
**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE CAUSALIDAD EN EL ÁMBITO
DE LOS BOTADEROS DE DESMONTE ESTE, SUR Y
SUROESTE, PAD DE LIXIVIACIÓN (6 FASES) Y TAJO QUICAY
DE LA UNIDAD FISCALIZABLE QUICAY, EN EL 2020**

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

2020



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Profesionales que aportaron a este documento:



Firmado digitalmente por:
SAJAMI REYMUNDO Janet
Isabel FIR 43287383 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 21:48:22-0500



Firmado digitalmente por:
PECHUGA MELGAR Jacqueline
Jannet FIR 46734870 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 21:57:59-0500



Firmado digitalmente por:
TRINIDAD PATRICIO Huber
Sady FIR 48125609 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:02:45-0500



Firmado digitalmente por:
CACERES MUÑA Alex Adonis
FIR 47738641 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:08:46-0500



Firmado digitalmente por:
ESCOBEDO TORRES Mario FIR
05380860 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:12:29-0500



Firmado digitalmente por:
DELGADO CORNEJO Jackeline
Amanda FIR 42175705 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:16:49-0500



Firmado digitalmente por:
RIVAS MOGOLLON Emil
Ludwin FIR 48119833 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:23:59-0500



Firmado digitalmente por:
PORTILLO GUIZADO JOSE
ALEJANDRO FIR 47706563 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:30:34-0500



Firmado digitalmente por:
MONTESINOS CALLE Victor
FIR 41245736 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:38:10-0500



Firmado digitalmente por:
GARCIA CHACON Ulises
Miguel FIR 09594870 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:44:42-0500



Firmado digitalmente por:
MORGA CASTELLANOS Ericka
Judith FIR 42152194 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:51:13-0500



Firmado digitalmente por:
GUAINAZZO SANTI JESUS
JOSE FIR 30501323 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/12/2020 22:56:45-0500

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN	20
2. ANTECEDENTES	20
3. OBJETIVOS	25
3.1. Objetivo general	25
3.2. Objetivos específicos	26
4. ÁREA DE ESTUDIO	26
4.1. Climatología y geología regional	27
4.2. Contexto social	28
5. METODOLOGÍA	28
5.1. Objetivo específico 1: Determinar la composición de los botaderos Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay y el pad de lixiviación, la movilidad de elementos de interés y definir sus mecanismos de transporte hacia receptores ambientales del área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay	31
5.1.1. Caracterización geoquímica y mineralógica del material de componente minero ..	31
5.1.2. Caracterización fisicoquímica del agua residual industrial y efluente	34
5.1.3. Tomografía de resistividad eléctrica	37
5.2. Objetivo específico 2: Determinar la litogeoquímica y movilidad de los elementos de interés presentes en las formaciones rocosas y depósitos cuaternarios del sector Quicay, y definir los patrones geoquímicos de dispersión en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay	45
5.2.1. Caracterización geológica y geoquímica del sector Quicay	45
5.2.2. Referencias utilizadas para la evaluación	45
5.2.3. Ubicación de puntos para caracterización geológica y geoquímica	45
5.2.4. Parámetros y métodos de análisis	47
5.2.5. Materiales utilizados	48
5.2.6. Aseguramiento de la calidad	48
5.2.7. Procesamiento de datos	49
5.3. Objetivo específico 3: Establecer la influencia de los contaminantes en los receptores ambientales agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, flora y fauna en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay	49
5.3.1. Análisis de la calidad del agua superficial y subterránea	49
5.3.2. Análisis de la calidad de sedimento	57
5.3.3. Comunidades hidrobiológicas	59
5.3.4. Análisis de suelo	63
5.3.5. Flora silvestre (tejido vegetal)	76
5.3.6. Fauna silvestre	85
5.3.7. Análisis multiespectral	115



6. RESULTADOS.....	125
6.1. Objetivo específico 1: Determinar la composición de los botaderos Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay y el pad de lixiviación, la movilidad de elementos de interés y definir sus mecanismos de transporte hacia receptores ambientales del área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay	125
6.1.1. Resultados de la caracterización geoquímica y mineralógica de los componentes mineros de la UF Quicay	125
6.1.2. Agua residual industrial.....	139
6.1.3. Tomografía de resistividad eléctrica (TRE)	139
6.2. Objetivo específico 2: Determinar la litogeoquímica y movilidad de los elementos de interés presentes en las formaciones rocosas y depósitos cuaternarios del sector Quicay, y definir los patrones geoquímicos de dispersión en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay	148
6.2.1. Resultados de la caracterización geológica	148
6.2.2. Resultados de caracterización geoquímica de rocas	154
6.3. Objetivo específico 3: Establecer la influencia de los contaminantes en los receptores ambientales agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, flora y fauna en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay	160
6.3.1. Agua Superficial	160
6.3.2. Agua subterránea.....	171
6.3.3. Sedimento	180
6.3.4. Comunidades hidrobiológicas.....	180
6.3.5. Calidad de suelo.....	187
6.3.6. Flora	204
6.3.7. Fauna	220
6.3.8. Análisis multiespectral.....	280
7. DISCUSIÓN	298
7.1. Influencia del botadero de desmonte Suroeste.....	298
7.2. Influencia del botadero de desmonte Sur	317
7.3. Influencia del botadero de desmonte Este	350
8. CONCLUSIONES	381
Influencia del botadero de desmonte Suroeste	381
Influencia del botadero de desmonte Sur	383
Influencia del botadero de desmonte Este.....	384
9. ANEXOS	385
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	386

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1. Instrumentos de gestión ambiental de la unidad fiscalizable Quicay.....	22
Tabla 5.1. Guías y manuales de muestreo de material de componente minero a evaluar	31
Tabla 5.2. Ubicación de los puntos de muestreo de componente minero.	32
Tabla 5.3. Parámetros, métodos de análisis y cantidad de muestras para la caracterización de depósitos de desmonte, pad de lixiviación y tajo.....	33
Tabla 5.4. Protocolo de muestreo para el agua residual industrial	34
Tabla 5.5. Ubicación de muestreo de efluente y agua residual industrial.....	35
Tabla 5.6. Parámetros evaluados y métodos de análisis para la caracterización del agua residual industrial y efluente	36
Tabla 5.7. Guías empleadas en la tomografía de resistividad eléctrica	38
Tabla 5.8. Coordenadas de inicio y fin de cada línea de tomografía de resistividad eléctrica	39
Tabla 5.9. Parámetros de adquisición de tomografía de resistividad eléctrica.....	41
Tabla 5.10. Resistividad característica de distintos materiales.....	43
Tabla 5.11. Referencias empleadas para la caracterización geológica en el área de estudio	45
Tabla 5.12. Referencias empleadas para geoquímica en roca en el área de estudio.....	45
Tabla 5.13. Ubicación de puntos para caracterización geológica y muestreo de roca.....	46
Tabla 5.14. Parámetros y métodos de análisis de muestras para la caracterización geoquímica y mineralógica de roca	47
Tabla 5.15. Guías y protocolos de muestreo de agua superficial y agua subterránea.....	49
Tabla 5.16. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial.....	52
Tabla 5.17. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea.....	53
Tabla 5.18. Parámetros y métodos de análisis de las muestras de agua superficial	53
Tabla 5.19. Parámetros y métodos de análisis de las muestras de agua subterránea	54
Tabla 5.20. Cuerpos de agua ubicados en el área de estudio.....	55
Tabla 5.21. Componentes iónicos mayoritarios del agua	56
Tabla 5.22. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimento	57
Tabla 5.23. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento	58
Tabla 5.24. Parámetros evaluados y métodos de análisis de las muestras de sedimento	59
Tabla 5.25. Guías y protocolos de muestreo para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas.....	60
Tabla 5.26. Ubicación de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas	61
Tabla 5.27. Parámetros evaluados y métodos de análisis de comunidades hidrobiológicas	62
Tabla 5.28. Documentos técnicos usados durante el estudio de suelos	64
Tabla 5.29. Ubicación de los puntos de muestreo en Áreas de Potencial Interés (API)	67
Tabla 5.30. Ubicación de los puntos de muestreo en zonas control (Nivel de Fondo).....	71
Tabla 5.31. Parámetros y métodos de análisis en suelo.....	75
Tabla 5.32. Guías de referencia para el muestreo de flora (tejido vegetal)	77
Tabla 5.33. Ubicación de cuadrantes de evaluación de flora.....	78
Tabla 5.34. Ubicación de puntos de colecta de tejido vegetal	80
Tabla 5.35. Parámetros a evaluar en los grupos de flora silvestre	82
Tabla 5.36. Valores de comparación para la calidad de tejidos vegetales	85
Tabla 5.37. Guías de referencia para la evaluación de anfibios y reptiles.....	85
Tabla 5.38. Guías de referencia para la evaluación de aves	85
Tabla 5.39. Guías de referencia para la evaluación de mamíferos menores	86
Tabla 5.40. Guías de referencia para la evaluación de mamíferos menores	86
Tabla 5.41. Ubicación de las búsquedas por encuentro visual (VES)	89



