et al.* (1976) y Connell *et al.* (1984), reportan que los efluentes domésticos que contienen desechos metabólicos y productos de consumo (jabones y detergentes) contribuyen con cantidades apreciables de cobre, cadmio, cromo, plomo, zinc, entre otros; sin embargo, son concentraciones muy inferiores a las que ingresan debido a la actividad minera. En este sentido es preciso indicar que no se encontraron descargas directas de aguas residuales en la quebrada Chupaya.
566. Respecto a las vías de entrada y origen de los metales pesados en los sistemas acuáticos, existen tres vías principales de entrada en el medio acuático, la cual se detalla en la Figura 11-1, estas vías son atmosférica, producida debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos (principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales); terrestre, producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, entre otros) y causas naturales; y vía directa, de entrada de metales es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales (Rosas, 2001).
567. Sobre los resultados de la quebrada Choloque, en la línea de base de la U.M. Shahuindo, para el punto QCho1 en los años 2011 y 2012 presentaron valores de pH y la concentración de plomo total que superaron la comparación referencial con el ECA para agua, categoría 3 (2008). Mientras que para el punto QCho2 en el año 2013 presentaron valores de pH y concentraciones de Al, As, Fe, Mn, Pb que superaron la comparación referencial con el ECA para agua, categoría 3 (2008).



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

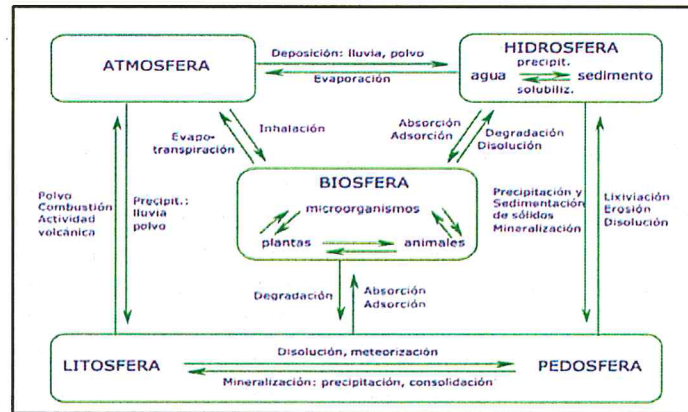


Figura 11-1. Ciclo Biogeoquímico general de los metales pesados (Rosas, 2001)

568. En general en la zona I, se presentó una relación que, a menor concentración de conductividad eléctrica, se incrementa los valores de pH; sin embargo, en los puntos FNat3 y Qs/n1, los cuales presentaron valores de pH<4 (3,89 y 3,52 respectivamente), esta condición no se cumplió, ya que aumentaron las concentraciones de conductividad eléctrica, coincidiendo con las concentraciones elevadas presentadas para el parámetro sólidos totales disueltos. En las Tablas 11-1, 11-2 y 11-3, se aprecian los porcentajes mayoritarios de metales disueltos y suspendidos en la zona I.

Tabla 11-1. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona I

%	Silicio		Potasio		Sodio		Magnesio		Calcio		Estroncio		Litio		Manganeso		Níquel		Cobalto	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QCho1	79	21	76	24	79	21	77	23	78	22	86	14	L.C.	L.C.	80	20	L.C.	L.C.	L.C.	L.C.
FNat2	86	14	82	18	80	20	74	26	76	24	8	92	50	50	1	99	L.C.	L.C.	L.C.	L.C.
Qs/n1	91	9	85	15	86	14	87	13	89	11	90	10	89	11	90	10	96	4	97	3
QCho2	92	8	92	8	76	24	78	22	77	23	86	14	100	0	81	19	83	17	83	17
FNat3	83	17	76	24	75	25	78	22	77	23	86	14	82	18	91	9	84	16	82	18
QSha1	84	16	88	12	79	21	83	17	81	19	88	12	100	0	90	10	75	25	82	18

Tabla 11-2. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona I

Suspendido %	Fósforo		Estaño	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QCho1	40	60	0	100
FNat2	0	100	0	100
Qs/n1	0	100	L.C.	L.C.
QCho2	0	100	0	100
FNat3	L.C.	L.C.	L.C.	L.C.
QSha1	0	100	L.C.	L.C.

Tabla 11-3. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona I

Variable %	Aluminio		Hierro		Zinc		Cobre		Arsénico	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QCho1	53	47	33	67	81	19	79	21	L.C.	L.C.
FNat2	15	85	83	17	17	83	L.C.	L.C.	49	51
Qs/n1	98	2	97	3	90	10	89	11	81	19
QCho2	4	96	41	59	92	8	7	93	0	100
FNat3	83	17	71	29	83	17	89	11	L.C.	L.C.
QSha1	2	98	0	100	20	80	0	100	L.C.	L.C.

Leyenda:

0-25	26-50	51-70	71-100
------	-------	-------	--------

L.C.: límite de cuantificación



Firma manuscrita vertical.

569. En este sentido, se puede apreciar que la condición que se describe en el párrafo anterior para los puntos FNat3 y Qs/n1 están sujetos a elevados porcentajes de metales disueltos como Al, Fe, Zn, Cu, Si, K, Na, Mg, Ca, Li, Ni, Mn y Co. Coincidiendo con estudios de Sarabia, *et. al.* (2011); el cual menciona que este valor se encuentra sujeto a concentraciones elevadas de aniones y cationes en el cuerpo de agua.
570. Respecto a las concentraciones de nutrientes Ca – Mg – Na, se observó una predominancia de Ca (alcalino – térreos) sobre los demás en todos los puntos de muestreo de la zona I, esto podría ser un reflejo de la mineralización de las aguas (sólidos disueltos) conjugando los cationes en mención.
571. La Razón Ca/Mg y Ca/Na fue preponderante en todos los puntos de muestreo de esta zona, especialmente en los puntos QChu2, QSha1, FNat2 y Qs/n1 evidenciando la química de sus aguas de esta zona son de una composición tipo cálcico.
572. En cuanto a los aniones, predominaron el SO₄ sobre HCO₃ y Cl⁻, en los puntos QCho2, Qs/n1, FNat3, QChu2 y QSha1, brindándoles una característica química de tipo sulfatada; mientras que en los puntos QCho1 y FNat2 existieron fuertes incrementos en HCO₃, sobre SO₄ y Cl⁻; pudiendo influenciar en las concentraciones elevadas de metales expuestas anteriormente. Estas aguas sulfatadas pueden responder a fenómenos locales de mineralización, como la presencia de sulfuros metálicos (De La Rosa, A. 2010), ya se encuentre "in situ" o en las acumulaciones de zonas mineras, descartándose su origen evaporítico. Todo lo mencionado se apreció de igual manera en el diagrama de Piper.
573. Para validar la calidad de los resultados obtenidos durante la caracterización química de las muestras se efectuó el cálculo de balance de cargas que permite identificar errores en el análisis químico mediante el conocimiento de las proporciones relativas entre aniones y cationes de una muestra determinada (Santoyo *et. al.*, 1992). Los resultados de los análisis químicos incluyen su error asociado que se obtuvo a partir de las ecuaciones de precisión establecidas en cada técnica aplicada (Fishman *et al.*, 1979). Por otra parte, los resultados presentados en el balance iónico variaron hasta ± 32%, y debido a que las características geográficas de las quebradas y ríos evaluados fueron distintas y de suma importancia social para los actores de la zona, se concluyó que todos los desbalances presentados caen dentro de los límites establecidos para la presente evaluación.
574. En este sentido respecto a la zona I, en los puntos Qs/n1 y QChu2, existió una importante predominancia aniónica (SO₄) presentando balance iónico de -30,75% y -9,06%; mientras que en los puntos FNat2, QCho1, QSha1 presentando predominancia catiónica (Ca y Mg) con valores de 32,52%, 24,17% y 19,20% respectivamente.
575. En cuanto al diagrama de Piper, para la zona I se destacan principalmente dos grupos de aguas que corresponden a los tipos bicarbonatado cálcico y sulfatado cálcico. El primer grupo de aguas incluye los puntos QCho1 y FNat1. De este grupo cabe mencionar que son puntos ubicadas aguas arriba de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo, y de la bocamina abandonada. El segundo grupo (sulfatado cálcico) de aguas incluye a la quebrada Shahuindo, los puntos QCho2, Qs/n1, FNat3 y QChu2; dichos puntos se encuentran ubicados después



de la influencia de la bocamina abandonada y de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo. La aparición de facies sulfatadas ocurre en aquellos en los que el substrato o el lecho de la quebrada o acuífero están definidos por materiales triásicos compuestos de arcillas y yesos; estas tienden a estar relacionadas generalmente con las mayores mineralizaciones (IGME, 1985).

576. El principal factor que controla la problemática ambiental que existe en las áreas mineralizadas, tanto antes de las actividades mineras como durante la extracción y el procesamiento, es la mineralogía del yacimiento (Plumlee y Nash, 1995). Los yacimientos de un tipo determinado con características geológicas similares deben producir un impacto al ambiente parecido (Plumlee *et al.* 1995). Este impacto puede ser establecido y cuantificado compilando las características geológicas y mineralógicas de los yacimientos, y sobre todo generando información de los procesos que controlan la liberación de acidez; sin embargo, cuando la contaminación no está asociada con actividades humanas su origen es natural, como en el caso de la lixiviación de rocas y suelos (Fetter, 1999; Armienta-Hernández *et al.*, 1996; Robles y Armienta, 2000).
577. Según el análisis estadístico (análisis Clúster) para la zona I, se obtuvo como resultado que los puntos QCho1, FNat2 y QSha1, se encontraron agrupados de acuerdo a las bajas concentraciones que presentaron de C.E., SO₄ y de los metales Ca, K, Mg (constituyentes mayoritarios) y Sr (constituyentes minoritarios), estas características se presentaron en el grupo 1.1 (G1.1), estos tres puntos representaron el 21% del total de puntos pertenecientes al G1, los dos primeros se encuentran ubicadas aguas arriba de las operaciones mineras y de la bocamina abandonada; mientras que el punto ubicado en la quebrada Shahuindo, recibe como aportantes la quebrada Chupaya y Choloque. Por otro lado, los puntos FNat1, FNat3, Qs/n1, QCho2 y QChu2, se encontraron en el Grupo 1.2 (G1.2) caracterizados por presentar pH ácidos o ligeramente ácidos, bajas concentraciones de HCO₃, y Sr; y que su vez presentaron altas concentraciones de SO₄, y de los metales K, Si (constituyente mayoritario), Fe, Zn, Mn (constituyentes minoritarios), Al y Cu (constituyentes trazas) estos cinco puntos representaron el 56% del total de puntos pertenecientes al G1.2.
578. Considerando las relativamente bajas concentraciones de Fe en los jales estudiados y asumiendo que todo este Fe estuviera asociado a la pirita, cuya oxidación ha sido identificada como la principal fuente de generación de acidez (Balistrieri *et al.*, 1999; Dold & Fontbote, 2001)
579. Finalmente en cuanto al análisis de componentes principales para la zona I los puntos Qs/n1, FNat3, QChu2 y QCho2 (situados aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo y de la bocamina abandonada), se encuentran ligados a mayores concentraciones de conductividad eléctrica y SO₄, y por presentar valores de pH ácidos o ligeramente ácidos; mientras que los puntos FNat1 y QChu1 (ubicados aguas arriba de las actividades mineras) presentaron características de estos parámetros inversamente a lo descrito líneas arriba.



11.1.2. Zona II

- 580. En la Figura 11-3, se aprecian los cuerpos de agua ubicados en la zona II, y se mencionan solo los parámetros que superan el ECA para Agua, categoría 3.
- 581. Los valores obtenidos de pH en el tramo evaluado de la quebrada Araqueda (QAra1 y QAra2), pasaron de un pH neutro (en el punto QAra1, con un valor de 7,27) a uno básico (en el punto QAra2, con un valor de 8,33), es importante señalar que este último punto se encuentra aguas abajo del centro poblado Araqueda, del sector El Lloque y el caserío Quillish Pampa. Mientras en la Quebrada La Colpa, tanto para el punto QCol1 y QCol2, el valor del pH varió 0,23 unidades.
- 582. El pH fue superior en el punto QAra2, en relación con el punto QAra1 probablemente como consecuencia de la mayor saturación de CO₂ en las aguas superficiales y el incremento de la solubilidad del CaCO₃ en las rocas y minerales asociados (Baird, 2001), o pudiendo ser debido a la influencia de las poblaciones que habitan cerca a la quebrada Araqueda.
- 583. En general en la zona II, se presentó la relación que, a menores concentraciones de conductividad eléctrica, se incrementa los valores de pH; coincidiendo con la investigación desarrollado por Jofré (2011); el cual menciona que esta tendencia es común en cuerpo de agua con pH superiores a 4.
- 584. En las Tablas 11-4, 11-5 y 11-6, se aprecian los porcentajes mayoritarios de metales disueltos y suspendidos en la zona I

Tabla 11-4. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona II

Disuelto	Silicio		Calcio		Estroncio	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QAra1	85	15	78	22	85	15
QAra2	81	19	71	29	79	21
QCol1	73	27	71	29	67	33
QCol2	98	2	77	23	84	16

Tabla 11-5. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona II

Suspendido	Aluminio		Hierro	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QAra1	31	69	15	85
QAra2	32	68	13	87
QCol1	7	93	3	97
QCol2	12	88	5	95

Tabla 11-6. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona II

Variable	Bario		Boro		Litio		Magnesio		Manganeso	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QAra1	83	17	94	6	78	22	84	16	100	0
QAra2	85	15	77	23	85	15	76	24	83	17
QCol1	41	59	39	61	50	50	36	64	27	73
QCol2	82	18	94	6	100	0	81	19	16	84

Legenda:

0-25	26-50	51-70	71-100
------	-------	-------	--------

L.C.: límite de cuantificación



Handwritten signatures and initials in blue ink.

585. Los puntos evaluados en la Zona II, presentaron mayoritariamente concentraciones de Si, Ca y Sr en forma disuelta y de Al y Fe de forma suspendida; mientras que en el punto QCol1, los metales Ba, B, Li y Mg (total) presentaron porcentajes variables de 27 a 50%. Al respecto Rodríguez (1999); menciona que, en ríos con bajos caudales circulantes, baja turbidez (es decir, que drenen terrenos calcáreos) y que no muestren apreciablemente estar impactados por acción humana se observan porcentajes mayoritarios de metales como especies suspendidas. En el punto en el punto QCol1, presentó una alta concentración de manganeso en la zona respecto a los demás puntos.
586. Respecto a las concentraciones de nutrientes Ca – Mg – Na, se observó una predominancia de Ca (alcalino – térreos) sobre los demás en todos los puntos de muestreo de la zona II, predominando en el punto QCol1, las concentraciones Ca y Na, sobre las concentraciones de Mg; sobre ello es importante mencionar que el Ca, es un elemento muy frecuente, normalmente forma sales solubles con muchos aniones, lo que lo convierte en el catión mayoritario en las aguas (Mar *et al.*, 1990).
587. La Razón Ca/Mg y Ca/Na fue preponderante en todos los puntos de muestreo de la zona II, al respecto las concentraciones de Ca en aguas varían mucho, estando asociadas al nivel de mineralización (Marr *et al.*, 1990).
588. En cuanto a los aniones, predominaron el SO₄ sobre HCO₃ y Cl⁻, en los puntos QARA1 y QARA2, brindándoles una característica química de tipo sulfatada; mientras que en los puntos QCol1 y QCol2 predominaron altas concentraciones de HCO₃, sobre SO₄ y Cl⁻. Todo lo mencionado se apreció y validó de igual manera con el diagrama de Piper.
589. Para validar la calidad de los resultados obtenidos durante la caracterización química de las muestras se efectuó el cálculo de balance de cargas que permite identificar errores en el análisis químico mediante el conocimiento de las proporciones relativas entre aniones y cationes de una muestra determinada (Santoyo & Barragán, 1992). Los resultados de los análisis químicos incluyen su error asociado que se obtuvo a partir de las ecuaciones de precisión establecidas en cada técnica aplicada (Fishman *et al.*, 1979). Por otra parte, los resultados presentados en el balance iónico variaron hasta $\pm 37\%$, y debido a que las características geográficas de las quebradas evaluadas fueron distintas y de suma importancia social para los actores de la zona, se concluyó que todos los desbalances presentados caen dentro de los límites establecidos para la presente evaluación.
590. En este sentido respecto a la zona II, en los puntos QARA1, QARA2, QCol1 y QCol2, se presentó predominancia catiónica (Ca y Na) con valores de 10,38%; 12,97%; 37,19% y 16,18% respectivamente.
591. En cuanto al diagrama de Piper, para la zona II se destacan principalmente dos grupos de aguas que corresponden a los tipos bicarbonatado cálcico y sulfatado cálcico. El primer grupo de aguas incluye los puntos QCol1 y QCol2. La aparición de facies sulfatadas ocurre en aquellos en los que el substrato o el lecho de la quebrada o acuífero están definidos por materiales triásicos compuestos de arcillas y yesos; estas tienden a estar relacionadas generalmente con las mayores mineralizaciones (IGME, 1985).



592. Según el análisis estadístico (análisis Clúster) para la zona II, se obtuvo como resultado que los puntos QCol1 y QCol2, se encontraron agrupados de acuerdo a las bajas concentraciones que presentaron de C.E., SO₄ y de los metales Ca, K, Mg (constituyentes mayoritarios) y Sr (constituyentes minoritarios), estas características se presentaron en el grupo1.1 (G1.1), estos dos puntos representaron el 14% del total de puntos pertenecientes al G1. Por otro lado, el punto QAra1, se encuentra en el Grupo2.1 (G2.1) caracterizados por presentar altas concentraciones de Cl⁻ y bajas concentraciones de P (total) este punto representó el 20% del total de puntos pertenecientes al G2.1. Finalmente, el punto QAra2 (perteneciente al Grupo2.2) presentó pH básico, altas concentraciones de C.E., HCO₃, Ca, Sr, Mg, Na y Li y bajas concentraciones de Si, Cl⁻, Al, Cu, Fe y Zn; este punto representó el 33% del total de puntos pertenecientes al G2.1
593. En esta zona es predominante las bajas concentraciones de metales pesados encontradas en los tramos evaluados de las quebradas La Colpa y Araqueda.
594. Finalmente, en cuanto al análisis de componentes principales para la zona II los puntos QAra1 y QAra2 (quebrada Araqueda), se encuentran ligados a pH básico, mayores concentraciones de HCO₃, Ca, Sr, Mg y Na y por presentar bajas concentraciones de Al y Fe. Es preciso indicar que los puntos evaluados del tramo ubicado en la quebrada La Colpa, no mostraron características ligadas a bajas o altas concentraciones de estos metales.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

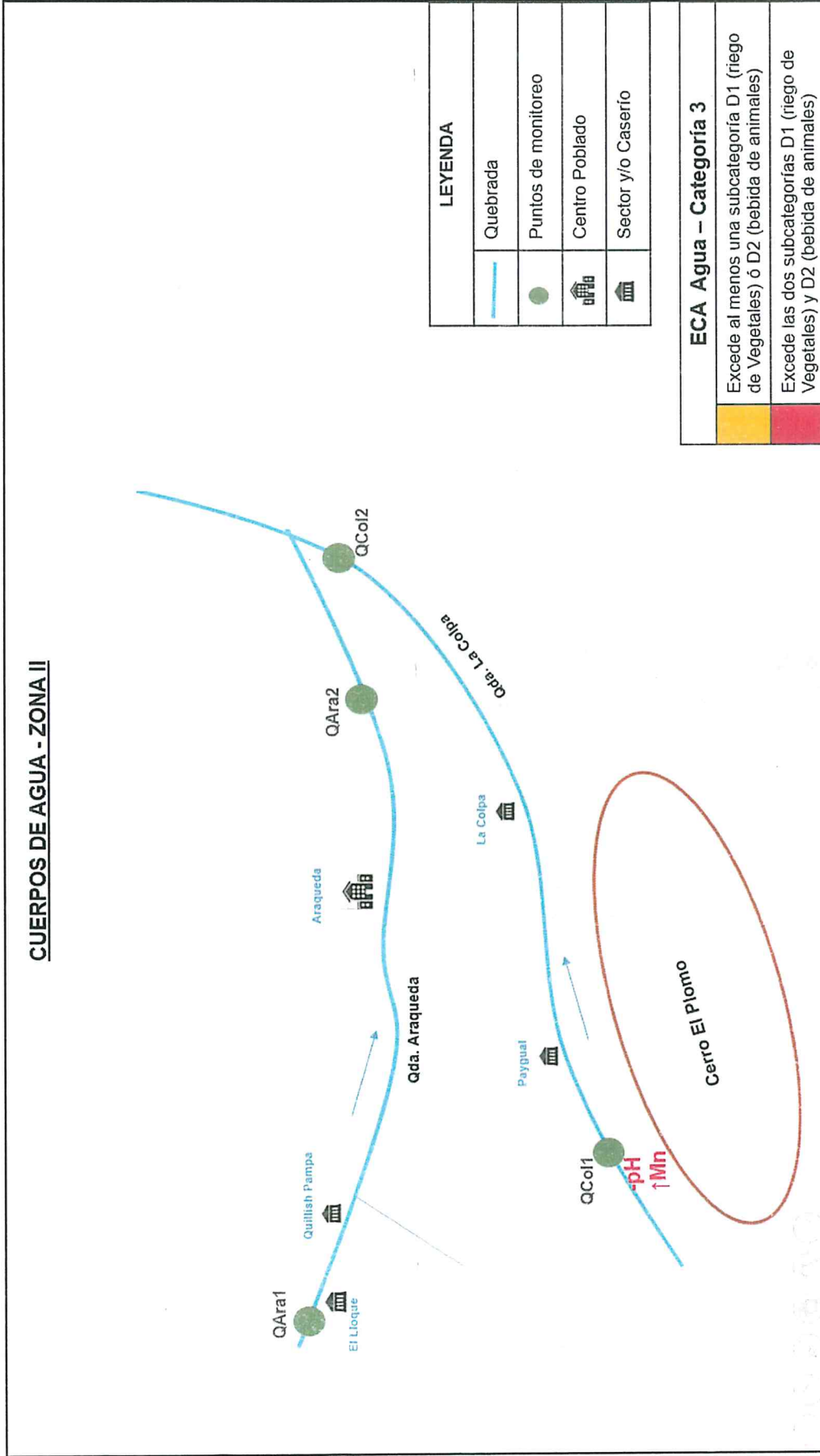


Figura 11-3. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona II

11.1.3. Zona III

595. En la Figura 11-4, se aprecian los cuerpos de agua ubicados en la zona III, y se mencionan solo los parámetros que superan el ECA para Agua, categoría 3.
596. Las concentraciones de Al y Fe en el tramo evaluado del río Condebamba (RCon1, RCon2 y RCon3) aumenta a medida a que nos aproximamos a los centro poblados y caseríos de interés; y concentraciones constantes de Mn a lo largo del tramo evaluado del río Condebamba; además la quebrada Lanla y el Río Chimín, presentaron concentraciones relativamente bajas a las presentadas en el río Condebamba, en este sentido, Rodríguez (1999) menciona; que el contenido de metales pesados se encuentra bajo forma absorbida sobre partículas en suspensión. Lógicamente, cuanto mayor sea la turbidez de un río mayor cantidad de metales en forma particulada existirá; condición que presentó el río Condebamba en la época evaluada.
597. Tomando como referencia lo expuesto en el párrafo anterior, en las Tablas 11-7, 11-8 y 11-9, se aprecian los porcentajes mayoritarios de metales disueltos y suspendidos en la zona III, solo para los puntos en los cuales se muestreo metales disueltos (esto debido a la alta turbidez que presentó el río Condebamba).

Tabla 11-7. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona III

Disuelto	Silicio		Bario		Boro		Calcio		Estroncio		Litio		Magnesio		Sodio	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
RUru1	85	15	95	5	71	29	75	25	71	29	75	25	80	20	72	28
QLan1	97	3	100	0	58	42	81	19	85	15	100	0	84	16	77	23

Tabla 11-8. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona III

Suspendido	Aluminio		Hierro		Zinc	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
RUru1	11	89	4	96	0	100
QLan1	5	95	5	95	29	71

Tabla 11-9. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona III

Variable	Manganeso		Potasio	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
RUru1	59	41	63	37
QLan1	44	56	47	53

Leyenda:

0-25	26-50	51-70	71-100
------	-------	-------	--------

L.C.: límite de cuantificación

598. Los puntos RUru1 y QLan1 evaluados en la Zona III, presentaron mayoritariamente concentraciones de Si, Ba, B, Ca, Sr, Li, Mg y Na en forma disuelta y de Al, Fe y Zn en forma suspendida.
599. En general en la zona III, se presentó una relación, que a menores concentraciones de conductividad eléctrica, se incrementa los valores de pH; esto

se refleja en el porcentaje elevado de metales suspendidos encontrados en los puntos evaluados de la zona III.

600. Respecto a las concentraciones de nutrientes Ca – Mg – Na, se observó una predominancia de Ca (alcalino – térreos) sobre los demás en todos los puntos de muestreo de la zona III, las concentraciones Ca sobre las concentraciones de Na y Mg. El calcio es un metal alcalino térreo y uno de los cationes más abundantes en aguas subterráneas y superficiales. Es fácilmente disuelto de las rocas ricas en minerales que lo contienen como calcita y dolomita, por el agua de escorrentía o de lluvia. Las sales de calcio, junto con las de magnesio, provocan la dureza del agua (Beita, 2008). La Razón Ca/Mg y Ca/Na fue preponderante en todos los puntos de muestreo de la zona III, al respecto las concentraciones de Ca en aguas varían mucho, estando asociadas al nivel de mineralización (Marr *et al.*, 1990).
601. En cuanto a los aniones, predominaron el SO₄ sobre HCO₃ y Cl⁻, en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3, brindándoles una característica química de tipo sulfatada; mientras que en los puntos RUru1, Qlan1 y RChi2 predominaron altas concentraciones de HCO₃, sobre SO₄ y Cl⁻. Todo lo mencionado se apreció y valido de igual manera con el diagrama de Piper.
602. Por otra parte, los resultados presentados en el balance iónico variaron hasta ± 17%, y debido a que las características geográficas de las quebradas evaluadas fueron distintas y de suma importancia social para los actores de la zona, se concluyó que los todos los desbalances presentados caen dentro de los límites establecidos para la presente evaluación.
603. En este sentido respecto a la zona III, en los puntos RUru1 y Qlan1 presentando predominancia catiónica (Ca y Na) con valores de 14,04 y 17,29% respectivamente.
604. En cuanto al diagrama de Piper, para la zona III se destacan principalmente dos grupos de aguas que corresponden a los tipos bicarbonatado cálcico y sulfatado cálcico. El primer grupo de aguas incluye los puntos RUru1, Qlan1 y RChi2. La aparición de facies sulfatadas ocurre en aquellos en los que el substrato o el lecho de la quebrada o acuífero están definidos por materiales triásicos compuestos de arcillas y yesos; estas tienden a estar relacionadas generalmente con las mayores mineralizaciones (IGME, 1985). Mientras que en RCon1, RCon2 y RCon3, se encontraron en facies sulfatadas cálcicas
605. Al respecto, los carbonatos (alcalinidad) presentes en el agua del embalse provienen principalmente de la disolución de minerales carbonaticos (calcita, dolomita, etc.) y silicatos presentes en rocas y suelos de la cuenca. Los ríos que atraviesan áreas con rocas cristalinas relativamente insolubles aportando bicarbonato como ion principal que deriva ya sea de la atmósfera o del aire del suelo (Gaiero, 1995).
606. Los principales compuestos promotores de la dureza del agua son los provenientes de las rocas calizas, principalmente Sulfato de Calcio, mineral que es depositado en los cauces de los ríos por la acción erosiva del viento y el agua, además de este tipo de rocas, las rocas Dolomíticas liberan compuestos con contenido de Magnesio en los cuerpos de agua aumentando la dureza (Baird, 2004). Los sulfatos son compuestos que se encuentran diluidos en las aguas superficiales por la acción erosiva que tiene el líquido sobre rocas sedimentarias



como la lutita, y por las interacciones bioquímicas de las bacterias sulfato-reductoras que están presentes en el medio, quienes modifican las propiedades químicas creando estos compuestos (Weiner, 2013)