Tabla 5.42. Ubicación de los transectos en hábitats acuáticos.....	90
Tabla 5.43. Ubicación de búsquedas libres	92
Tabla 5.44. Ubicación de las grabadoras de monitoreo acústico.....	92
Tabla 5.45. Coordenadas de ubicación de las redes de niebla para la evaluación de aves en el área de estudio	94
Tabla 5.46. Ubicación de transectos para la evaluación de mamíferos menores.	98
Tabla 5.47. Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa en los diferentes hábitats del área de estudio.	99
Tabla 5.48. Ubicación de sitios de toma de muestras de tejido sanguíneo.....	102
Tabla 5.49. Ubicación de sitios de muestreo para el uso de rastreadores satelitales	103
Tabla 5.50. Parámetros evaluados en los grupos de fauna.....	110
Tabla 5.51. Fórmulas de los modelos para las curvas de acumulación de especies	112
Tabla 5.52. Referencias para el levantamiento fotogramétrico y posicionamiento geodésico	115
Tabla 5.53. Ubicación Puntos de posicionamiento Geodésico	117
Tabla 5.54. Ubicación áreas de levantamiento aerofotogramétrico con RPAS*.....	118
Tabla 6.1. Análisis mineralógico por difracción de rayos X en material de componente minero de la U.F Quicay.....	139
Tabla 6.2. Características de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica ejecutadas en el ámbito de los botaderos de desmonte este, sur y suroeste de la unidad económica administrativa Quicay	140
Tabla 6.3. Análisis mineralógico por difracción de rayos X en las muestras RQ-01, RQ-03 y RQ-07	160
Tabla 6.4. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008.....	162
Tabla 6.5. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2008.....	162
Tabla 6.6. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008.....	162
Tabla 6.7. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2008.....	163
Tabla 6.8. Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008.....	164
Tabla 6.9. Resultados de parámetros evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.4-2008.....	165
Tabla 6.10. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015.....	166
Tabla 6.11. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2015.....	167
Tabla 6.12. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015.....	167
Tabla 6.13. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2015.....	168
Tabla 6.14. Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015.....	169
Tabla 6.15. Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.4-2015.....	171
Tabla 6.16. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008	171



Tabla 6.17. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008	172
Tabla 6.18. Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008	174
Tabla 6.19. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2015	176
Tabla 6.20. Resultados de parámetros evaluados en aguas subterránea comparados de manera referencial con los ECA para Agua Cat.3-2015.....	176
Tabla 6.21. Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2015	178
Tabla 6.22. Resultados de parámetros de granulometría y pH de sedimento.....	180
Tabla 6.23. Resultados de metales en sedimento en la UM Quicay comparados, referencialmente, con la guía canadiense	180
Tabla 6.24. Riqueza y abundancia de peces en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020.....	185
Tabla 6.25. Clasificación de parámetros edáficos en las áreas de nivel de fondo	188
Tabla 6.26. Valores de nivel de fondo y nivel de referencia determinados en el sector Pacoyán.....	189
Tabla 6.27. Clasificación de parámetros edáficos en las áreas de potencial interés	190
Tabla 6.28. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio	205
Tabla 6.29. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de <i>Calamagrostis</i> y suelos	217
Tabla 6.30. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de <i>Calamagrostis</i> y suelos	217
Tabla 6.31. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de <i>Plantago</i> y suelos	217
Tabla 6.32. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de <i>Plantago</i> y suelos	218
Tabla 6.33. Resultados de metales totales parte la parte aérea de <i>Calamagrostis</i> cf. <i>brevifolia</i>	218
Tabla 6.34. Resultados de metales totales parte la parte aérea de <i>Calamagrostis</i> cf. <i>tarmensis</i>	219
Tabla 6.35. Resultados de metales totales parte la parte aérea de <i>Plantago rigida</i>	219
Tabla 6.36. Resultados de metales totales parte la parte aérea de <i>Plantago tubulosa</i> ...	220
Tabla 6.37. Resultados de metales totales parte la parte aérea de <i>Dactilys glomerata</i> ...	220
Tabla 6.38. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de estudio	220
Tabla 6.39. Diversidad y esfuerzo de muestreo por zona de evaluación	224
Tabla 6.40. Diversidad y esfuerzo de muestreo por zona de evaluación	226
Tabla 6.41. Especies categorizadas según norma nacional y la UICN (2020), presentes en el área de estudio	228
Tabla 6.42. Promedios de la concentración de metales y cianuro en tejido de anfibios en la UF Quicay y la zona control	229
Tabla 6.43. Test de Mann-Whitney de la concentración de metales de la UF Quicay y la zona control	229
Tabla 6.44. Promedios de la concentración de metales y cianuro en tejido de anfibios por zonas de evaluación en la UF Quicay y la zona control	232
Tabla 6.45. Comparación de las concentraciones de metales y cianuro entre las especies <i>Pleurodema marmoratum</i> y <i>Gastrotheca peruana</i>	236



Tabla 6.46. Relación entre la concentración de metales detectados en tejido de anfibios y sedimento	238
Tabla 6.48. Acumulación de metales en especies de anfibios registrados en hábitats acuáticos.....	239
Tabla 6.48. Número de muestras colectadas por especie en el área de influencia de la UF Quicay y zona control	240
Tabla 6.49. Número de muestras de Passeriformes por componente minero y laguna Quicay.....	242
Tabla 6.50. Intervalos de confianza al 95% de metales analizados en plumas de Passeriformes en el área de estudio.....	244
Tabla 6.51. Intervalos de confianza al 95 % de metales analizados en plumas de <i>Cinclodes albiventris</i> en el área de estudio	246
Tabla 6.52. Peso y medidas morfométricas de individuos de <i>Cinclodes albiventris</i> capturados en el área de estudio	248
Tabla 6.53. Intervalos de confianza al 95 % de medidas morfométricas y peso de individuos de <i>Cinclodes albiventris</i> en el área de estudio	249
Tabla 6.54. Peso y medidas morfométricas de individuos de <i>Geositta cunicularia</i> capturados en el área de estudio.....	251
Tabla 6.55. Esfuerzo de muestreo en las zonas de evaluación.....	252
Tabla 6.56. Concentración de metales (mg/kg), cianuro (mgCN/kg) en mamíferos menores (roedores) en la UF Quicay y zona control con estadística descriptiva básica de metales	253
Tabla 6.57. Valores de la prueba de Mann-Whitney para la concentración de metales en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas) entre zonas de evaluación	256
Tabla 6.58. Promedios de la concentración de metales y cianuro en tejido de mamíferos menores por zonas de muestreo en la UF Quicay y la zona control.....	259
Tabla 6.59. Promedios y rangos de las concentraciones de metales y cianuro en <i>A. pictus</i> en las zonas de evaluación	260
Tabla 6.60. Promedios y rangos de las concentraciones de metales y cianuro en <i>A. juninensis</i> en las zonas de evaluación.....	263
Tabla 6.61. Concentraciones de metales y cianuro en el espécimen Mm-Qui-19 (<i>Calomys Lepidus</i>) registrado en la UF Quicay.....	267
Tabla 6.62. Registros independientes de mamíferos silvestres y domésticos registrados por las cámaras trampa en el área de estudio.....	269
Tabla 6.63. Valores del índice de similitud de Morisita entre las zonas de muestreo	272
Tabla 6.64. Especie de mamífero mayor comprendida en alguna categoría de conservación	274
Tabla 6.65. Número de muestras de sangre colectadas en el área de influencia del UF Quicay y sitio blanco.....	274
Tabla 6.66. Valores de la prueba de Mann-Whitney para la concentración de metales sangre de ovejas de la estancia Quicay	278
Tabla 6.67. Valores de la prueba de Mann-Whitney para la concentración de metales sangre de ovejas de la estancia Heredia.....	279
Tabla 6.68. Número de coordenadas de ubicación proporcionado por los rastreadores satelitales instalados en el área de influencia de la UF Quicay y sitio blanco	280
Tabla 6.69. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE.....	281
Tabla 6.70. Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-1....	282
Tabla 6.71. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-1 ..	283
Tabla 6.72. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE.....	285
Tabla 6.73. Información estadística de los índices de vegetación NDVI	286