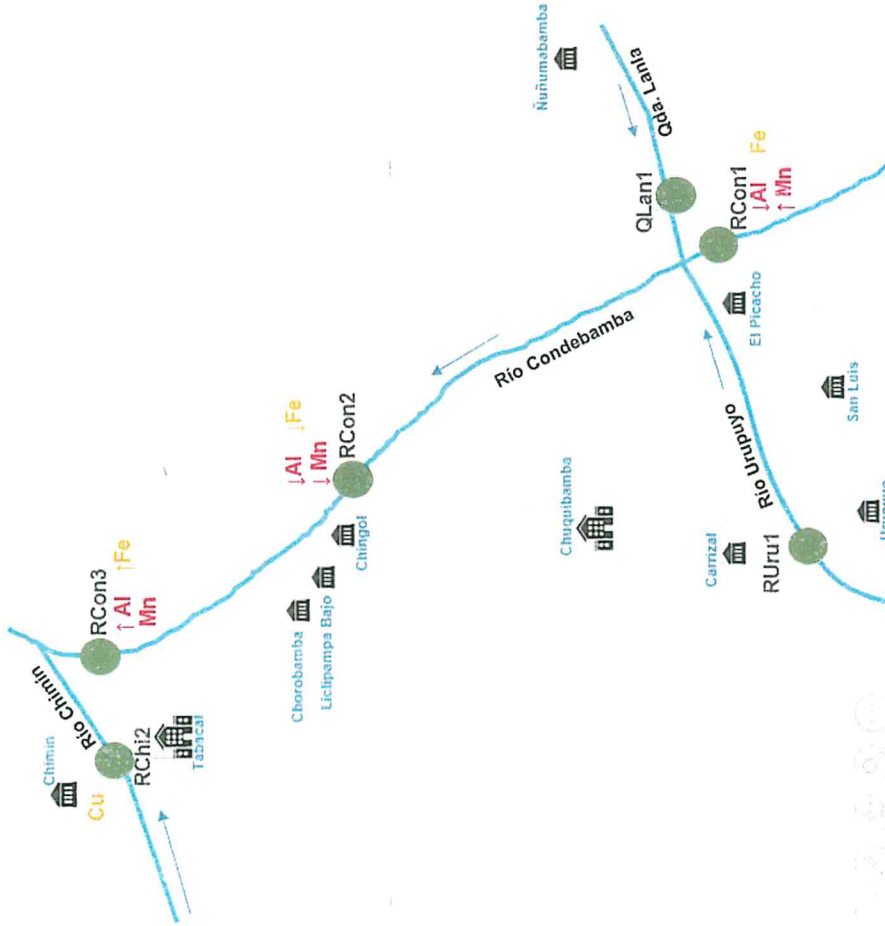
607. Según el análisis estadístico (análisis Clúster) para la zona III, se obtuvo como resultado que los puntos RCon1, RCon2, RCon3 y RUru1, se encontraron agrupados de acuerdo a las bajas concentraciones que presentaron de C.E., SO₄ y de los metales Ca, K, Mg (constituyentes mayoritarios) y Sr (constituyentes minoritarios), estas características se presentaron en el grupo1.1 (G1.1), estos cuatro puntos representaron el 29% del total de puntos pertenecientes al G1.1. Por otro lado, el punto RChi2, se encontraron en el Grupo2.1 (G2.1) caracterizados por presentar altas concentraciones de Cl⁻ y bajas concentraciones de P (total) este punto representó el 20% del total de puntos pertenecientes al G2.1. Finalmente, el punto QLa1 (perteneciente al Grupo2.2) presentó pH básico, altas concentraciones de C.E., HCO₃, Ca, Sr, Mg, Na y Li y bajas concentraciones de Si, Cl⁻, Al, Cu, Fe, Mn y Zn) este punto representó el 33% del total de puntos pertenecientes al G2.1.
608. En esta zona es predominante las bajas concentraciones de metales pesados encontradas en los tramos evaluados de las quebradas Lanla y los ríos Urupuyo, Chimín y Condebamba.
609. Finalmente, en cuanto al análisis de componentes principales para la zona III los puntos RUru1 y RChi2, se encuentran ligados a pH básico, mayores concentraciones de HCO₃, Ca, Sr, Mg y Na y por presentar bajas concentraciones de Al y Fe. Es preciso indicar que los puntos ubicados en el tramo evaluado de la quebrada Lanla y el río Condebamba no mostraron características ligadas a bajas o altas concentraciones de estos metales.



[Handwritten signature in blue ink]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CUERPOS DE AGUA - ZONA III



LEYENDA

	Quebrada
	Puntos de monitoreo
	Centro Poblado
	Sector y/o Caserío

ECA Agua - Categoría 3

	Excede al menos una subcategoría D1 (riego de Vegetales) ó D2 (bebida de animales)
	Excede las dos subcategorías D1 (riego de Vegetales) y D2 (bebida de animales)

Figura 11-4. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona III.

FORO Y VIGILANCIA COMUNITARIA
 150
 COOP. DE...

11.1.4. Zona IV

610. En la Figura 11-5, se aprecian los cuerpos de agua ubicados en la zona IV, y se mencionan solo los parámetros que superan el ECA para Agua, categoría 3.
611. Las concentraciones de los metales As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn y Zn en el tramo evaluado del río Cañaris (RCañ1 y RCañ2) aumento a medida a que nos aproximamos a los pasivos y zona de influencia de la minería informal de la zona de Algamarca, de igual manera se presentó con los valores del pH, se observa una tendencia a disminuir; esto podría deberse a la influencia de la actividad minera informal de la zona de Algamarca que descargan parte de sus aguas en la quebrada Caipuro (QCai1), presentando características acidas y de elevadas concentraciones de los metales mencionados.
612. La formación de Drenaje Acido de Mina (DAM) se debe a la oxidación de minerales sulfúricos en presencia del agua y oxígeno, reaccionando para formar ácidos sulfúricos que fácilmente disuelven metales tales como el hierro, el cobre el aluminio y el plomo. Este proceso puede ser natural, pero el desarrollo minero puede acelerar en gran medida la velocidad a la que se producen tales reacciones que finalmente generaran procesos contaminantes adversos principalmente para los cursos de aguas. Las aguas superficiales se pueden contaminar debido a la erosión y descarga de sedimentos y materiales provenientes de las actividades mineras hacia los cuerpos acuáticos. Una alta o elevada concentración de sedimentos o una concentración elevada de contaminantes en el sedimento en el agua pueden producir efectos adversos a la vida acuática (Red Muqui, 2015); como resultado de lo antes mencionado según Lillo (2015), se obtienen aguas de pH muy bajo (2-3), cargadas en aniones (sobre todo sulfatos), en las que generalmente son más solubles los metales pesados como Pb, Zn, Cu, As, Cd, Fe, Mn (a excepción de Hg).
613. Tomando como referencia lo expuesto en el párrafo anterior en las Tablas 11-10, 11-11 y 11-12, se aprecian los porcentajes mayoritarios de metales disueltos y suspendidos en la zona IV, solo para los puntos en los cuales se muestreo metales disueltos (esto debido a la alta turbidez que presentó la quebrada Caipuro).


Tabla 11-10. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona IV

Disuelto	Silicio		Bario		Calcio		Magnesio		Manganeso		Sodio	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
RCañ1	93	7	86	14	81	19	85	15	60	40	84	16
RCañ2	89	11	88	13	74	26	76	24	96	4	70	30

Tabla 11-11. Porcentajes mayoritarios de metales suspendidos por punto de muestreo en la Zona IV

Suspendido	Aluminio		Cobre		Hierro	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
RCañ1	31	70	0	100	25	75
RCañ2	3	97	36	64	1	99

Tabla 11-12. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona IV

variable	Estroncio		Litio		Potasio		Zinc	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
RCañ1	85	15	50	50	63	37	0	100
RCañ2	8	92	100	0	47	53	87	13

Legenda:

0-25	26-50	51-70	71-100
------	-------	-------	--------

L.C.: límite de cuantificación

614. Los puntos RCañ1 y RCañ2 evaluados en la Zona IV, presentaron mayoritariamente concentraciones de Si, Ba, Ca, Mn, Mg y Na en forma disuelta y de Al, Fe y Cu en forma suspendida
615. Es preciso indicar, que las concentraciones (total) de metales en el agua es la suma de las concentraciones de sus diferentes especies acuosas, incluyendo los coloides que pueden ser especialmente relevantes en la movilización de ciertos metales y metaloides (Smith, 1999; Smedley & Kinniburgh, 2002; Garrido *et al.*, 2011). Por tanto, la especiación de un contaminante no solo es determinante en cuanto a su retención en la fase sólido no coloidal versus su movilidad como fase acuosa, sino que también lo es, y de igual importancia, en relación a sus biodisponibilidad y toxicidad; de ahí radica su importancia en conocer el estado y porcentaje mayoritaria de cada metal, en especial los pesados.
616. En general en la zona IV, se presentó una relación que a menores concentraciones de conductividad eléctrica, se incrementa los valores de pH; excepto en el punto QCai1 que presentó un pH<4, lo cual se evidencio con una tendencia a incrementar la conductividad eléctrica del cuerpo de agua, coincide con lo mencionado por Oyarzun (2011) que indica que a rangos de pH muy bajos, propios de una medio ácido o muy ácido, el taponamiento ocurrirá por la disolución de Fe y Cu; en este sentido la concentración de este metal para el punto QCai1 fueron de 42,32 y 48,34 mg/l respectivamente.
617. Respecto a las concentraciones de nutrientes Ca – Mg – Na, se observó una predominancia de Ca (alcalino – térreos) sobre los demás en todos los puntos de muestreo de la zona IV, las concentraciones Ca sobre las concentraciones de Na y Mg. La Razón Ca/Mg y Ca/Na fue preponderante en todos los puntos de muestreo de la zona IV, al respecto las concentraciones de Ca en aguas varían mucho, estando asociadas al nivel de mineralización (Marr *et al.*, 1990).
618. En cuanto a los aniones, predominaron el SO₄ sobre HCO₃ y Cl⁻, en el punto QCai1, brindándoles una característica química de tipo sulfatada; mientras que en los puntos RCañ1 y RCañ2 predominaron concentraciones de HCO₃, sobre SO₄ y Cl⁻. Esta composición del agua contenida en el suelo, en cuanto a su contenido en sales solubles (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros) estará condicionada, como la mineralogía, por factores de la litología del suelo y su entorno, y por factores climáticos (Oyarzun, 2011). Todo lo mencionado se apreció y validó de igual manera con el diagrama de Piper.
619. Por otra parte, los resultados presentados en el balance iónico variaron hasta ± 35%, en el tramo evaluado del río Cañaris (RCañ1 y RCañ2), presentó características catiónicas y el punto QCai1 que presentó un valor de -18,78%,



presentó características aniónicas. En este sentido, Oyarzum (2011), menciona que la capacidad de taponamiento es limitada y que a diferentes rangos de pH los mecanismos de taponamiento van a ser distintos, esto quiere decir que inicialmente en ausencia de carbonatos, el taponamiento se producirá por reacciones de intercambio catiónico, donde el ión H^+ desplazará a los cationes metálicos adsorbidos en la superficie de la fase sólida. A rangos de pH ácidos, el taponamiento ocurrirá por disolución de hidróxidos de Al y Fe. Finalmente debido a que las características geográficas de las quebradas evaluadas fueron distintas y de suma importancia social para los actores de la zona, se concluyó que los todos los desbalances presentados caen dentro de los límites establecidos para la presente evaluación.

620. En cuanto al diagrama de Piper, para la zona IV se destacan principalmente dos grupos de aguas que corresponden a los tipos bicarbonatado cálcico y sulfatado cálcico. El primer grupo de aguas incluye los puntos RCañ1 y RCañ2. Mientras que el punto QCai1, se encontraron en facies sulfatadas cálcicas
621. En este sentido es preciso indicar que generalmente los carbonatos si están presentes en suficientes cantidades, son los que ejercen la capacidad neutralizante en el sistema roca-agua, ya que reaccionan lo suficientemente rápido con respecto a la traza de producción de ácido por la oxidación de sulfuros. Por el contrario, los silicatos no se disuelven lo suficientemente rápido como para neutralizar "todo", aunque su presencia/ausencia puede ser decisiva en muchas ocasiones (Oyarzun *et al.*, 2007). Al respecto las rocas silicatadas máficas e intermedias (basaltos, adesitas) tiene un mayor poder neutralizante que las félsicas (dacitas, riolitas) ya que los silicatos que las constituyen (olvino, plagioclasas cálcicas, piróxenos, anfíboles) se alteran mucho más rápidamente (Eary & Williamson, 2006). Otro mecanismo alternativo que genera una atenuación de la acidez del agua se relaciona con la formación reductiva de sulfuros (metálicos o sulfuro de hidrógeno) a partir de sulfatos con la participación de bacterias. Estos procesos frecuentemente se observan en explotaciones abandonadas, una vez que estas se inundan nuevamente y el flujo de agua es muy lento o prácticamente inexistente, de forma que se desarrollan condiciones reductoras (Banks *et al.*, 1997).
622. Según el análisis estadístico (análisis Clúster) para la zona IV, se obtuvo como resultado que los puntos RCañ1 y RCañ2, se encontraron agrupados de acuerdo a las bajas concentraciones que presentaron de C.E., SO_4 y de los metales Ca, K, Mg (constituyentes mayoritarios) y Sr (constituyentes minoritarios), estas características se presentaron en el grupo1.1 (G1.1), estos dos puntos representaron el 29% del total de puntos pertenecientes al G1.1. Por otro lado, el punto QCai1, se encontraron en el Grupo1.2 (G1.2) caracterizados por presentar pH ácido, altas concentraciones de SO_4 , Al, Cu, Fe, P, Mn, K y Zn y bajas concentraciones de HCO_3 y Sr este punto representó el 11% del total de puntos pertenecientes al G1.2.
623. Finalmente, en cuanto al análisis de componentes principales para la zona IV el punto RCañ1, se encuentra ligado a pH ligeramente básico, mayores concentraciones de HCO_3 , Ca, Sr, Mg y Na y por presentar bajas concentraciones de Al y Fe; mientras que el punto QCai1 (quebrada Caipuro), caracterizado por presentar pH ácido, altas concentraciones de C.E., SO_4 y B.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

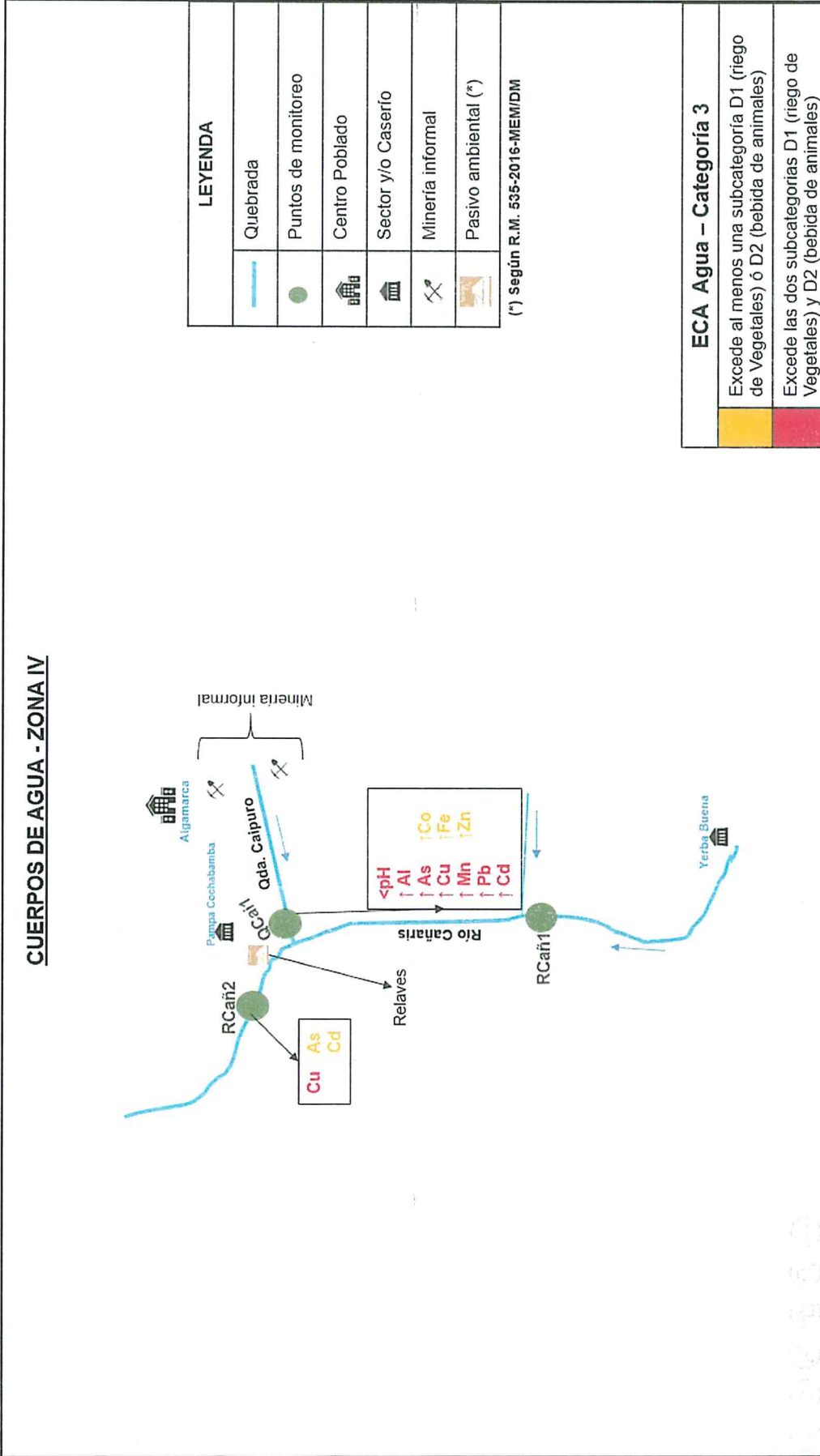


Figura 11-5. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona IV.

11.1.5. Zona V

624. En la Figura 11-6, se aprecian los cuerpos de agua ubicados en la zona V, y se mencionan solo los parámetros que superan el ECA para Agua, categoría 3.
625. Las concentraciones de los metales Mn, Cu y Co en el tramo evaluado de la quebrada Los Merinos (QLMer1), fueron las más altas concentraciones para esta quebrada; las mismas que disminuyeron a medida que más se aproxima a la formación de la quebrada El Pacae – QEPac1 (aguas abajo de la confluencia con la quebrada Sauce – Qsau1), mientras que el pH se encontró valores ácidos en un inicio (QLMer1) tendiendo a valores básicos (Qsau1). Respecto al tramo evaluado de la quebrada Shingomate (QShi1 y QShi2) el punto QShi1 (próximo a la quebrada La Chilca, Cabrejos, La Fila y Pauquilla) presentó las mayores concentraciones de Cd, Co, Cu y Mn para esta quebrada y disminuyeron a medida que se aproxima a los caseríos La Conga y Siguis (QShi2). Finalmente, en el tramo evaluado de la quebrada Moyán, el punto QMoy1 (aguas arriba de los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto), presentó las mayores concentraciones Mn para esta quebrada en comparación con el punto QMoy2.
626. Al respecto, es importante señalar que el manganeso fue el metal que presentó valores elevados en comparación al resto de metales por tanto es imprescindible definir que es un elemento que está asociado a la presencia del Hierro y de igual forma el Manganeso es un componente de los suelos el cual al ser erosionado por las aguas es incorporado a ésta y sufre una serie de reacciones en las cuales se libera la especie Mn^{+2} , ión que puede reducirse hasta formar otros óxidos menos solubles (Postawa, 2013).
627. Sobre los resultados de la quebrada Los Merinos, en la línea de base de la U.M. Shahuindo, para el punto QLMer1 en el año 2012 presentaron valores de pH y concentraciones de Co, Cu y Mn que superaron la comparación referencial con el ECA para agua, categoría 3. Mientras en la quebrada Sauce para el punto Qsau1 en los años 2011 y 2013 presentaron valores de pH y concentraciones de Al, Co y Fe que superaron la comparación referencial con el ECA para agua, categoría 3. Finalmente en la quebrada El Pacae, para el punto QEPac1 los resultados de la línea de base del año 2013 evidencia que los valores de pH y la concentración de Mn, superaron la comparación referencial con el ECA para agua, categoría 3.
628. Los resultados de la línea de base de la U.M. Shahuindo, en la quebrada Higuierón para el punto QHig1 en los años 2010, 2011, 2012 y 2013 presentaron valores de pH y concentraciones de Co, Al, Fe y Mn que superaron la comparación referencial con el ECA para agua, categoría 3.
629. Tomando como referencia lo expuesto en el párrafo anterior en las Tablas 11-13 y 11-14, se aprecian los porcentajes mayoritarios de metales disueltos y suspendidos en la zona V, solo para los puntos en los cuales se muestreo metales disueltos (esto debido a la alta turbidez que presentó la quebrada Sauce).



Tabla 11-13. Porcentajes mayoritarios de metales disueltos por punto de muestreo en la Zona V

%	Si		Ba		B		Ca		Sr		Li		Mg		K		Na		Zn		Mn	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QMoy1	92	8	71	29	60	40	81	19	90	10	100	0	84	16	80	20	82	18	58	42	20	80
QMoy2	93	7	98	2	73	27	89	11	92	8	9	91	87	13	83	17	85	15	0	100	72	28
QLMer1	95	5	94	6	84	16	83	17	85	15	82	18	80	20	81	19	81	19	94	6	85	15
QEPac1	95	5	89	11	96	4	85	15	89	11	87	13	84	16	86	14	84	16	92	8	89	11
QHig1	85	15	80	20	70	30	75	25	82	18	100	0	78	22	75	25	76	24	80	20	93	7
QShi1	85	15	79	21	95	5	78	22	85	15	80	20	80	20	82	18	78	22	51	49	85	15
QShi2	84	16	81	19	93	7	77	23	88	12	83	17	79	21	74	26	78	22	62	38	92	8

Tabla 11-14. Porcentajes mayoritarios de metales variables (disueltos y suspendidos) por punto de muestreo en la Zona V

%	Aluminio		Hierro	
	Dis.	Sus.	Dis.	Sus.
QMoy1	9	91	11	89
QMoy2	0	100	17	83
QLMer1	89	11	60	40
QEPac1	45	55	6	94
QHig1	34	66	24	76
QShi1	31	69	4	96
QShi2	70	30	12	88

Leyenda:

0-25	26-50	51-70	71-100
------	-------	-------	--------

L.C.: límite de cuantificación



- 630. Los puntos evaluados del tramo evaluado de las quebradas Moyán, Los Merinos, El Pacae, Higerón y Shingomate, presentaron mayoritariamente concentraciones de Si, Ba, B, Ca, Sr, Li, Mn, Mg, K, Zn y Na en forma disuelta y de Al, Fe en forma suspendida. Exceptuando esta última condición para la quebrada Los Merinos (aguas abajo de la U.M. Shahuindo)
- 631. Ante lo expuesto, la materia en suspensión está formada por gran variedad de compuestos incluyendo arcillas, carbonatos, cuarzos, feldspatos y en gran parte materia de carácter orgánico (Metcalf & Eddy, 1984; Casas, 1989; Hernández, 1992; Seoanez, 1999). Los metales pesados generalmente se hallan unidos a óxidos e hidróxidos de manganeso y hierro y a sustancias orgánicas, que de forma muy acusada afectan a los procesos de interacción entre los sólidos y los metales disueltos (Christman & Gjessing, 1983; Leppard, 1983; Kramer & Duinker, 1984; Aiken *et al.*, 1985; Buffle, 1988; Broekaert *et al.*, 1990).
- 632. En general en la zona V, se presentó una relación que, a menores concentraciones de conductividad eléctrica, se incrementa los valores de pH; excepto en el punto QLMer1 que presentó un pH de 4,22, lo cual se evidencio en una escasa variabilidad entre la conductividad eléctrica del cuerpo de agua.

633. Respecto a las concentraciones de nutrientes Ca – Mg – Na, se observó una predominancia de Ca (alcalino – térreos) sobre los demás en todos los puntos de muestreo de la zona V, las concentraciones Ca sobre las concentraciones de Na y Mg. La Razón Ca/Mg y Ca/Na fue preponderante en todos los puntos de muestreo de la zona V.
634. En cuanto a los aniones, predominaron el SO_4 sobre HCO_3 y Cl^- , en los puntos QMoy2, QLMer1 y QEPac1, brindándoles una característica química de tipo sulfatada; mientras que en los puntos QMoy1, QSau1, QHig1, QCHie1 predominaron concentraciones de HCO_3 , sobre SO_4 y Cl^- ; brindándole una facie bicarbonatada al cuerpo de agua evaluado. En tanto para la quebrada Shingomate las concentraciones de estos aniones son relativamente constantes en los dos puntos evaluados, no preponderando uno de ellos. Todo lo mencionado se apreció y validó de igual manera con el diagrama de Piper.
635. Por otra parte, los resultados presentados en el balance iónico variaron hasta $\pm 23\%$, se observó características catiónicas en todos los puntos evaluados en la zona V.
636. En cuanto al diagrama de Piper, para la zona V se destacan principalmente dos grupos de facies hidroquímicas que corresponden a los tipos bicarbonatado cálcico y sulfatado cálcico. El primer grupo de aguas incluye los puntos QMoy1, QSau1, QShi1, QShi2, QHig1 y QCHie1. Mientras que los puntos QMoy2, QLMer1 QEPac1, se encontraron en facies sulfatadas cálcicas.
637. Según el análisis estadístico (análisis Clúster) para la zona V, se obtuvo como resultado que los puntos QMoy1 y QSau1, se encontraron agrupados de acuerdo a las bajas concentraciones que presentaron de C.E., SO_4 y de los metales Ca, K, Mg (constituyentes mayoritarios) y Sr (constituyentes minoritarios), estas características se presentaron en el grupo1.1 (G1.1), estos dos puntos representaron el 14% del total de puntos pertenecientes al G1.1. Por otro lado, los puntos QLMer1 y QEPac1, se encontraron en el Grupo1.2 (G1.2) caracterizados por presentar pH ácido, altas concentraciones de SO_4 , Al, Cu, Fe, P, Mn, K y Zn y bajas concentraciones de HCO_3 y Sr este punto representó el 22% del total de puntos pertenecientes al G1.2. Además, los puntos QShi1, QShi2 y QHig, se encontraron agrupado en el grupo2.1 (G2.1), caracterizados por altas concentraciones de Cl^- y baja concentración de P; estos puntos representaron el 60% del total de puntos perteneciente al G2.1. Finalmente, para el grupo2.2 (G2.2) el punto QMoy2 (representando el 33% del total de puntos de este grupo) presentó tendencia a pH ligeramente básico, elevadas concentraciones de HCO_3 , C.E., Ca, Mg, Na y bajas concentraciones de Si, Cl^- , Al, Cu, Fe, Mn y Zn.
638. En cuanto al análisis de componentes principales para la zona V los puntos QMoy2 y QShi2, se encuentran ligados a pH ligeramente básico, mayores concentraciones de HCO_3 , Ca, Sr, Mg y Na y por presentar bajas concentraciones de Al y Fe; mientras que los demás puntos no presentaron características de agrupamientos de parámetros con tendencia elevada o baja en sus concentraciones.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