Tabla 6.74. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-2 ..	287
Tabla 6.75. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE	288
Tabla 6.76. Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-3	289
Tabla 6.77. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-3 ..	290
Tabla 6.78. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE	292
Tabla 6.79. Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-4	293
Tabla 6.80. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-4 ..	294
Tabla 6.81. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE	295
Tabla 6.82. Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-5	296
Tabla 6.83. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-5 ..	297
Tabla 7.1. Comparación de la concentración de metales registrados en la UF Quicay por la presente evaluación versus las obtenidas del Upamayo, lago Chinchaycocha y la laguna Rucuscocha (Castillo, 2008)	324
Tabla 7.2. Concentración de metales en sedimento del río Quicay y en la rana <i>Telmatobius macrostomus</i>	325
Tabla 7.3. Comparación de valores de metales en tejido de mamíferos menores en los API-4, API-3 y zona control con valores de otros estudios.....	344
Tabla 7.4. Especies registradas en los estudios realizados en el área de influencia de la UM Quicay	374
Tabla 7.5. Rango de referencia de metales pesados en sangre de ovejas de las estancias Quicay y Heredia	377

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Proceso productivo en la unidad fiscalizable Quicay	22
Figura 4.1. Ubicación del área de estudio en el ámbito de la unidad fiscalizable Quicay.	27
Figura 5.1. Modelo conceptual que permite identificar las fuentes potenciales de contaminación, los mecanismos de transporte de contaminantes y los receptores en el área de estudio.....	29
Figura 5.2. Modelo conceptual (representación gráfica) que permite identificar las fuentes potenciales de contaminación, los mecanismos de transporte de contaminantes y los receptores en el área de estudio.....	30
Figura 5.3. Esquema de distribución de puntos de muestreo de material por componente minero.....	32
Figura 5.4. Puntos de muestreo de efluente y agua residual industrial.....	35
Figura 5.5. Componentes de campo de tomografía de resistividad eléctrica.....	38
Figura 5.6. Esquema de distribución de líneas de tomografía de resistividad eléctrica.....	39
Figura 5.7. Factores geológicos que incrementan o disminuyen la resistividad	44
Figura 5.8. Resistividad y conductividad característica de distintos materiales	44
Figura 5.9. Esquema de distribución de puntos de muestreo de roca	46
Figura 5.10. Distribución de puntos de muestreo de agua superficial (A) y subterránea (B)	51
Figura 5.11. Diagrama de Piper	56
Figura 5.12. Diagrama de Stiff parax agua	57
Figura 5.13. Ubicación de puntos de muestreo de sedimento	58
Figura 5.14. Ubicación de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas	60
Figura 5.15. Ubicación de puntos de muestreo de suelo.....	66
Figura 5.16. Esquema de distribución de puntos de muestreo de tejido vegetal	77
Figura 5.17. Esquema de distribución de puntos de muestreo de herpetología: a) por encuentro visual, y b) por transectos en hábitats acuáticos	88



Figura 5.18. Esquema de distribución de puntos de muestreo de aves.....	93
Figura 5.19. Esquema de distribución de puntos de muestreo de mamíferos menores	97
Figura 5.20. Esquema de distribución de puntos de muestreo de mamíferos mayores	99
Figura 5.21. Esquema de distribución de puntos de muestreo de tejido sanguíneo.....	102
Figura 5.22. Medidas morfométricas y condiciones fisiológicas que se medirán en aves capturadas. Dónde: A: protuberancia cloacal, B: parche de incubación, C: Cantidad de grasa, D: Osificación del cráneo, E: muda de ala, F: Longitud pico-narina, G: Longitud de tarso, H: Longitud de ala. Fuente: Ralph <i>et al.</i> (1996) y Pyle <i>et al.</i> (1987).	105
Figura 5.23. Transecto de trampas Sherman	106
Figura 5.24. Toma de medidas biométricas de roedores (Voss & Emmons 1996).	108
Figura 5.25. Esquemas de metodología del análisis multiespectral.....	115
Figura 5.26. Esquema de ubicación de áreas de levantamiento aerofotogramétrico con RPAS y de puntos de posicionamiento geodésico	116
Figura 5.27. a) Ortofoto RGB, b) NIR c) Red, d) Green y e) Red Edge	120
Figura 5.28. Índices NDRE y NDVI	121
Figura 6.1. Metales totales de material de componente en el botadero de desmonte Sur en a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza	125
Figura 6.2. Metales totales de material del botadero de desmonte Suroeste en a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza.....	126
Figura 6.3. Metales totales de material de componente en el tajo Quicay en a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza	127
Figura 6.4. Metales totales de material de componente en el botadero de desmonte Este en a) elemento mayores b) elemento menores y c) elementos traza.....	128
Figura 6.5. Metales totales de material de componente del pad de lixiviación en a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza.....	129
Figura 6.6. <i>Shake flask</i> aniones en material de componente del tajo Quicay, botadero de desmonte Sur, Suroeste, Este y pad de lixiviación.....	129
Figura 6.7. <i>Shake flask</i> metales en tajo Quicay en relación a los a) elementos mayores y b) elementos menores y c) elementos traza	130
Figura 6.8. <i>Shake flask</i> metales en el botadero de desmonte Sur en relación a los a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza.....	130
Figura 6.9. <i>Shake flask</i> metales en el depósito de Suroeste en relación a los a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza	131
Figura 6.10. <i>Shake flask</i> metales en el depósito de desmonte Este en relación a los a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza.....	132
Figura 6.11. <i>Shake flask</i> metales en el pad de lixiviación en relación a los a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza	132
Figura 6.12. Resultados de la prueba ABA según el primer criterio de evaluación en los componentes mineros de la UF Quicay	133
Figura 6.13. Resultados de la prueba ABA según el segundo criterio de evaluación en los componentes mineros de la UF Quicay	133
Figura 6.14. MEB en el tajo Quicay.....	134
Figura 6.15. MEB en el depósito de desmonte Suroeste	134
Figura 6.16. MEB en el pad de lixiviación	135
Figura 6.17. MEB en el botadero de desmonte Este	135
Figura 6.18. MEB en el depósito de desmonte Sur	136
Figura 6.19. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra T-02, correspondiente al tajo Quicay de la UF Quicay.....	136
Figura 6.20. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra BS-01, correspondiente al botadero de desmonte Sur de la UF Quicay.....	137