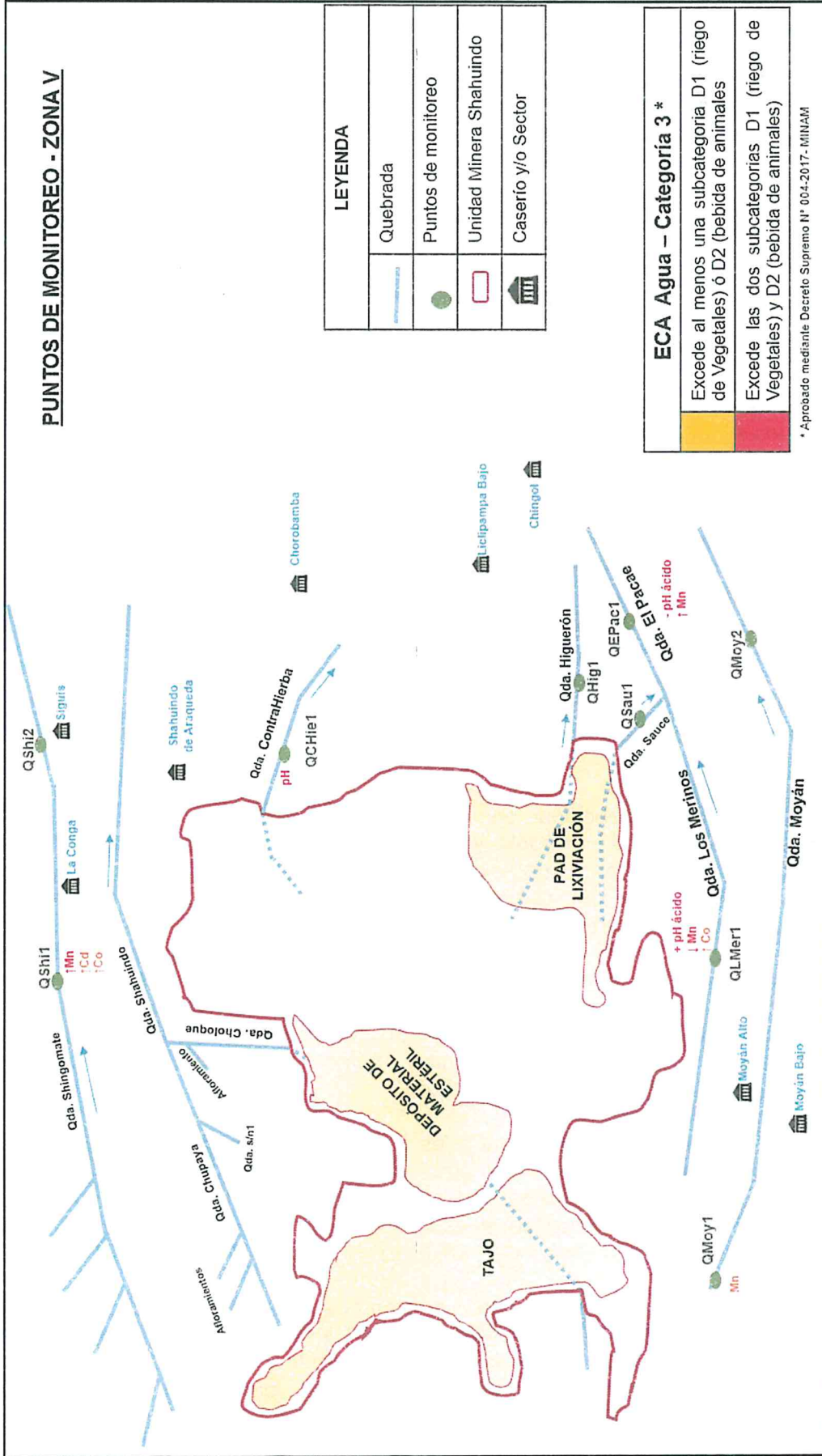


Figura 11-6. Diagrama de cuerpos de agua ubicados en la Zona V

11.2. Calidad de sedimento

639. Según Rosas (2001), las actividades humanas producen diferentes tipos de vertidos que incrementan la concentración de metales pesados en los sedimentos fluviales. Según su forma de asociación, los metales son susceptibles o no de solubilizarse durante las modificaciones físico-químicas estacionales (estiaje o crecida).
640. Los sedimentos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación porque los metales pesados no se quedan permanentemente y pueden ser liberados a la columna del agua por cambios en las condiciones ambientales tales como pH, potencial redox, oxígeno disuelto o la presencia de quelatos orgánicos (Förster, 1987; Sigg *et. al.*, 1987; Carignan y Tessier, 1988; Vaithyanathan *et. al.*, 1993; Singh *et. al.*, 1999).
641. A continuación, se explicará los resultados obtenidos de acuerdo a los análisis realizados en el capítulo anterior, tomando como base las cinco zonas distribuidas.

11.2.1. Zona I

642. Respecto a los metales totales en los puntos de muestreo de esta zona, se observa que presentaron las mayores concentraciones de Cd y Zn en el punto SED-QCho1 (aguas arriba de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo), en el cual no existe actividad industrial alguna; por tanto estas concentraciones podrían estar influenciados por su origen litogénicos (Turekian & Wedepohl, 1999); caso contrario se presenta en el punto SED-QChu2 (aguas abajo del punto SED-Qs/n1) que presentó elevadas concentraciones de As, Cu y Pb; por lo que podría estar influenciada a su vez por el mal cierre de la bocamina abandonada (SED-Qs/n1)
643. Resulta importante mencionar que las principales vías de transporte de los metales pesados desde el suelo y el aire hacia el agua, son la escorrentía superficial, la percolación y la precipitación atmosférica. La facilidad con que los contaminantes pasan del suelo al agua, y posteriormente a los fondos sedimentarios, dependerá de las propiedades físicas y químicas de las unidades implicadas, además de la composición química en que se encuentra el contaminante y la geomorfología del área en estudio. Otros factores que pueden aumentar las concentraciones de metales pesados en los sedimentos son las fuentes no puntuales de origen natural o antropogénico. Los sedimentos se deben principalmente a procesos naturales como precipitación, vaporación, escurrimiento y vulcanismo (ATSDR, 2000).
644. A su vez, el aumento en el caudal y los cambios en la dinámica fluvial de los cuerpos de agua superficial pueden afectar drásticamente la configuración de su lecho, así como la distribución del sedimento, las plantas y la fauna a lo largo del cauce, generando problemas en el establecimiento de modelos aplicados a la hidroquímica de las corrientes naturales (Ruiz, Echeandía & Romero, 1996).
645. Las mayores concentraciones respecto a la corrida de metales totales reportados para esta zona fueron de la siguiente manera Fe>Ca>Al>Mg>K>Mn>P>As; los puntos de muestreo en esta zona se encontraron en tres formaciones geológicas: formación Chulec (Ki-chu), conformado por el punto SED-QChu1 con concentraciones mayoritarias de Fe>Ca>Al>Mg>K>Mn; grupo imperial (Ki-i),



conformado por los puntos SED-QCho2 y SED-QSha1, con concentraciones mayoritarias de Fe>Al>Ca>K>Mg>Mn y la formación Carhuaz, conformado por el punto SED-QChu1 el cual presentó concentraciones mayoritarias de Fe>Ca>Al>Mg>K>Mn. En general se apreció que no hubo predominancia de los metales pesados más importantes, y dichos metales mencionados líneas arriba se podrían atribuir a características naturales de la zona evaluada.

646. Respecto al análisis estadístico (análisis clúster), el punto SED-QCho1, pertenece el grupo estadístico G1.1 caracterizado por presentar altas concentraciones de Al, Be, Co y Mg, representando este punto el 13% del total de puntos pertenecientes a este grupo. Respecto a los grupos estadístico G2.2, en este se encuentran los puntos SED-QChu1, SED-QCho2, SED-QChu2, SED-QSha1 y SED-Qs/n1, caracterizados por presentar bajas concentraciones de Be y elevadas concentraciones de Fe y Pb, representando este punto el 100% del total de puntos pertenecientes a este grupo.
647. Finalmente, para el ACP, los puntos SED-QChu2, SED-Qs/n1 y SED-QCho2 estuvieron ligados a altas concentraciones de As y Pb; y bajas concentraciones de Co y Ni; por lo que se incide que podrían estar relacionados por la actividad antropogénica de la zona; ya que fueron los únicos que presentan estas características.

11.2.2. Zona II

648. Respecto a los metales totales en los puntos de muestreo de esta zona, se presentaron las mayores concentraciones de Cu en el punto SED-QAra2 (aguas abajo del centro poblado Araqueda); por otra parte el SED-QCol2 (aguas abajo del sector La Colpa) presentó elevadas concentraciones de As (19 mg/kg MS) y Hg (0,48 mg/kg MS) en comparación a los otros puntos, se puede apreciar como a medida que disminuye la altitud del punto de muestreo, las concentraciones de estos metales presentan una tendencia creciente.
649. Respecto a las concentraciones mercurio suscitadas en estas quebradas, es conveniente mencionar que el mercurio presente en los sedimentos pudo provenir tanto de fuentes naturales como de la actividad humana. La erosión de rocas y suelos y la actividad volcánica pueden introducir pequeñas cantidades en la atmósfera, donde se transforma en otras formas de mercurio que pueden ser transportadas al agua y los sedimentos por la lluvia. Sin embargo, aun cuando el aporte proveniente de fuentes naturales se debe considerar, dos tercios de la contaminación mundial por mercurio en agua y sedimentos se debe a contaminación antropogénica (Marrugo *et al.*, 2006). El uso de combustibles fósiles, abonos, fertilizantes y fungicidas y la disposición en los cauces de desechos sólidos como baterías, interruptores eléctricos, aparatos electrónicos y termómetros, pueden introducir grandes cantidades de mercurio a los cuerpos de agua superficial, así como la quema incontrolada de desechos municipales en los lotes baldíos y las aguas residuales provenientes del lavado de calles y aceras cargadas de aceites y combustibles (ATSDR, 1999).
650. Las mayores concentraciones respecto a la corrida de metales totales reportados para esta zona fueron de la siguiente manera Fe>Al>Ca>Mg>K>Mn>P>Zn; los puntos de muestreo en esta zona se encontraron en dos formaciones geológicas: formación Carhuaz (Ki-ca), conformado por los puntos SED-QAra1, SED-QAra2 y SED-QCol1 con concentraciones mayoritarias de Fe>Al>Ca>Mg>K>Mn y la



formación Farrat (Ki-fa), conformado por el punto SED-QCol2, con concentraciones mayoritarios de Fe>Al>Ca>Mg>K>Mn. En general se apreció que no hubo predominancia de los metales pesados más importantes y dichos metales mencionados líneas arriba se podrían atribuir a características naturales de la zona evaluada.

- 651. Respecto al análisis estadístico (análisis clúster), los puntos SED-QAra1 y SED-QAra2, pertenece el grupo estadístico G1.1 caracterizado por presentar elevadas concentraciones de Al, Be, Co y Mg, representando este punto el 25% del total de puntos pertenecientes a este grupo. Respecto a los grupos estadístico G1.2, en este se encuentran los puntos SED-QCol1 y SED-QCol2, caracterizados por presentar bajas concentraciones de As, Cd, Cu, Fe, Pb y Zn, representando este punto el 25% del total de puntos pertenecientes a este grupo.
- 652. Finalmente, para el ACP, los puntos evaluados en esta zona se encuentran relacionados a bajas concentraciones de metales pesados.

11.2.3.Zona III

- 653. Respecto de los metales totales en los puntos de muestreo de esta zona, se presentaron las mayores concentraciones de As, Cd, Cu, Pb y Zn en el punto SED-RCon3 (aguas arriba de la confluencia con el río Chimín); esto probablemente sea debido a la densa vegetación que se encontró aproximadamente 10 m aguas abajo del punto SED-RCon3, la misma que sirvió como barrera natural para la rápida sedimentación de este tramo del río (ver Figura 11-7).



Figura 11-7. Vista lateral del punto de muestreo SED-RCon3

- 654. Debido a lo anterior mencionado es necesario indicar que los principales procesos naturales que movilizan sedimentos con las corrientes, son la erosión del cauce del río y otros procesos relacionados con los sedimentos superficiales; por ende,

las barreras naturales o antropogénicas que impiden o disminuyen el flujo de estos procesos, sirven como una "red" de metales traza en sedimentos. (Ramírez *et al.*, 2005).

655. Las mayores concentraciones respecto a la corrida de metales totales reportados para esta zona fueron de la siguiente manera $Ca > Fe > Al > Mg > K > Mn > P > As$; los puntos de muestreo en esta zona se encontraron en dos formaciones geológicas: depósito fluvial (Qh-fl), conformado por los puntos SED-RCon1, SED-QLan1, SED-RUru1 y SED-RCon3, con concentraciones mayoritarias de $Ca > Fe > Al > Mg > P > K$ y la formación Farrat (Ki-fa), conformado por el punto SED-RChi2, con concentraciones mayoritarios de $Fe > Ca > Al > Mg > P > Mn$. En general se apreció que no hubo predominancia de los metales pesados más importantes, y dichos metales mencionados líneas arriba se podrían atribuir a características naturales de la zona evaluada.
656. Respecto al análisis estadístico (análisis clúster), el punto SED-RChi2, pertenece el grupo estadístico G1.1 caracterizado por presentar elevadas concentraciones de Al, Be, Co y Mg, representando este punto el 13% del total de puntos pertenecientes a este grupo. Respecto a los grupos estadístico G1.2, en este se encuentran los puntos SED-RUru1, SED-QLan1 y SED-RCon1, caracterizados por presentar bajas concentraciones de As, Cd, Cu, Fe, Pb y Zn. Por último, el punto RCon3 pertenece al grupo estadístico G2.1, el cual presentó elevadas concentraciones de As, Cd, Cu, Ni y Zn.

657. Finalmente, para el ACP, los puntos evaluados en esta zona, con excepción del punto SED-RCon3 (que presentó una tendencia hacia elevadas concentraciones de As, Cd y Zn) se encuentran relacionados a bajas concentraciones de metales pesados.

11.2.4. Zona IV

658. Respecto a los metales totales en los puntos de muestreo de esta zona, se presentaron las mayores concentraciones de As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn en el punto SED-Qcai1 (Quebrada Caipuro, antes de la confluencia con el río Cañaris); el tramo evaluado del río Cañaris presentó una tendencia en incremento de concentraciones de estos metales, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Caipuro, en la proximidad de unos pasivos ambientales (relaves) ubicados en la zona de Algamarca
659. Dada las actividades de minería informal de la zona, estas podrían dar lugar a fenómenos de remoción y ser transportados en la quebrada Caipuro, lo que aumentará la turbidez de esta, e incrementará la carga metálica de los sedimentos (Oyarzun, 2011).
660. El cadmio, es un elemento que puede estar adsorbido en las partículas en suspensión y en la superficie de los granos del sedimento de fondo, donde muestra afinidad con los halógenos y fosfatos (Sadid, 1992). Sin embargo, son consideradas las actividades antropogénicas como la principal fuente de su ingreso a los sistemas acuáticos (Moore & Ramammorthy, 1984; Landing *et al.* 1992).
661. Rubio *et al.* (2000), indicaron, que la correlación de los metales con el hierro debe ser el comportamiento esperado en condiciones naturales ya que el hierro es un



[Handwritten signature]

elemento definitorio de las características de los sedimentos, razón por la cual la relación del hierro con cualquier otro metal formará una tendencia lineal, lo contrario podría ser significativo de una contaminación de tipo antrópico. Solo Al, Sb, Ba, Be, Bi, Cd, B, Ca, Co, Cu, Cr, Sn y P muestran correlación con el Fe por lo que, si asumimos estas consideraciones, se podría inferir que el resto de los metales analizados podrían ser de aporte antropogénico. Lo mencionado líneas arriba es importante debido a que esta condición se observa en la quebrada Caipuro (SED-QCai1).

662. González & Ramírez (1995), señalan que el plomo junto con el cobre y el zinc son buenos indicadores de contaminación antropogénica, debido a que sus concentraciones en el ambiente son reflejo de las actividades humanas y fuentes industriales.
663. Las mayores concentraciones respecto a la corrida de metales totales reportados para esta zona fueron de la siguiente manera $Fe > Al > Ca > Mg > K > As > Cu$; los puntos de muestreo en esta zona se encontraron en una formación geológica: la formación Farrat (Ki-fa), conformado por los puntos SED-RCañ1, SED-RCañ2, SED-QCai1, con concentraciones mayoritarios de $Fe > Al > Ca > Mg > K > As$. La elevada concentración de arsénico en esta zona, podría estar vinculado a los numerosos pasivos ambientales existentes en la zona de Algamarca y a la presencia de actividad minera artesanal.
664. Respecto al análisis estadístico (análisis clúster), el punto SED-RCañ1, pertenece el grupo estadístico G1.2 caracterizado por presentar bajas concentraciones de As, Cd, Cu, Fe, Pb y Zn, representando este punto el 13% del total de puntos pertenecientes a este grupo. Respecto a los grupos estadístico G2.1, en este se encuentran los puntos SED-RCañ2 y SED-QCai1, caracterizados por presentar altas concentraciones de As, Cd, Cu, Ni y Zn, representando estos puntos el 32% del total de puntos pertenecientes a este grupo.
665. Finalmente, para el ACP, los puntos SED-QCai1 y SED-RCañ2 evaluados en esta zona presentaron tendencias a elevadas concentraciones de As, Cd, Cu y Zn, con excepción del punto SED-RCañ1 (que presentó una tendencia hacia a bajas concentraciones de metales pesados).

11.2.5. Zona V

666. Respecto a los metales totales en los puntos de muestreo de esta zona, se presentaron las mayores concentraciones de As, Cd, Cu, Pb y Zn en el punto SED-QShi1 (Quebrada Shingomate, aguas abajo del caserío Siguis), dicho punto probablemente reciba aportes de actividades de minería informal en la zona de La Chilca, que se encuentra aguas arriba del mismo; por último el punto SED-QHig1 (Quebrada Higuierón, captación de agua para el caserío Chorobamba) presentó altas concentraciones de Pb.
667. Los metales pesados más tóxicos son el Sb, As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se y Zn. El aporte de estos metales al ciclo hidrológico procede de diversas fuentes, siendo una de ellas de origen litogénico a partir de los minerales, que por causas de erosión, lluvias, entre otras, son arrastrados al agua. No obstante, actualmente la mayor concentración es de origen antropogénico, actividades como la minería, procesos industriales y los residuos domésticos son fuentes importantes de contaminación (Rosas, 2005); coincidiendo con este estudio y lo que menciona

Rubio (2000), sobre la correlación existente con el Fe; en este sentido se aprecia que los metales As, Ni, Pb, Se y Zn; probablemente tengan fuentes antropogénicas. Sin embargo, para establecer si existe un enriquecimiento metálico antropogénico en un sistema acuático, es básico conocer las concentraciones naturales (niveles de fondo) de metales pesados en sedimentos.

668. Las mayores concentraciones respecto a la corrida de metales totales reportados para esta zona fueron de la siguiente manera $Fe > Ca > Al > K > Mg > P > Mn$; los puntos de muestreo en esta zona se encontraron en cuatro formaciones geológicas: formación Carhuaz (Ki-ca), conformado por el punto SED-QShi2, con concentraciones mayoritarias de $Fe > Ca > Al > Mg > K > Mn$; la formación Santa (Ki-sa), conformado por el punto SED-QMoy1, con concentraciones mayoritarias de $Fe > Al > Ca > K > Mg > Mn$; formación Pariatambo (Ki-pa), conformado por el punto SED-QShi1, presentando concentraciones mayoritarias de $Ca > Fe > Al > Mg > K > Mn$ y la formación Farrat, conformado por los puntos SED-QMoy2, SED-QSau1, SED-QLMer1 y SED-QEPac1, presentando concentraciones mayoritarias de $Fe > Al > Ca > Mg > K > Mn$. En general se apreció que no hubo predominancia de los metales pesados más importantes, y dichos metales mencionados líneas arriba se podrían atribuir a características naturales de la zona evaluada.
669. Respecto al análisis estadístico (análisis clúster), los puntos SED-QMoy1, SED-QMoy2, SED-QHig1 y SED-QChie1, pertenecen al grupo estadístico G1.1 caracterizado por presentar elevadas concentraciones de Be, Co y Mg, representando estos puntos el 50% del total de puntos pertenecientes a este grupo. Los puntos SED-QSau1 y SED-QShi2, pertenecen al grupo estadístico G1.2 caracterizado por presentar bajas concentraciones de As, Cd, Cu, Fe, Pb y Zn, representando estos puntos el 25% del total de puntos pertenecientes a este grupo. Respecto al grupo estadístico G2.1, en este se encuentran los puntos SED-QLMer1, SED-QEPac1 y SED-QShi1, caracterizados por presentar altas concentraciones de As, Cd, Cu, Ni y Zn, representando estos puntos el 50% del total de puntos pertenecientes a este grupo.
670. Finalmente, para el ACP, los puntos SED-QLMer1, SED-QEPac1 y SED-QShi1 evaluados en esta zona presentaron tendencias a elevadas concentraciones de As, Cd, Cu y Zn, con excepción de los puntos SED-QMoy1, SED-QMo2, SED-QHig1, SED-QChie1, SED-QSau1 y SED-QShi2 (que presentaron una tendencia hacia a bajas concentraciones de metales pesados).

11.3. Comunidades hidrobiológicas

671. Las comunidades hidrobiológicas de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces son las más frecuentemente usadas como indicadores en actividades de monitoreo biológico en quebradas y ríos (Li *et al.*, 2010). En ese contexto, el resultado esperado de la evaluación hidrobiológica era que las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos muestreados en el área de influencia de la U.M. Shahuindo, reflejaran la calidad ambiental de las diferentes zonas de estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, se observó que las zonas I, III y IV fueron las que mostraron los contrastes más notorios a nivel de todas las variables estudiadas (riqueza, abundancia y diversidad), lo cual se explicaría en un adecuado criterio de elección de las estaciones control o de referencia y las estaciones impactadas por las actividades humanas pasadas y presentes en las diferentes microcuencas de estudio. Por otro lado, la zona II presentó un menor contraste en todas las variables bióticas estudiadas, lo cual también se explicaría



en el criterio de elección de las estaciones de monitoreo; en este caso, solo una, de las ubicadas aguas abajo del centro poblado Araqueda (HID-QAra2), presentó una reducción en sus valores de riqueza, abundancia y diversidad notoria solo a nivel de macroinvertebrados bentónicos. Finalmente, la zona V fue la que presentó el criterio de agrupamiento más irregular, al incluir microcuencas de características más diferenciadas que las anteriores; aun, así, se destacan las quebradas Moyán y El Sauce como las que presentaron un mejor desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

672. Con respecto al perifiton, se conoce que Bacillariophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria son los grupos de algas más frecuentes en los ríos (Jorgensen, 2009), condición que también ha sido observada en las quebradas y ríos evaluados. Lo más resaltante en cuanto a composición de especies fue la ausencia de Cyanobacteria en las estaciones de muestreo con pH inferior a 4 (HID-FNat3 e HID-QCai1) y, en contraste, la presencia de *Ulothrix cf. tenerrima* (Chlorophyta) en las mismas estaciones. De confirmarse que la especie encontrada corresponde a *Ulothrix tenerrima* se tendría una importante especie indicadora, pues esta ya ha sido catalogada como tolerante a aguas ácidas en Estados Unidos (Hellawell, 1986).

673. Los macroinvertebrados bentónicos no presentaron muchas novedades con respecto a la composición de especies, pues, de forma general, es bien conocido que los insectos acuáticos son los elementos más importantes en la dinámica ecológica de los ecosistemas lóticos (Maneechan y Prommi 2015). En el análisis individual por estaciones de muestreo es donde se observaron las condiciones más resaltantes. Por ejemplo, en lo que respecta a composición de especies, lo más resaltante fue la presencia de Collembola y Simuliidae en estaciones de muestreo con valores de pH inferior a 5 (HID-QCai1 e HID-QLMer1). En el caso de Collembola, se trata de un taxa semiacuático (Holzenthal *et al.* 2008), por lo que no se descarta que los organismos colectados puedan pertenecer a la zona ribereña; no obstante, de ser un taxa que pasa un mayor tiempo viviendo en el agua, llamaría poderosamente la atención que pueda desarrollarse en aguas con valores de pH tan bajos. En el caso particular de Simuliidae valdría la pena tener en cuenta esta condición de tolerancia para algún índice biótico que se pretenda implantar en la evaluación de cuerpos de agua impactados por aguas ácidas en el futuro. Mención aparte merece el análisis de calidad ecológica, que pese a haberse presentado como referencial, presentó diferentes grados de calidad que se correspondieron con lo observado en campo, en lo que respecta a las actividades económicas realizadas en los alrededores y cómo estas afectan a la vegetación ribereña, estabilidad del lecho del río, diversidad de hábitats y la composición de especies indicadoras de estrés ambiental.

674. El análisis de correspondencia canónica resaltó aspectos pocas veces explorados en los estudios ambientales, los cuales tienen que ver con la naturaleza mineralizada de la zona de estudio (León, 2006) y los impactos ambientales, los cuales influyen en la calidad de los cuerpos de agua superficiales y, por consiguiente, condicionan la distribución de los macroinvertebrados acuáticos. Fue notable como el pH y la concentración de bicarbonatos condicionaron la distribución de la fauna bentónica, lo cual se hizo más notorio en las estaciones que mostraron una mejor calidad ecológica.

675. Finalmente, en el aspecto ecológico, es importante resaltar la gran contribución a la diversidad de especies raras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos, pues



[Handwritten signature]

casi el 47 y 38%, respectivamente, fueron reportados solo en una estación de muestreo. En el caso de perifiton la mayor parte de especies raras correspondió a los phyla Chlorophyta y Charophyta, y en el caso de los macroinvertebrados bentónicos, a los órdenes Diptera y Trichoptera. Normalmente en los análisis estadísticos multivariados como agrupamiento (clúster) y análisis de correspondencia canónica estos taxa son eliminados, sin embargo, dada su gran contribución a la riqueza total de la zona de estudio, excluirlas significaría una gran pérdida de información, sobre todo en lo que respecta al intercambio de especies entre sitios de muestreo.

11.4. Calidad de aire

- 676. En relación a las mayores concentraciones de PM₁₀ encontradas en una de las cuatro estaciones de monitoreo (CA-SJos1) y su escasa relación con la concentración de metales, se podría asumir que el material orgánico es el principal aportante a su incremento, lo antes mencionado está asociada a partículas de carbono (hollín).
- 677. Las concentraciones encontradas de PM₁₀ y PM_{2,5} en todas las estaciones de monitoreo en 2 de los 4 días de duración (del 14-05-2017 al 15-05-2017) estuvieron sujetas a precipitaciones, motivo por el cual probablemente pudo afectar en un ligero descenso en sus concentraciones registradas en comparación a los demás días (13-05-2017 y 16-05-2017)

11.5. Calidad de suelo

- 678. El Perú en la actualidad cuenta con estándares de calidad ambiental de suelo para uso residencial, agrícola y extractivo, para los siguientes metales: arsénico, bario, cadmio, mercurio y plomo, y debido a que todos los puntos de muestreo de suelos fueron establecidos en suelos de uso agrícola, se realizó una comparación referencial entre los valores del nivel de fondo encontradas con los ECA.

Tabla 11-15. Comparación de los valores del nivel de fondo con los ECA para suelo de uso agrícola

Metales totales	Área de muestreo de suelos					ECA para suelo Suelos de uso agrícola (mg/kg PS)
	T-an	Ki-chi	Ki-ca	Ki-fa	Qh-fl	
	NF	NF	NF	NF	NF	
Arsénico	7	191,1	60,28	81,33	123,3	50
Bario	131,6	76,1	270,1	77,96	100,5	750
Cadmio	1,419	0,453	0,531	0,713	1,681	1,4
Mercurio	--	0,217	--	0,0484	0,0615	6,6
Plomo	17,2	111,7	94,6	21,23	67,44	70

- 679. En la Tabla 11-15, se observa que los valores de nivel de fondo de arsénico en las formaciones geológicas Ki-chi, Ki-ca, Ki-fa y Qh-fl, es superior a la concentración máxima establecida en el ECA de suelos para uso agrícola.
- 680. El nivel de fondo de cadmio en los pórfidos de andesita y los depósitos fluviales excede al ECA de suelos para uso agrícola, debido a que en estas zonas evaluadas no se encontró actividad económica relacionada al uso de cadmio, se



puede atribuir que las concentraciones encontradas tienen un origen natural. El cadmio se encuentra relacionada a los depósitos de zinc como la blenda.

681. Asimismo, el valor de nivel de fondo de plomo en las formaciones Chimú y Carhuz supera al valor del ECA de suelos para uso agrícola.
682. Estos valores altos de arsénico, cadmio y plomo en algunas formaciones geológicas pueden deberse, al contenido mineralógico natural del área evaluada.
683. Se debe tener en cuenta que los valores de nivel de fondo de un metal difieren entre las zonas evaluadas, esto puede ser debido a que este valor depende de las propias características orográficas, geoquímicas, climáticas, etc., por lo que cada sitio a estudiar debe ser considerado como una unidad de análisis y determinar sus niveles de fondo y de referencia particulares de cada lugar para una evaluación del estado de la calidad ambiental de suelos.

11.6. Tejido vegetal en cultivos

684. Es importante precisar que se requieren estudios más complejos tanto en el diseño muestral, según el área y producción mensual del valle de Condebamba, como en otros parámetros que podrían estar asociados, de tal forma, se pueda correlacionar los resultados obtenidos con los niveles de fondo realizados en esta zona, dichos estudios deberían ejecutarlo el organismo de sanidad agraria u otra entidad competente.

12. CONCLUSIONES

12.1. Calidad de agua

- i. Se identificaron tres manantiales (FNat1, FNat2 y FNat3) ubicados en la microcuenca Shahuindo; en tal sentido, los puntos FNat2 y FNat3 presentaron valores de pH fuera del rango (rango ácido) establecido en el ECA para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), Categoría 3. Asimismo, la concentración de los metales manganeso total (Mn) y cobalto total (Co) en el punto FNat3, superaron referencialmente los valores establecidos en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).
- ii. Se identificó una bocamina abandonada, la misma que no se encuentra a la fecha en el listado de pasivos ambientales del Ministerio de Energía y Minas (Resolución Ministerial N° 535-2016-MEM/DM) y este a su vez presentó valores de pH, conductividad eléctrica y las concentraciones de los metales totales aluminio (Al), arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni) y zinc (Zn) que superaron referencialmente el valor establecido en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).
- iii. En la zona I, la concentración de los metales totales, aluminio, arsénico, cadmio y zinc, en el punto QChu2 (quebrada Chupaya, aguas abajo de la U.M. Shahuindo) superó el valor establecido en el ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM); por otra parte, los valores de pH y las concentraciones de hierro total en los puntos Qchu2, Qcho2 (quebrada Choloque, aguas abajo de la bocamina abandonada) y QSha1 (quebrada Shahuindo, aguas abajo de la confluencia de las quebradas Choloque y Chupaya), superaron la referida norma. Asimismo, en los puntos QChu1 (quebrada Chupaya, aguas arriba de la U.M.