Figura 6.21. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra BW-03, correspondiente al botadero de desmonte Suroeste de la UF Quicay.....	137
Figura 6.22. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra BE-03, correspondiente al botadero de desmonte Este de la UF Quicay	138
Figura 6.23. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra P-01, correspondiente al pad de lixiviación de la UF Quicay	138
Figura 6.24. Ubicación de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica en los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste de la UF Quicay	140
Figura 6.25. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-01, L-02 y L-03.....	142
Figura 6.26. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-04, L-05, L-06, L-07, L-14	144
Figura 6.27. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-08, L-09 y L-15.....	146
Figura 6.28. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-10, L-11 y L-12.....	147
Figura 6.29. Línea de tomografía de resistividad eléctrica L-13.....	148
Figura 6.30. Ubicación y geología regional del área de estudio.....	149
Figura 6.31. Columna estratigráfica que muestra las unidades litoestratigráficas en el ámbito de la UF Quicay	150
Figura 6.32. Plano geológico local de UF Quicay	151
Figura 6.33. Depósitos cuaternarios que afloran hacia el oeste del depósito de desmonte Suroeste y tajo Quicay (A: cobertura vegetal; B y C: depósitos cuaternarios).....	151
Figura 6.34. Depósitos cuaternarios que afloran hacia el oeste del depósito de desmonte Suroeste (A: cobertura vegetal; B: depósito cuaternario).....	152
Figura 6.35. Afloramiento de rocas volcánicas porfiríticas ubicados hacia el sur del depósito de desmonte Suroeste (A: cobertura vegetal; B y C: depósitos cuaternarios)...	152
Figura 6.36. Afloramiento de depósitos biogénicos ubicados hacia el sur del depósito del Sur, Suroeste y Este.....	153
Figura 6.37. Afloramiento de depósito lacustre ubicado en la laguna Quicay.....	153
Figura 6.38. Afloramiento de rocas volcánicas porfiríticas ubicados hacia el sur del depósito de desmonte Sur, Suroeste y Este.....	154
Figura 6.39. Metales totales en depósitos cuaternarios de la UF Quicay en a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza	155
Figura 6.40. Metales totales en afloramiento rocoso de la UF Quicay en a) elementos mayores, b) elementos menores y c) elementos traza	155
Figura 6.41. Comparación de las concentraciones de elementos mayores, menores y traza de las muestras RQ-01 a RQ-07, comparados con los valores de corteza continental propuesta por Wedepohl (1984)	156
Figura 6.42. <i>Shake flask</i> aniones en la UF Quicay	156
Figura 6.43. <i>Shake flask</i> metales de elementos mayores en la UF Quicay correspondiente a las muestras RQ-01 a RQ-07.....	157
Figura 6.44. <i>Shake flask</i> metales de elementos traza en la UF Quicay correspondiente a las muestras de a) depósitos cuaternarios (RQ-01 y RQ-04) y b) afloramientos rocosos (RQ-03, RQ-05, RQ-06 y RQ-07).....	157
Figura 6.45. Prueba ABA en la UF Quicay correspondiente a las muestras RQ-01, RQ-03, RQ-04, RQ-05, RQ-06 y RQ-07, según el primer (a-b) y segundo criterio (c-d).....	158
Figura 6.46. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra RQ-03 de la UF Quicay.....	158
Figura 6.47. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra RQ-05 de la UF Quicay.....	159
Figura 6.48. Estudio petrominerográfico por microscopía óptica de la muestra RQ-05 en la UF Quicay. a) Vista macroscópica de roca porfirítica con alteración argílica avanzada, y b) vista microscópica de roca porfirítica con matriz completamente reemplazada por	



agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II), con cristales de zircón (zir), alunita (aln) y goethita (goe) entre sus intersticios	159
Figura 6.49. Estudio petrominerográfico por microscopía óptica de la muestra RQ-05 en la UF Quicay. a) Vista macroscópica de toba con alteración argílica avanzada, y b) vista microscópica de roca con fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I); en una matriz reemplazada completamente por agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II), posteriormente invadida por cristales de alunita (aln) y por agregados microescamosos de pirofilita (prf).....	160
Figura 6.50. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos según orden taxonómico en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020	181
Figura 6.51. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos según orden taxonómico en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020.....	182
Figura 6.52. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') de macroinvertebrados bentónicos según orden taxonómico en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020	182
Figura 6.53. Riqueza del perifiton (microalgas) según phylum en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020	183
Figura 6.54. Abundancia del perifiton (microalgas) según phylum en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020.....	184
Figura 6.55. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') del perifiton (microalgas) según phylum en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020	184
Figura 6.56. Riqueza del fitoplancton en la laguna Quicay de la UF Quicay, octubre 2020	186
Figura 6.57. Abundancia del fitoplancton en la laguna Quicay de la UF Quicay, octubre 2020.....	186
Figura 6.58. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') del fitoplancton en la laguna Quicay de la UF Quicay, octubre 2020	187
Figura 6.59. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, por punto de muestreo en el API-1, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este)	191
Figura 6.60. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-44 del API-1.....	192
Figura 6.61. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, por punto de muestreo en el API-2, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este y planta de tratamiento de aguas ácidas NCD)	193
Figura 6.62. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, cadmio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-33 del API-2	194
Figura 6.63. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, por punto de muestreo en el API-3, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este y poza de sedimentación PS-SUR-07)	195
Figura 6.64. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-26 del API-3.....	196
Figura 6.65. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, por punto de muestreo en el API-4, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Sur y pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02)	197



Figura 6.66. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, cadmio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-14 del API-4	198
Figura 6.67. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, por punto de muestreo en el API-5, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Suroeste)	199
Figura 6.68. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, cadmio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-04 del API-5	200
Figura 6.69. Concentraciones de a) arsénico y b) plomo, por punto de muestreo en el API-6, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este).....	201
Figura 6.70. Concentraciones de a) arsénico y b) plomo, por punto de muestreo en el API-7, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Suroeste)	202
Figura 6.71. Concentraciones de a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, por punto de muestreo en el API-8, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Sur)	203
Figura 6.72. Concentraciones de a) arsénico y b) plomo, por punto de muestreo en el API-9, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este).....	204
Figura 6.73. Porcentaje de especies por Clase registrado en el área de estudio	205
Figura 6.74. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio	206
Figura 6.75. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 3 % de especies registradas en el área de estudio	206
Figura 6.76. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio	207
Figura 6.77. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio	207
Figura 6.78. Número de especies, géneros y familias presentes en las formaciones vegetales en el área de estudio	208
Figura 6.79. Media de la cobertura por área de potencial interés evaluado en el área de estudio	208
Figura 6.80. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-1	209
Figura 6.81. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-2	209
Figura 6.82. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API - 3	210
Figura 6.83. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API - 4	210
Figura 6.84. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-5	211
Figura 6.85. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-6	211
Figura 6.86. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-7	212
Figura 6.87. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-8	212
Figura 6.88. Concentración de metales (mg/kg) registrados en <i>Calamagrostis</i> cf. <i>Brevifolia</i>	213
Figura 6.89. Concentración de metales (mg/kg) registrados en <i>Calamagrostis</i> cf. <i>tarmensis</i>	214
Figura 6.90. Concentración de metales (mg/kg) registrados en <i>Plantago tubulosa</i> (Pla-tub) y <i>P. rigida</i> (Pla-rig).....	215
Figura 6.91. Concentración de metales (mg/kg) registrados en <i>Dactilys glomerata</i>	216
Figura 6.92. Curva de acumulación de especies	222
Figura 6.93. Abundancia relativa de especies en la UF Quicay y la Zona Control	223



Figura 6.94. Abundancia relativa de especies por zona de evaluación en la UF Quicay	224
Figura 6.95. Diversidad de anfibios (números de Hill, $q = 0, 1$ y 2) en el área de estudio	225
Figura 6.96. Diversidad de anfibios (números de Hill, $q = 0, 1$ y 2) en las zonas de evaluación de la UF Quicay	226
Figura 6.97. Dendrogramas de similaridad de la comunidad de anfibios por zonas de evaluación en el área de estudio	227
Figura 6.98. Comparación de concentración de metales y cianuro ente la UF Quicay y la zona control	231
Figura 6.99. Comparación de la concentración de metales y cianuro entre las zonas de evaluación de la UF Quicay (zona I, zona III, zona IV, zona, V) y la zona control (C).....	233
Figura 6.100. Análisis multivariados de las concentraciones de metales en anfibios en la UF Quicay y la zona control. A) ACP y B) Análisis clúster	235
Figura 6.101. Comparación de las concentraciones de metales y cianuro entre las especies capturadas en la UF Quicay y la zona control.....	237
Figura 6.102. Concentración de metales (mg/kg) en plumas por especie en el área de influencia de la UF Quicay y zona control.....	241
Figura 6.103. Concentración de metales en plumas de Passeriformes (mg/kg) por componente minero y laguna Quicay.....	243
Figura 6.104. Media e intervalos de confianza al 95 % de metales analizados en plumas de Passeriformes en el área de estudio.....	245
Figura 6.105. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en plumas de Passeriformes.....	246
Figura 6.106. Media e intervalos de confianza al 95 % de metales analizados en plumas de <i>Cinclodes albiventris</i> en el área de estudio	247
Figura 6.107. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en plumas de <i>Cinclodes albiventris</i>	248
Figura 6.108. Media e intervalos de confianza al 95 % de medidas morfométricas y peso de individuos de <i>Cinclodes albiventris</i> en el área de estudio	249
Figura 6.109. Concentración de metales (mg/kg) en plumas de <i>Geositta cunicularia</i>	250
Figura 6.110. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en plumas de <i>Geositta cunicularia</i>	251
Figura 6.111. Peso y medidas morfométricas de individuos de <i>Geositta cunicularia</i> capturados en el área de estudio.....	252
Figura 6.112. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores por especie en el área de influencia de la UF Quicay y zona control.....	255
Figura 6.113. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas) por zona de evaluación	257
Figura 6.114. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas).....	258
Figura 6.115. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de <i>A. pictus</i> por zona de evaluación.....	261
Figura 6.116. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en tejidos de <i>Auliscomys pictus</i>	262
Figura 6.117. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de <i>A. juninensis</i> por zona de evaluación.....	264
Figura 6.118. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en tejidos de <i>Auliscomys pictus</i>	265
Figura 6.119. Relación entre la concentración de metales detectados en tejido de mamíferos menores (roedores) y suelo	266