Shahuindo), QChu2, QCho2 y QSha1 las concentraciones de manganeso total, superaron el valor establecido en el ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

- iv. En la zona II, el valor de pH registrado en el punto QCol1 (Quebrada Colpa, aguas arriba de los sectores Payhual y La Colpa), se encuentra fuera del rango establecido en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), presentando características ácidas. Asimismo, la concentración de manganeso total excede el ECA para Agua Cat 3D1 y Cat 3D2 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).
- v. En la zona III, la concentración de cobre total en el punto RChi2 (río Chimín, aguas arriba de la confluencia con el río Condebamba) superó el valor establecido en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM); por otra parte, las concentraciones de manganeso, hierro y aluminio total en los puntos RCon1, RCon2 y RCon3 (tramo evaluado del río Condebamba), superaron los valores establecidos en la referida norma.
- vi. En la zona IV, el valor registrado de pH y las concentraciones de aluminio, cobalto, plomo, hierro, manganeso y zinc total en el punto QCai1 (quebrada caipuro, aguas arriba de la confluencia con el río Cañaris) superaron los valores establecidos en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Asimismo, en los puntos QCai1 y RCañ2 (río Cañaris, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Caipuro) las concentraciones de arsénico, cadmio y cobre total, superaron los valores establecidos en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).
- vii. En la zona V, las concentraciones de cadmio y cobre total en el punto QShi1 (quebrada Shingomate, aguas arriba del caserío Siguis) superaron los valores establecidos en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM); mientras que los valores registrados de pH en los puntos QLMer1 (quebrada Los Merinos, aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo), QEPac1 (quebrada El Pacae, aguas abajo de la confluencia con las quebradas Saucey Los Merinos) y QCHie1 (quebrada Contrahierba, aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo), se encuentran fuera del rango establecido en la referida norma, presentando características ácidas. Por otra parte, el punto QLMer1 presentó una concentración de cobalto total que superó el valor establecido en la norma citada. Así también, en los puntos QMoy1 (quebrada Moyán, aguas arriba de los caseríos Moyán Bajo y Moyán Alto), QLMer1, QEPac1 y QShi1 las concentraciones de manganeso total, superaron el valor establecido en los ECA para Agua, Categoría 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).
- viii. Las facies hidroquímicas más predominantes encontradas fueron bicarbonatada galicia, característica principal de los tramos evaluados de las quebradas Lanla, La Colpa, Higuero, Sauce, Contrahierba, los ríos Urupuyo, Cañaris y los puntos QCho1 (quebrada choloque, aguas arriba de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo), QMoy1 (quebrada Moyán, aguas arriba de los caseríos Moyán Alto y Moyán Bajo) y el manantial FNat2; y sulfatada cálcica, característica de los tramos evaluados de las quebradas Chupaya, Shingomate, Araqueda, Shahuindo, Caipuro, Los Merinos, el Pacae, el río Condebamba, los puntos QCho2 (quebrada Choloque, aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo), QMoy2 (quebrada Moyán, aguas abajo de los caseríos Moyán Alto y Moyán Bajo), Qs/n1 (bocamina abandonada) y los manantiales FNat1 y FNat3.



- ix. De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, los tramos evaluados de las quebradas Los Merinos, el Pacae, Caipuro, Chupaya; el punto QCho2 (quebrada Choloque, aguas abajo de la zona de operaciones de la U.M. Shahuindo) y los manantiales FNat1 y FNat3, presentan tendencias a valores de pH ácido, bajas concentraciones de HCO_3 y elevadas concentraciones de los metales totales Al, Cu, Fe, Mn, K y Zn. Mientras que el tramo evaluado de la quebrada Lanla y los puntos QMoy2 (quebrada Moyán, aguas abajo de los caseríos Moyán Alto y Moyán Bajo) y QAra2 (quebrada Araqueda, aguas abajo del centro poblado de Araqueda), presentan tendencia a pH básico; altas concentraciones de conductividad eléctrica, HCO_3 , Ca, Mg y Na y bajas concentraciones de Cl, Cu, Fe, Mn y Zn.
- x. Complementariamente, y considerando que la normativa de calidad de aguas vigente durante la aprobación de los instrumentos de gestión ambiental de la U.M. Shahuindo fue el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, se tuvo que los metales totales Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn, y los parámetros físico químicos pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sulfatos excedieron los valores establecidos en la referida normativa ambiental.

12.2. Calidad de sedimento

- xi. Las concentraciones de los metales totales predominantes en las zonas I, II, III y V fueron $\text{Fe} > \text{Al} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Mn}$, caracterizados por ser elementos presentes en abundancia en la corteza terrestre.
- xii. En la zona IV, las concentraciones de arsénico total en los tramos evaluados de la quebrada Caipuro y el río Cañaris brindaron un aporte importante al tramo que va desde la confluencia del río Cañaris con la quebrada Caipuro hasta el punto RCañ2 (ubicado en la zona de pasivos ambientales); lo cual indicaría que el incremento en la concentración de arsénico, podría atribuirse a las existencia de pasivos ambientales y minería artesanal en la zona de Algamarca, que erosionarían la quebrada Caipuro.
- xiii. De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, los tramos evaluados de las quebradas Los Merinos, El Pacae y Caipuro; y los puntos SED-RCañ2, SED-QShi1 y SED-RCon3 presentaron tendencias a elevadas concentraciones de As, Cd, Cu, Ni y Zn. Mientras que el tramo evaluado de la quebrada Shahuindo y los puntos SED-QCho2, SED-Qs/n1 y SED-QChu2, presentaron tendencias a elevadas concentraciones de los metales Fe y Pb, y bajas concentraciones de Be, Co, Mg y Ni. Asimismo, los puntos de muestreo pertenecientes a las quebradas Lanla, Sauce y La Colpa y el río Urupuyo; y los puntos SED-RCañ1, SED-RCon1 y SED-QShi2, presentaron las menores concentraciones de Al, As, Cd, Cu, Fe, Pb y Zn.

12.3. Comunidades hidrobiológicas

- xiv. Fueron encontrados 119 taxa de ficoperifiton, correspondientes a los phyla Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria y Charophyta. Los análisis de riqueza, abundancia y diversidad, permitieron encontrar diferencias en la composición de especies de las zonas evaluadas, especialmente en las zonas I, III y IV.



- xv. Fueron encontrados un total de 3 taxa de ficoperifiton, correspondientes a los phyla Amoebozoa, Ciliophora y Nematoda. La representatividad de organismos fue mínima, encontrándose presente en solo 3 de las 26 estaciones evaluadas.
- xvi. Fueron encontrados 65 taxa de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes a los órdenes Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Megaloptera, Heteroptera, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera y Odonata y otros no insectos. De forma similar a lo observado con el perifiton, los análisis de riqueza, abundancia y diversidad, permitieron encontrar diferencias en la composición de especies de las zonas evaluadas, especialmente en las zonas I, III y IV.
- xvii. El análisis de calidad ecológica reflejó las condiciones observadas en campo, encontrándose que las estaciones que mostraron una mejor calidad ambiental presentaron un menor deterioro del hábitat físico y estuvieron menos influenciadas por actividades humanas.
- xviii. Los parámetros pH y concentración de bicarbonatos fueron los que tuvieron una mayor influencia en la distribución de la abundancia de macroinvertebrados en el área de evaluación. La variación de tales parámetros reflejaría principalmente la influencia de la mineralización en la zona evaluada y, en menor medida, la influencia de las actividades antropogénicas observadas.

12.4. Calidad de aire

- xix. Todas las concentraciones de material particulado (PM10) obtenidas en los puntos CA-MBaj1 (Caserío Moyan Bajo), CA-MAIt1 (Caserío Moyan Alto) y CA-MFlo1 (Caserío Máximas Flores) se encontraron en conformidad con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para dicho parámetro, equivalente a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para periodos de 24 horas (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM); sin embargo, el punto CA-SJos1 (Centro Poblado San José) excedió el referido ECA durante tres (3) días de monitoreo, lo cual sería atribuible al movimiento de tierras realizado por las actividades mineras y a la resuspensión del material particulado sedimentado.
- xx. Complementariamente, y considerando que la normativa de calidad de aire vigente durante la aprobación de los instrumentos de gestión ambiental de la U.M. Shahuindo fue el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, se tuvo que todas las concentraciones de PM10 obtenidas en los puntos CA-MBaj1, CA-MAIt1, CA-SJos1 y CA-MFlo1 se encontraron en conformidad con el respectivo estándar ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para periodos de 24 horas).
- xxi. Finalmente, las concentraciones de metales en PM10 reportadas en los puntos de monitoreo CA-MBaj1, CA-MAIt1, CA-SJos1 y CA-MFlo1 cumplieron en todos los casos con los valores de referencia de la norma canadiense (AAQC) para periodos de 24 horas.

12.5. Calidad de suelos

- xxii. Se determinaron los niveles de fondo y valores de referencia para 36 metales en suelos superficiales, con cultivos y sin cultivos, en cinco (5) diferentes formaciones geológicas.



- xxiii. El empleo de métodos estadísticos en datos de concentración de metales pesados en suelos superficiales demuestra ser útil para la obtención de niveles de fondo y valor de referencia en este componente ambiental. Los niveles de fondo y de referencia obtenidos en el presente informe para metales en suelos, servirán para evaluar la información de futuros monitoreos en el área del presente proyecto.
- xxiv. Se tiene que los niveles de fondo de arsénico (formaciones Chimú, Carhuaz, Farrat y depósitos fluviales), cadmio (formaciones Andesita y depósitos fluviales) y plomo (formaciones Chimú y Carhuaz) exceden los valores establecidos en el ECA de suelos para uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM) en algunas formaciones geológicas. Estos valores de arsénico, cadmio y plomo serían atribuibles al contenido mineralógico natural del área evaluada, toda vez que las zonas evaluadas no correspondieron a áreas influenciadas directamente por la actividad minera.

12.6. Tejido vegetal en cultivos

- xxv. Los resultados obtenidos respecto al contenido metálico en las muestras de frutos extraídas (palta y níspero), de los cultivos ubicados en los caseríos Liclipampa Bajo y Chimín, fueron determinadas de manera referencial y a solicitud de la población, a fin de utilizar dicha información en posteriores trabajos de vigilancia ambiental del sector competente.

13. RECOMENDACIONES

- i. Remitir copia del presente informe al Gobierno Regional de Cajamarca y a la Municipalidad Provincial de Cajabamba, para conocimiento y fines de acuerdo a sus competencias en relación a las actividades de pequeña minería que se desarrollan en el cerro Algamarca y la zona de La Chilca, que podrían alterar las condiciones ambientales del valle de Condebamba.
- ii. Remitir copia del presente informe al Ministerio de Energía y Minas, para conocimiento y fines de acuerdo a sus competencias, en relación a la bocamina abandonada en el punto Qs/n1, la misma que no se encuentra en el listado de pasivos ambientales (Resolución Ministerial N° 535-2016-MEM/DM).
- iii. Remitir copia del presente informe a la Autoridad Nacional del Agua - ANA y a la Administración Local de Agua - Crisnejas, para su evaluación y accionar, respecto a las fuentes de contaminación que podrían estar afectando la calidad de la microcuenca del río Crisnejas.
- iv. Remitir copia del presente informe al Ministerio de Agricultura y Riego y al Servicio Nacional de Sanidad Agraria, para conocimiento y fines pertinentes, respecto a los resultados obtenidos de metales en muestras de frutos, correspondientes a los cultivos ubicados en los caseríos Liclipampa Bajo y Chimín, con el objetivo de que realicen estudios complementarios para determinar los parámetros que podrían estar asociados a estos resultados.
- v. Difundir los resultados del presente informe a los principales actores involucrados en la evaluación ambiental temprana, para ejecutar acciones conjuntas orientadas a la conservación de la calidad ambiental en el área de influencia de la U.M. Shahuindo y zonas aledañas, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.



- vi. Continuar con las acciones de vigilancia ambiental, programando una evaluación ambiental temprana en época de avenida (lluvias), a fin de complementar la información obtenida y evaluar el comportamiento de cada componente ambiental.
- vii. Remitir el presente informe a la Dirección de Supervisión del Oefa, para conocimiento y fines, en función de sus competencias.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aiken, G., Mcknighy, D., Wershaw, R., MacCarthy, P. 1985. Humic substances in soil, sediment and water. Wiley, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore.

Albert, L. 2012. Toxicología Ambiental: Contaminantes Inorgánicos. México D.F. México. 2da ed. Editorial LIMUSA, S.A. 101-211 p.

Albert L. 1999. "curso basico de toxicología ambiental". Noriega Editores. México.

Albrecht, T. 2007. Using sequential hydrochemical analyses to characterize water quality variability at Mamm Creek gas field area, southeast Piceance basin, Colorado. Memoria para optar al grado de Master of Science (Hidrology) Colorado School of Mines.

Alfayate, J. 2008. Contaminación Ambiental una Visión desde la Química: Características de las Aguas Naturales. Madrid. España. PARANINFO. 41- 62 p.

Alloway B. J. 1995. "heavy metals in soils". Blakie Academic & Professional. Second Edition. UK.

ANZECC (Australian and New Zealand Environment Conservation Council). 2000. An introduction to the Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy, Camberra, Australia.

APHA. (2012). Standard methods for the examination of water and waste water, 22 nd edn. American Public Health Association, Washington, DC.

Arakeri, G. 2013. Evaluation of the possible role of copper ions in drinking water in the pathogenesis of oral submucous fibrosis: A pilot study. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 52: 24-28.

Armienta-Hernández, M.A., Rodríguez-Castillo, R., Ceniceros N., Juárez F., Cruz O., 1996, Distribution, origin and fate soils in Guanajuato Mexico: Environmental Pollution, 9, 391-397.

Arranz-González, J.C. 2008: Planes de actuación sobre territorios con abundantes pasivos ambientales mineros. Seminario: Evaluación y recuperación ambiental de espacios mineros. Pasivos ambientales mineros. Centro de Formación de la AECID, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 14 a 17 de octubre, pp. 2.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). 1999. Reseña toxicológica del mercurio y compuestos del mercurio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 13 p.



ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). 2000. Reseña toxicológica del cromo. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 10 p.

Baird C. 2001. Química ambiental. Reverté S.A., Barcelona, España. 622 pp.

Baird, C. 2004. Química Ambiental: Índice de Dureza de una Agua Natural. Barcelona. España. Editorial Reverté, S.A. 467 p.

Barrio, J. 2009. Química: Determinación experimental del Ión Cloruro. Madrid. España. EDITEX. 235 p.

Beita, W. 2008. Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración de la Comisión de Trabajos Finales de Graduación para optar por el grado de Licenciado en Química. 13-28 pp.

Broekaert, J., Gücer, S. & Adams, F. 1990. Metal speciation in the environment Springer-Verlag Berlin. Germany, pp 645.

Buffle, J. 1988. Complexation reactions in aquatic systems: An analytical approach: Ellis Horwood, Chichester.

Calderón, E. & Concha, R. 2005. Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura. Universidad Nacional de Piura. 1-10 pp.

Casas, J. 1989. Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca de Cardener. Tesis Doctoral, pp 271.

Christman, R. & Gjessing, E. 1983. Aquatic and terrestrial humic materials. Ann Arbor Science, Ann Arbor.

Conchan - Barrientos, M., Campbell - Lendrum, D., Steenland, K. (2004). *Occupational Noise: Assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels*. Geneva, World Health Organization (Environmental Burden of Disease Series, No. 9).

Connell W.D. y Miller J.G. 1984. Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. Willey and Sons. Nueva York, 446 p

Crisci, J.V.; López Armengol, M.F. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA, Serie de Biología.

De La Rosa, A., Moreno, L., y Núñez, I. 2010. Calidad química de las aguas subterráneas en una zona de actividad minera (Cuenca del Bierzo – León. Boletín Geológico y Minero. 121 (1): 103-122.

DOCE. (2000). *Directiva Marco en Política de Aguas de la Comunidad Europea (2000/60/CE)*, Bruselas.





Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y N. Prat. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S). Quito: USFQ, UB, AECID, FONAG.

Fetter, C.W., 1999, Applied Hydrogeology: Estados Unidos de América, Prentice Hall 4th edition, 589 p.

Field, A. 2009. Discovering Statistics using SPSS (3rd ed.). SAGE Publications Inc, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC.

Fishman, M.J.; M.W. Skougstad; H.E. Taylor. 1979. Methods for Determination of Inorganic Substances in Water and Fluvial Sediments, Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, USA. Book 5, Chapter A1, 626p.

Gaiero, D.M. 1995. Dinámica hidrogeoquímica de un sistema alterado, el Río Suquía, Córdoba, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 207 p.

Garrido, P. *et. al.* 2011. Evaluación de metales pesados en los suelos del coto minero manganesífero Cristo – Barrancas. Minería & Geología. 43-57 pp.

González, L. 2011. Química General para las Ciencias Ambientales: Equilibrio Ácido-Base. Valencia. España. Edición Universitat de València 194 p.

González, H. & Ramirez, M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. J. Geochem. Explore 52 (1-2): 183-192.

Gray N.F. 1997. Environmental impact and remediation of acidmine drainage: a management problem. Environ. Geol. 30, 62-71.

Guerrero, J. P., I. Pla-Sentís & R. Camacho. 2004. Génesis de un suelo sódico alcalino en Chaguaramas, Venezuela. Agronomía Trop. 54: 433-460.

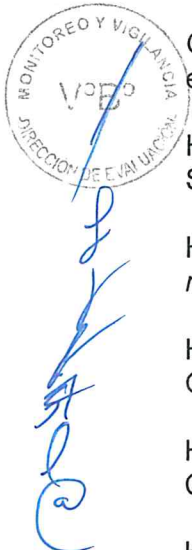
Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.15) [Software]. Disponible desde: <http://folk.uio.no/hammer/past/>.

Hellawell, J. M. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. London: Elsevier Applied Science Publishers.

Hem D.J. 1992. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, EUA, 263 p.

Hernández, A. 1992. Depuración de aguas residuales. 2^a Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, canales y puertos. Madrid, pp 240.

Holzenthal, R. W., Prather, A. L., Marshall, S. A., Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *Introduction to the aquatic insects of North America*. 4th ed. Dubuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing.



Jenkins, D. 2009. *Química del Agua: Reacciones de Oxidación-Reducción*. México D.F. México. Editorial LIMUSA, S.A. 351-466 p.

Jofré, E. 2011. *Caracterización de la interacción agua superficial / agua subterránea en la parte baja de la cuenca del río Limarí, a través del uso de herramientas hidroquímicas e isotópicas*. Memoria para optar al Título de ingeniero civil ambiental. Universidad De La Serena, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería de Minas. pp 35-62.

Jorgensen, S.E. (2009). *Ecosystem ecology*: London: Elsevier Ltd, Oxford.

Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos* 113: 363 – 375.

Instituto Geológico y Minero de España - IGME. 1985. *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España*. Informe de Síntesis. Pp 79-81.

León, G. (2006). *Análisis de inversión y rentabilidad de un proyecto aurífero a nivel de estudio de factibilidad* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Leppard, G. 1983. *Trace element speciation in surface waters and its ecological implications*. Plenum press, New York London, pp 345.

Lewis, B. & Landing, W. 1992. *The investigation of dissolved and suspended particulate trace metals fractionation in the Black Sea*. *Mar. Chem.* 40: 105-14.

Li L., Zheng B. & Liu L (2010). *Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends*. *Procedia Environ Sci* 2:1510–1524.

Lillo, J. 2015. *Impactos de la minería en el medio natural*. Grupo de Geología – Universidad Rey Juan Carlos. 30-35 pp.

López, P. 2013. *Fontanería y Uso Racional del Agua: Tuberías de Plomo*. España. 103 p.

Mackenzie, L. 2005. *Ingeniería y Ciencias Ambientales.: Administración de la Calidad del Agua*. México D.F. México. McGraw-Hill. 279-338 p.

McNeely, R. N., V. P. Neimanis & L. Dwyer. 1979. *Water Quality Sourcebook: A guide to water quality parameters*. Ottawa, Ottawa, Canada.

Marr, LL., Cresser, M.S. y Gómez Ariza, J.L. 1990. *"Química Analítica del medio ambiente"*. Ed. Univ. Sevilla.

Marrugo, J., Lans, E., Doria, G., Bello, L., Castillo, M., Cortes, F. & Pinedo, J. (2006). *Impacto ambiental por contaminación con níquel, mercurio y cadmio en aguas, peces y sedimentos en la cuenca del Río San Jorge, en el Departamento de Córdoba*. Universidad de Córdoba, Centro de Investigaciones – CIUC. Monteiro, Colombia, 109 p.

Metcalf y Eddy. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery: Wastewater Characteristics*. Nueva York. Estados Unidos de América. 5taed. McGraw-Hill. 57- 171 p.





Metcalf & Eddy, INC. 1984. Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Ed. Labor. Madrid, 1380 pp.

Moore, J. & Ramammorthy, S. 1984. Heavy metal in natural waters. Pergamon Press, U. K. 268 pp.

Moreno, A. 2007. Elementos Nutritivos: Asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos. Buenos Aires. Argentina. librosenred. 73 p.

Oyarzun, R., Oyarzún, J., Ménard, J y Lillo, J. 2003. The Cretaceous iron belt of northern Chile: role of oceanic plates a superplume event, and a major shear zone. *Mineralium Deposita*, 38: 640-646.

Oyarzun, R., Higuera, P. & Lillo, J. 2011. Minería ambiental: Una introducción a los impactos y su remediación. Ediciones GEMM. 124-151 pp.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2004. Guías para la calidad del aire 239 pp.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity* (No. 574.524018 P5).

Postawa, A. 2013. Best Practice Guide on the Control of Iron and Manganese in Water Supply. London. United Kingdom. British Library. 30 p.

Rajagopal, S. Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water System: Metals. Nueva York. Estados Unidos de América. Springer. 249 p.

Ramírez, M., Sabido, M., Aguilar, C., Cerón, R., De La Cruz, C & Argáez, E. 2005. Estudio de metales pesados en sedimentos del arroyo La Celta, Ciudad del Carmen, Campeche

Red Muqui. 2016. Los pasivos ambientales mineros: Diagnóstico y propuestas. Lima – Perú. 8-47 pp.

Ríos-Touma, Blanca; Acosta, Raúl; Prat, Narcís. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. *Revista de Biología Tropical*, Abril, 249-273.

Robles, J., Armienta, M.A., 2000, Natural Chromium Contamination of Groundwater at Leon Valley, Mexico: *Journal of Geochemical Exploration*, 68, 167-181.

Rodríguez, J. & Marín, R. 1999. Físicoquímica de aguas. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid – España. 390-400 pp.

Rosas, H. 2001. Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca de Llobregat. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Pag 1-40.

Rosas, H. 2005. Contaminación de sedimentos del río Anoia por metales pesados (Barcelona – España). *Investigación y Desarrollo*. N° 5: 75-89 pp.

Rubio, B., Nombela, M. & VILAS, F. 2000. Geochemistry of major and trace elements in sediment of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Mar. Poll. Bull.* 40 (11): 968-980



Ruiz, E.; Echenandía, A. & Romero, F. 1994. Relaciones entre agua y sedimento en río de origen orreñal. *Limnética*, 10(1), 101-107.

Sadid, M. 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Pergamon Merce Dekker Inc. New York, USA. 390 pp.

Sandí, W. 2010. Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica: Cloruros. Cuadernos de Investigaciones UNED. 2(2): 157-179.

Seoanez, M. 1999. Aguas residuales urbanas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, pp 368.

Smedley, P. & Kinniburgh, D. 2002. A Review of the source, Behaviour and distribution of Arsenic in Natural Waters. *Appl. Geochem.* 17: 517-568

Smith, K.S., 1999, Metals sorption on mineral surfaces; an overview with examples relating to mineral deposits, in Plumlee G.S., Logsdon M.J. (eds.), *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A: Processes, Techniques, and Health Issues: Colorado*, Society of Economic Geologists, *Reviews in Economic Geology*, 6A, 161–182.

Sokal, R. R. & Michener C. D. (1958). *A statistical method for evaluating systematic relationships*. Kansas: U. Kansas Sci. Bull. 38:1409 -1438.

Thyne, G., Güler, C. y Poeter, E. 2004. Sequential analysis of hydrochemical data for watershed characterization. *Groundwater*, Vol. 42, N° 5.

Turekian, K. & Wedepohl, K. 1999. Distribution of the elements in somber mayor units of the earth's Crust. *Geolical Society of America Bulletin* 72, 175-192 pp.

Universidad Nacional Mayor De San Marcos (UNMSM) - Museo De Historia Natural (MHN) & MINAM. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.

Plumlee, G.S., Smith, K.S., Berger, B.R., Foley-Ayso, N., Klein, D.P., 1995, Creede, Comstock and Sado epithermal vein deposits, in du Bray, E.A. (ed.), *Preliminary Descriptive Geoenvironmental Models of Mineral Deposits: U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 152–156.

Plumlee, G.S. y Nash, J.T. 1995, Geoenvironmental models of mineral deposits; fundamentals and applications, in du Bray, E.A. (ed.), *Preliminary Descriptive Geoenvironmental Models of Mineral Deposits: U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 1–9

Salomons, W. 1995. Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. *Journal Geochemical Exploration* 52, 5 -23.

Santoyo E. y Barragán, R. 1992. Geoquímica de exploración-métodos de campo, Mem. Curso de Exploración y Evaluación de Campos Geotérmicos, Financiado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Relaciones Exteriores y el Banco Interamericano de Desarrollo, Cuernavaca, Mor. México. pp 14.



Sarabia, I., Cisneros, R., Aceves, J., Durán, H., y Castro, J. 2011. Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis de Potosí, México. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*. 27 (2) 103-113.

Toro, M., Robles, S., Tejero, I., Prat, N., Sola, C. & Beltrán D., 2009. Aguas continentales corrientes. Ecosistemas lóticos. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 134 p.

Upadhyayula, V. 2009. Application of Carbon Nanotube Technology for Removal of Contaminants in drinking water. *Science of Total Environment*. 408: 1-13.

Vargas, L. 2004. Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida: Calidad del Agua. Lima. Perú. 1-47 p.

Webster, J. G., Swedlund, P. J. y Webster, K. S. 1998. *Environmental Science and Technology*, 32, 1361-1368.

Weiner, E. 2013. Applications of Environmental Aquatic Chemistry: Sulfate. Estados Unidos de América. 3era ed. Taylor and Francis Group. 527-529 p.

Williams S.L., Aulebanch D.B. y Clesceri N. L. 1976. Sources and distribution of trace metals in aquatic environments. En: *Aqueous environmental chemistry of metals* (A. J. Rubin, Ed.). Ann Arbor Science Michigan, pp. 77-127.

Yidana, S., Ophoria, D., Banoeng-Yakubob, B. 2008. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data – The Ankobra Basin, Ghana. *Journal of environmental management* 86: 80 – 87.

15. ANEXOS

- Anexo A : Actores involucrados

Anexo A1 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Visita de reconocimiento.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- Anexo A2 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Etapa de coordinación previa con los actores involucrados.
- Anexo A3 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Etapa de taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de monitoreo.
- Anexo A4 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Etapa de ejecución del monitoreo.
- Anexo A5 : Actas, Listado de participantes del MAP y registro fotográfico – Taller de presentación de resultados del monitoreo.
- Anexo B : Calidad de agua.
 - Anexo B1 : Mapa de puntos de muestreo.
 - Anexo B2 : Fichas de campo.
 - Anexo B3 : Registros de ajuste y verificación.
 - Anexo B4 : Registro fotográfico.
 - Anexo B5 : Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.
 - Anexo B6 : Certificados de calibración de equipos.
- Anexo C : Calidad de sedimento.
 - Anexo C1 : Mapa de puntos de muestreo.
 - Anexo C2 : Fichas de campo.
 - Anexo C3 : Registro fotográfico.
 - Anexo C4 : Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.
- Anexo D : Comunidades hidrobiológicas.
 - Anexo D1 : Mapa de puntos de muestreo.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- Anexo D2 : Fichas de campo.
- Anexo D3 : Registro fotográfico.
- Anexo D4 : Clasificación taxonómica – Perifiton.
- Anexo D5 : Clasificación taxonómica – Macroinvertebrados bentónicos.
- Anexo D6 : Criterio de elección de puntaje – calidad ecológica.

- Anexo E : Calidad de aire.
 - Anexo E1 : Mapa de puntos de muestreo.
 - Anexo E2 : Registro fotográfico.
 - Anexo E3 : Certificados de calibración de equipos.
 - Anexo E4 : Fichas de campo, cadenas de custodia, cálculos e informes de ensayo.

- Anexo F : Calidad de suelo.
 - Anexo F1 : Mapa de puntos de muestreo.
 - Anexo F2 : Fichas de campo.
 - Anexo F3 : Registro fotográfico.
 - Anexo F4 : Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.
 - Anexo F5 : Fichas estadísticas para la determinación de niveles de fondo.

- Anexo G : Tejido vegetal en cultivos.
 - Anexo G1 : Mapa de puntos de muestreo.
 - Anexo G2 : Registro fotográfico.
 - Anexo G3 : Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- Anexo H : Análisis estadístico – agua y sedimento.

- Anexo H1 : Análisis probabilístico de datos.

- Anexo H2 : Correlación lineal entre metales (sedimentos).



[Handwritten signature]