Figura 6.120. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos del espécimen Mm-Qui-19 (<i>Calomys lepidus</i>) registrado en el API-3 de la UF Quicay	267
Figura 6.121. Número de registros independientes de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de influencia de la UF Quicay	268
Figura 6.122. Registros independientes, diversidad y abundancia de mamíferos mayores registrados por las cámaras por zona de muestreo.....	270
Figura 6.123. Diversidad y abundancia de mamíferos registrados por las cámaras trampa en la UF Quicay	271
Figura 6.124. Dendrograma de similitud de Morisita entre las zonas de muestreo	273
Figura 6.125. Curva de acumulación de especies de mamíferos mayores en la UF Quicay	273
Figura 6.126. Diagrama de cajas y bigotes de la concentración de metales (mg/kg) en sangre de ovejas de la UF Quicay y sitio blanco	276
Figura 6.127. Concentración de metales (mg/kg) en sangre de ovejas del sitio blanco y las estancias Quicay y Heredia.....	277
Figura 6.128. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-1.....	281
Figura 6.129. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal bofedal con césped de Puna del API 01.....	282
Figura 6.130. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI.....	283
Figura 6.131. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.....	284
Figura 6.132. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-2.....	285
Figura 6.133. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal bofedal con césped de Puna del API-2.....	286
Figura 6.134. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.....	286
Figura 6.135. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.....	287
Figura 6.136. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-3.....	288
Figura 6.137. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal Pajonal con parches de césped de Puna del API-3.....	289
Figura 6.138. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal Pajonal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI.....	290
Figura 6.139. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal Pajonal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.....	291
Figura 6.140. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-4.....	292
Figura 6.141. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal césped de puna del API-4.....	293



Figura 6.142. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI	294
Figura 6.143. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.....	294
Figura 6.144. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-5.....	295
Figura 6.145. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal bofedal con parches de césped de puna del API- 05.....	296
Figura 6.146. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal Bofedal con parches de césped de puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI.....	296
Figura 6.147. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.....	297
Figura 7.1. Esquema de ubicación de puntos de muestreo en componente minero, roca, agua superficial, agua subterránea y agua residual industrial	298
Figura 7.2. Plano de ubicación de la poza de sedimentación (ARI-12).....	299
Figura 7.3. Diagrama de Piper de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea.....	300
Figura 7.4. Concentraciones de sulfatos y calcio en agua superficial, agua residual industrial comparados con la roca y los botaderos.....	301
Figura 7.5. Diagrama de Stiff de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea.....	302
Figura 7.6. Línea tomográfica L-13	303
Figura 7.7. a: Poza ubicada en el API-5, b: oveja (<i>Ovis aries</i>) registrada en la fase de campo, c: oveja (<i>Ovis aries</i>), d: alpaca (<i>Vicugna pacos</i>), registrados con la cámara trampa CT-PASCO-04, y e: oveja (<i>Ovis aries</i>) y f: comadreja (<i>Mustela frenata</i>) registrados con la cámara trampa CT-PASCO-03	304
Figura 7.8. a: Imagen panorámica del ARI-12, donde el rectángulo rojo indica la ubicación en el que se observó al individuo de <i>Cinclodes albiventris</i> forrajeando, y b: individuo de <i>Cinclodes albiventris</i> forrajeando en el ARI-12.....	305
Figura 7.9. Individuo de <i>Gallinago andina</i> captado con la cámara trampa CT-PASCO-03, forrajeando en el ARI 12	306
Figura 7.10. <i>Rhinella spinulosa</i> , individuo muerto en el borde derecho del canal de coronación, 80 m aguas abajo del ARI-12.....	307
Figura 7.11. Imagen RGB tomado con un drone Phantom 4 Pro V2.0, a una altura de vuelo de 80 m y con una resolución de 7 cm/pixel en el API-5	307
Figura 7.12. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico b) cadmio y c) plomo, en el API-5, botadero de desmonte Suroeste y afloramiento rocoso.....	308
Figura 7.13. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-5.....	309
Figura 7.14. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) manganeso, e) plomo y f) antimonio en el API-5.....	310
Figura 7.15. Fotografía aérea del API-5, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal	311
Figura 7.16. Concentración de metales obtenidos en <i>Plantago tubulosa</i> y <i>Calamagrostis</i> cf. <i>brevifolia</i> del API-5 y sitio control	312
Figura 7.17. Valores en escala logarítmica de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc del punto QTV01, en relación a los niveles normales y de toxicidad según Fasani (2012)	313



Figura 7.18. Comparación de las concentraciones de metales en plumas de Passeriformes capturados en zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste con los límites de toxicidad referencial para aves	314
Figura 7.19. Esquema de ubicación de puntos de muestreo en componente minero, roca, agua superficial, agua subterránea y agua residual industrial	317
Figura 7.20. Subdrenes de los componentes del área de influencia de la UF Quicay.....	317
Figura 7.21. Plano de ubicación de las pozas de sedimentación (ARI-01, ARI-03 y ARI-02)	318
Figura 7.22. Diagrama de Piper de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea.....	319
Figura 7.23. Diagrama de Stiff de agua superficial, agua residual industrial y piezómetros	320
Figura 7.24. Líneas tomográficas L-10, L-11 y L-12 en 3D	321
Figura 7.25. Líneas tomográficas (L-12, L-11 y L-10).....	322
Figura 7.26. Especímenes de <i>Telmatobius macrostomus</i> registrados en el río Quicay. A) Metamorfo muerto (estadio desarrollo 44), B) Larva (estadio desarrollo 36), y C) Transecto de evaluación Qui-He-T2 (Rquic7).....	323
Figura 7.27. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-3, botadero de desmonte Sur y afloramiento rocoso	327
Figura 7.28. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-3	328
Figura 7.29. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) cromo, e) níquel y f) plomo en el API-3.....	329
Figura 7.30. Poza PS-SUR-07 y filtraciones del límite de los botaderos Sur y Este (ARI-03)	330
Figura 7.31. a: Vista de la zona (API-3) donde se ubican los puntos SU-19 y SU-20 y b: punto de muestreo SU-19 a escasos metros del canal de coronación sur	331
Figura 7.32. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-4, botadero de desmonte Sur y afloramiento rocoso	332
Figura 7.33. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en API-4.....	333
Figura 7.34. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) cromo, e) níquel y f) plomo en el API-4.....	334
Figura 7.35. Registro fotográfico de afectación visible sobre el suelo en el punto de muestreo SU-11 del API-4	335
Figura 7.36. a) Poza de sedimentación PS-SUR-01 sin recubrimiento de geomembrana, y b) canal de coronación sur	336
Figura 7.37. Fotografía aérea del API-4, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal	336
Figura 7.38. Concentración de metales obtenidos en <i>Plantago rigida</i> , <i>Calamagrostis</i> cf. <i>brevifolia</i> y <i>Calamagrostis</i> cf. <i>tarmensis</i> del API-4 y sitio control	338
Figura 7.39. Fotografía aérea del API-3, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal	339
Figura 7.40. Concentración de metales obtenidos en <i>Calamagrostis</i> cf. <i>tarmensis</i> del API-3 y sitio control.....	340
Figura 7.41. Concentración de metales obtenidos en <i>Dactylis glomerata</i> de los botaderos de desmonte Suroeste, Sur y Este	341
Figura 7.42. Individuos muertos encontrados durante la evaluación. A) <i>Calomys lepidus</i> encontrado en el API-3, B) <i>Calomys lepidus</i> encontrado en el API-3 (Mm-Qui-19), C)	



<i>Calomys lepidus</i> encontrado en el API-4, D) <i>Calomys lepidus</i> encontrado en el API-4, E) vista panorámica del API-3, y F) vista panorámica del API-4.....	342
Figura 7.43. a) Zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>) y b) añás o zorrino (<i>Conepatus chinga</i>) registrados con la cámara trampa CT-PASCO-17.....	343
Figura 7.44. Concentración de plomo (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de <i>Calomys lepidus</i>) respecto al límite de toxicidad umbral	345
Figura 7.45. Concentración de arsénico (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores de los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de <i>Calomys lepidus</i>) respecto al límite de toxicidad umbral	346
Figura 7.46. Concentración de cadmio (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores de los componentes en la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de <i>Calomys lepidus</i>) respecto al límite de toxicidad umbral	346
Figura 7.47. Concentración de cobre (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de <i>Calomys lepidus</i>) respecto al límite de toxicidad umbral	347
Figura 7.48. Concentración de zinc (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de <i>Calomys lepidus</i>) respecto al límite de toxicidad umbral	348
Figura 7.49. Comparación de las concentraciones de metales en plumas de Passeriformes capturados en zona aledaña al botadero de desmonte Sur con los límites de toxicidad referencial para aves	349
Figura 7.50. Esquema de ubicación de puntos de muestreo en componente minero, roca, agua superficial, agua subterránea y agua residual industrial	350
Figura 7.51. Subdrenes de los componentes del área de influencia de la UF Quicay.....	351
Figura 7.52. Plano de ubicación de las pozas de sedimentación.....	352
Figura 7.53. Diagrama de Piper de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea.....	353
Figura 7.54. Diagrama de STIFF de agua superficial, agua residual industrial y piezómetros	354
Figura 7.55. Líneas tomográficas L-04, L-05, L-06, L-07 y L-14	355
Figura 7.56. Líneas tomográficas L-4, L-5, L-6, L-7 y L-14 en 3D.....	356
Figura 7.57. Líneas tomográficas L-01, L-02 y L-03.....	357
Figura 7.58. Líneas tomográficas L-01, L-02 y L-03 en 3D	358
Figura 7.59. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-2, botadero de desmonte Este y afloramiento rocoso	359
Figura 7.60. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-2.....	360
Figura 7.61. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) plomo, d) hierro, e) cobre y f) manganeso en el API-2	361
Figura 7.62. Vista de la zona (API-2) donde se ubica el punto SU-29 a escasos metros del canal de coronación sur	362
Figura 7.63. Calicata en el punto SU-37 del API-2	362
Figura 7.64. Planta NCD y Poza de sedimentación ubicadas en las imágenes de variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-2..	363
Figura 7.65. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-1, botadero de desmonte Este y afloramiento rocoso	364
Figura 7.66. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-1.....	365



Figura 7.67. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) cromo, e) níquel y f) plomo en el API-1.....	366
Figura 7.68. Fotografía aérea del API-1, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal	367
Figura 7.69. Concentración de metales obtenidos en <i>Plantago rigida</i> del API-1 y sitio control	368
Figura 7.70. Valores en escala logarítmica de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc de los puntos QTV-11 y QTV-12, en relación a los niveles normales y de toxicidad según Fasani (2012)	369
Figura 7.71. Fotografía aérea del API-2, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal	370
Figura 7.72. Concentración de metales obtenidos en <i>Plantago rigida</i> , <i>Calamagrostis</i> cf. <i>brevifolia</i> y <i>Calamagrostis</i> cf. <i>tarmensis</i> del API-2 y sitio control	372
Figura 7.73. Valores en escala logarítmica de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc de los puntos QTV13 y QTV15 en relación a los niveles normales y de toxicidad según Fasani (2012)	374
Figura 7.74. a) Alpaca (<i>Vicugna pacos</i>), b) conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), c) zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>), y d) añás o zorrino (<i>Conepatus chinga</i>), todos registrados por la cámara trampa CT-PASCO-17	375
Figura 7.75. a) y b) Toma de muestra de sangre de oveja (<i>Ovis aries</i>) e instalación de rastreadores satelitales en la estancia Quicay, y c) y d) toma de muestra de sangre de oveja (<i>Ovis aries</i>) e instalación de rastreadores satelitales en la estancia Heredia	376
Figura 7.76. Concentración de ubicación de las ovejas marcadas con rastreadores satelitales de la estancia Heredia	378
Figura 7.77. Concentración de ubicación de las ovejas marcadas con rastreadores satelitales de la estancia Quicay.....	379
Figura 7.75. Concentración de cadmio (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-24, respecto al límite de toxicidad umbral	380
Figura 7.79. Comparación de las concentraciones de metales en plumas de Passeriformes capturados en zona aledaña al botadero de desmonte Este con los límites de toxicidad referencial para aves	381



1. INTRODUCCIÓN

La unidad fiscalizable Quicay (en adelante, UF Quicay) de Corporación Minera Centauro S.A.C. (en adelante, CENTAURO), se ubica en la comunidad campesina Santa Ana de Pacoyan, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco. La propiedad minera del área denominada Quicay fue originalmente explorada por metales básicos durante la década de 1960, por las empresas Kennecott Copper Corporation y Hunting Survey Corporation. Entre 1993 y 1996 el nuevo titular, Centromin Perú S.A., exploró el lugar por oro, y en 1996, la empresa Minera Coribarrick, subsidiaria de Barrick Gold Corporation, tomó una opción sobre el yacimiento y la exploró hasta 1998, año en el que liberó la obligación y el yacimiento retornó a Centromin Perú S.A. En febrero de 2000, CENTAURO adquiere en forma definitiva la propiedad de las concesiones que comprenden el yacimiento.

La unidad fiscalizable Quicay realizó operaciones de extracción de oro a tajo abierto desde 2002 hasta 2011, y actualmente se encuentra reprocesando mineral en su pad de lixiviación; no obstante, efectuó labores de cierre en algunos de sus componentes (botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste). Asimismo, los componentes mineros de la mencionada unidad fiscalizable son percibidos por la sociedad civil como los principales agentes de contaminación del agua, aire, suelo, sedimentos, flora y fauna afectando al ambiente y la salud de las personas.

En tal sentido, la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), mediante memorando N.º 00670-2020-OEFA/DSEM, solicitó a la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) efectuar acciones de evaluación ambiental de causalidad en las unidades fiscalizables comprendidas en el ámbito de la subcuenca del río San Juan, que incluye la unidad fiscalizable Quicay.

La presente evaluación ambiental de causalidad (en adelante, EAC) tiene por objetivo determinar la influencia de los botaderos Este, Sur y Suroeste, pad de lixiviación (6 fases) y tajo Quicay en los receptores ambientales del área de influencia de la unidad fiscalizable Quicay; para lo cual se realizó la EAC en agosto y octubre de 2020; 2 muestreos de tomografía, agua residual industrial y agua subterránea en agosto y octubre de 2020 y un muestreo de sedimento, comunidades hidrobiológicas, flora, fauna, caracterización geológica y de componentes mineros en octubre 2020. Asimismo, la EAC consideró un estudio multispectral en los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay, pad de lixiviación (6 fases) e instalaciones auxiliares, que se encuentran ubicados en la unidad fiscalizable Quicay.

La información de la presente EAC constituirá un soporte técnico para las acciones de supervisión y fiscalización ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

2. ANTECEDENTES

La unidad fiscalizable Quicay se ubica políticamente en el distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, administrada por Corporación Minera Centauro S.A.C., realizó actividades de explotación de un yacimiento aurífero a tajo abierto desde el 2002¹ hasta el 31 de julio de 2011, luego realizó actividades de cierre progresivo², y adicionalmente, actividades de exploración en la zona; descubriendo en marzo de 2012 un yacimiento de Cu-Au, abriéndose así la posibilidad de continuar sus operaciones. Actualmente, se

¹ Resolución Directoral N.º 337-2001-EM/DGAA, que aprobó el EIA del Proyecto Aurífero Quicay.

² Expediente N.º 2186262 del 2 de mayo de 2012. Finalización de operaciones en el tajo Quicay (julio de 2011).



encuentra realizando actividades de reprocesamiento de rípios en los pad de lixiviación (6 fases)³. El estado actual de los principales componentes mineros es el siguiente:

El tajo Quicay, que inicialmente se planteó llenarlo con agua pluvial, fue cambiado por el relleno con rípios de desmonte trasladados del pad de lixiviación⁴.

Las instalaciones como pilas de lixiviación, planta de procesos, planta de detoxificación de soluciones cianuradas e instalaciones auxiliares, son utilizadas en el reprocesamiento de rípios, para lo cual se construyeron 2 canchas de transferencia temporal, se implementó una chancadora móvil y se habilitó un depósito de *top soil*. Según el Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Quicay⁵, el reprocesamiento de rípios comprende 5 años (enero 2017-diciembre 2021), el cierre progresivo un año (enero 2021- diciembre 2021), el cierre final 2 años (enero 2022-diciembre 2023) y el poscierre 5 años (enero 2024-diciembre 2028).

La unidad fiscalizable Quicay cuenta con 3 botaderos de desmonte: Este (51,61 ha y 16017705 m³), Suroeste (23,27 ha y 4157114 m³) y Sur⁶ (26,46 ha y 2450200 m³), en los cuales se realizaron trabajos de cierre (estabilidad física, geoquímica, hidrológica y biológica), y actualmente se encuentran revegetados, en etapa de poscierre (mantenimiento y monitoreo); además, se señala el potencial de generación de drenaje ácido⁷.

En el sistema de drenaje de los botaderos⁸, las aguas pluviales son captadas por los canales de colección y derivación hacia el canal de coronación zona sur, que transporta el agua a la planta de tratamiento NCD⁹, para su posterior vertimiento. Al norte del botadero Este, se cuenta con un sistema de subdrenaje, cuyas aguas descargan en la planta de tratamiento SF-NE1¹⁰, y posteriormente al río Blanco. Asimismo, presenta un sistema de drenaje del lado norte de la unidad minera (donde se encuentra las canchas de transferencia 1 y 2, y el área circundante al pad), cuyas aguas son captadas por el canal de coronación norte y son transportadas al punto de evacuación E-NE.

En el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay se realizó diferentes estudios e intervenciones relacionados a la calidad ambiental; así mismo, se procedió a identificar las actividades extractivas y productivas del administrado, con la recopilación, revisión, y síntesis de la información ambiental existente en el área.

Actualmente, se viene realizando el reprocesamiento de rípios en las pilas del pad de lixiviación¹¹ (6 fases), de todo el material almacenado (20762715,444 TM) solo el 10 %

³ Informe Técnico Sustentatorio para el reprocesamiento de rípios de mineral ubicados en los Pads de Lixiviación (6 fases) de la Unidad Minera Quicay, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 129-2016-SENACE/DCA.

⁴ Actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay aprobado mediante Resolución Directoral N.° 228-2019-MEM-DGAAM

⁵ Tercera Modificación del cronograma de Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Quicay, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 045-2018-MEM/DGAAM

⁶ Botadero de Desmonte Relleno Tajo Sur está constituido por el área del tajo Sur que fue rellenado con los desmontes provenientes del tajo Norte.

⁷ Actualización del Plan de Cierre de Mina U.M. Quicay, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 228-2019-MEM-DGAAM. Capítulo II: Componentes del cierre. Sección 2.1.3.1: Potencial de generación de drenaje ácido.

⁸ Resolución Directoral N.° 082-2018-ANA-DCERH. Frecuencia de monitoreo mensual. Norma de comparación Decreto Supremo N.° 010-2010-MINAM, además del caudal y volumen mensual acumulado.

⁹ Planta de neutralización del Tipo NCD: Neutralización y Coagulación Dinámica

¹⁰ SF-NE1: Sedimentador Final al Nor Este de la mina

¹¹ Informe Técnico Sustentatorio para el reprocesamiento de rípios de mineral ubicados en los Pads de Lixiviación (6 fases) de la Unidad Minera Quicay, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 129-2016-SENACE/DCA.

como máximo será relixiviado en el pad¹², las etapas que comprenden este reprocesamiento se muestran en la Figura 2.1.

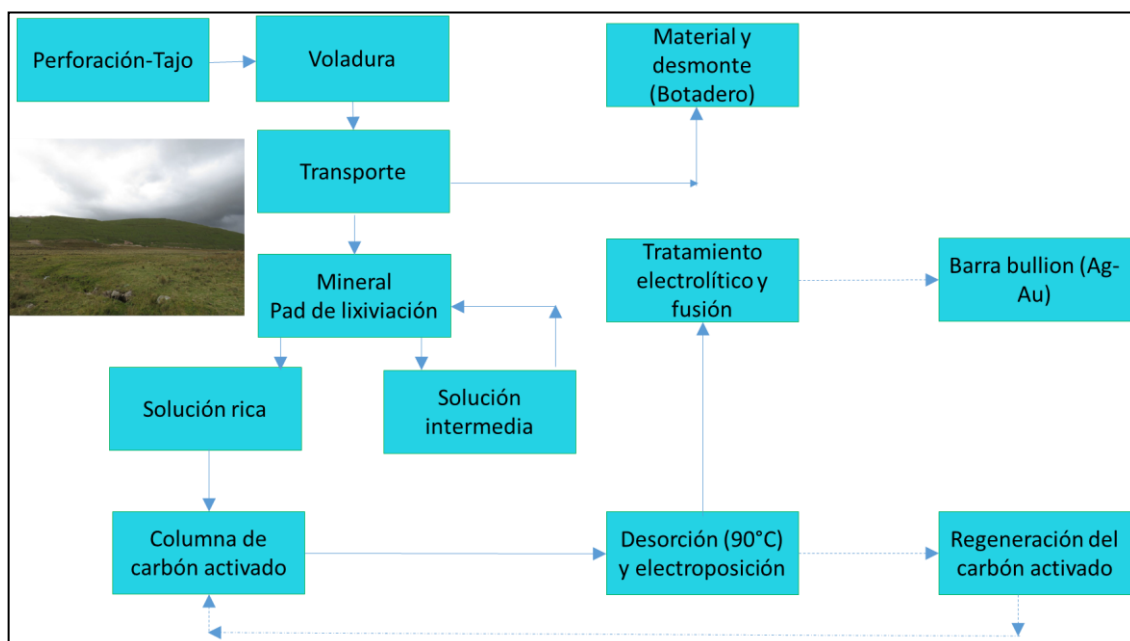


Figura 2.1. Proceso productivo en la unidad fiscalizable Quicay

La recuperación de metales valiosos se realiza en la planta de procesos, mediante el método de adsorción sobre carbón activado, desorción, electrodeposición y fusión del Bullion de oro y plata (Doré).

La U.F. Quicay, a la fecha cuenta con una serie de instrumentos de gestión ambiental (IGA) aprobados, los cuales se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Instrumentos de gestión ambiental de la unidad fiscalizable Quicay

N.º	Título del IGA	Número de la resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Aurífero Quicay	R.D. N.º 337-2001-EM/DGAA	24 de octubre de 2001	Ministerio de Energía y Minas
2	Plan de Cierre de Minas de la UEA Quicay	R.D. N.º 204-2009-MEM/DGAAM	9 de julio de 2009	Ministerio de Energía y Minas
3	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la UEA Quicay	R.D. N.º 219-2011-MEM/AAM	12 de julio de 2011	Ministerio de Energía y Minas
4	Actualización del Plan de Cierre de Mina de la Unidad Minera Quicay	R.D. N.º 046-2013-MEM/AAM	15 de febrero de 2013	Ministerio de Energía y Minas
5	Informe Técnico Sustentatorio de Modificación de la Unidad Minera Quicay para el desarrollo de actividades de exploración	R.D. N.º 257-2013-MEM/AAM	17 de julio de 2013	Ministerio de Energía y Minas
6	Informe Técnico Sustentatorio para Reubicación de Plataformas de Perforación en el Desarrollo de Actividades de Exploración de la Unidad Minera Quicay	R.D. N.º 035-2014-MEM/AAM	20 de enero de 2014	Ministerio de Energía y Minas
7	Primera Modificación del cronograma de Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Quicay	R.D. N.º 126-2014-MEM/AAM	14 de marzo de 2014	Ministerio de Energía y Minas
8	Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación de Cronograma para Actividades de Exploración de la	R.D. N.º 504-2014-MEM-DGAAM	3 de octubre de 2014	Ministerio de Energía y Minas

¹²

El 90 % no seleccionado será transportado directamente al tajo para el relleno.



N.º	Título del IGA	Número de la resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
	Unidad Minera Quicay			
9	Segunda Modificación del cronograma de Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Quicay	R.D. N.º 075-2015-MEM/AAM	3 de febrero de 2015	Ministerio de Energía y Minas
10	Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación de frecuencia de monitoreo y reporte de calidad de agua y aire	R.D. N.º 216-2015-MEM/DGAAM	22 de mayo de 2015	Ministerio de Energía y Minas
11	Informe Técnico Sustentatorio para la reubicación de plataformas de perforación en el desarrollo de actividades de exploración	R.D. N.º 091-2016-MEM/DGAAM	30 de marzo de 2016	Ministerio de Energía y Minas
12	Informe Técnico Sustentatorio para el reprocesamiento de rípios de mineral ubicados en los Pads de Lixiviación (6 fases) de la Unidad Minera Quicay	R.D. N.º 129-2016-SENACE/DCA	14 de diciembre de 2016	Senace
13	Tercera Modificación del cronograma de Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Quicay	R.D. N.º 045-2018-MEM/DGAAM	20 de marzo de 2018	Ministerio de Energía y Minas
14	Quinto Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la UEA Quicay	R.D. N.º 0104-2018-SENACE-JEF/DEAR	13 de julio de 2018	Senace
15	Actualización del Plan de Cierre de Mina U.M. Quicay	R.D. N.º 228-2019-MEM-DGAAM	23 de diciembre de 2019	Ministerio de Energía y Minas

DGAAM: Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas.

Senace: Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles.

R.D.: Resolución Directoral

En la descripción de la caracterización de los componentes mineros se indica que el tajo Quicay y los botaderos de desmonte Este, Suroeste y Sur, tienen la capacidad de generar drenaje ácido, pudiendo liberar algunos metales como aluminio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc, entre otros. Además, dichos botaderos poseen similares composiciones mineralógicas (argílica, sílice masiva, argílico piritoso, propilítico y cuarzo caolín)¹³.

Corporación Minera Centauro S.A.C. presentó un informe de identificación de sitios contaminados de la unidad minera Quicay al Ministerio de Energía y Minas¹⁴, en el cual se señala excedencias de arsénico en los puntos SU-03 y SU-04 correspondientes a valores históricos (nivel de fondo), relacionados a las condiciones naturales y la mineralogía del suelo del área de estudio. Asimismo, no se registró evidencia de áreas con suelos contaminados, ni concentraciones de parámetros orgánicos e inorgánicos en los puntos de muestreo de identificación y nivel de fondo que hayan superado los ECA-Suelo para la categoría Comercial/Industrial/Extractivo.

La Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) realizó una evaluación ambiental¹⁵ en el área de estudio donde se evaluaron los componentes de agua, sedimentos, suelos y comunidades hidrobiológicas. Los resultados en la laguna Quicay (AG-LAO-03) mostraron un potencial de hidrógeno alcalino (9,39 unidades de pH), concentraciones de DBO₅ (8,9 mg/L) y nitrógeno amoniacal (0,161 mg/L) que superaron el ECA para agua Cat. 4, Decreto

¹³ Hydrogeological & Geotechnical Solutions Peru S.A. (2009). Estudio geoquímico de generación de drenaje ácido, mina Quicay. Preparado para Chancadora Centauro S.A.C. Anexo 1. Capítulo II – PdC. Pruebas de lixiviación TCLP y SPLP. Plan de Cierre de Minas de la UEA Quicay aprobado mediante Resolución Directoral N.º 204-2009-MEM/DGAAM

¹⁴ Informe de identificación de sitios contaminados de la unidad minera Quicay con Resolución Directoral N.º 027-2018-MEM-DGAAM y fecha 15 de febrero de 2018.

¹⁵ Evaluación Ambiental de la Cuenca del Río San Juan – 2015. Informe N.º 034-2015-OEFA-DE-SDCA-CEAI. Fechas de evaluación: 19/03/2015 al 31/03/2015, 05/06/2015 al 12/06/2015 y 02/09/2015 al 10/09/2015.



Supremo N.º 002-2008-MINAM. El sedimento, en el punto SD-LAO-03 de la laguna Quicay, registró concentraciones de arsénico, cadmio y cobre que excedieron la norma canadiense CEQG, 2002. El suelo (SU-11), cerca de la Corporación Minera Centauro S.A.C., presentó cianuro libre y cromo VI que superaron los ECA para suelos de uso agrícola, Decreto Supremo N.º 002-2013-MINAM.

Las acciones de supervisión realizadas en la zona, que iniciaron procesos administrativos sancionadores (PAS) por haberse encontrado responsabilidad del administrado, incluyen con respecto a responsabilidad administrativa, al expediente PAS N.º 160-2011-DFSAI/PAS¹⁶, dado que en el punto de control 2NCD (ubicado aguas abajo, efluente después del tratamiento que descarga al río Quicay), se reportó un valor para el parámetro de pH, que excede el Límite Máximo Permisible establecido en el rubro «Valor en cualquier momento» del Anexo 1 de la Resolución Ministerial N.º 011-96-EM/VMM; y, el expediente PAS N.º 0668-2018-OEFA/DFSAI/PAS¹⁷, señaló que el titular minero no maneja debidamente el agua de lavado de vehículos y maquinarias mediante un sistema de recuperación de grasas; incumpliendo ambos PAS con lo establecido en su instrumento de gestión ambiental.

En cuanto a, responsabilidad administrativa con medidas correctivas por parte del administrado, el expediente PAS N.º 065-2013-OEFA/DFSAI/PAS¹⁸, indicó la inadecuada disposición de lodos (residuos sólidos peligrosos) sobre un área con vegetación natural ubicada al costado de la poza de sedimentación correspondiente al área de lavado del taller de mantenimiento; presentar los reportes de monitoreo de efluentes líquidos minero metalúrgicos correspondientes al primer, segundo y tercer trimestre del 2011 fuera del plazo establecido en la norma vigente; y presentar los reportes de monitoreo de emisiones gaseosas correspondientes al primer, segundo y tercer trimestre del 2011, fuera del plazo establecido en la norma vigente; asimismo, el expediente PAS N.º 942-2014-OEFA/DFSAI/PAS¹⁹ señaló que el titular no habría cumplido con ejecutar un cronograma de mantenimiento que cumpla con la finalidad de asegurar la operatividad de los canales de coronación o derivación, garantizando la limpieza de los mismos, libre de sedimentos, piedras y materiales extraños, de acuerdo a lo establecido en su instrumento de gestión ambiental; el titular no habría cumplido con impermeabilizar el canal de derivación situado alrededor del depósito de desmonte Este, de acuerdo a lo establecido en su instrumento de gestión ambiental; y el titular no habría cumplido con implementar aliviaderos de demasías del depósito de desmonte Suroeste, de acuerdo a lo establecido en su instrumento de gestión ambiental.

Y, por último, se cuenta con un PAS no concluido con expediente N.º 0412-2019-OEFA/DFSAI/PAS²⁰ donde se señaló que, el administrado no implementó canales de derivación de mampostería de piedra y sección trapezoidal con base=1,6 m, taludes a los

¹⁶ Con fecha de supervisión, 6 y 7 de mayo de 2008; la DFAI, mediante Resolución Directoral N.º 131-2012-OEFA/DFSAI, determinó la responsabilidad administrativa con la imposición de una multa ascendente a 50 UIT. El administrado presentó un recurso de apelación, y el TFA, a través de la RTFA N.º 119-2012-OEFA/TFA declaró infundado el mismo.

¹⁷ Con fecha de supervisión del 17 al 20 de abril de 2015; la DFAI, mediante Resolución Directoral N.º 2775-2018-OEFA/DFSAI, determinó la responsabilidad administrativa, sin la imposición de una multa conforme al Artículo 19º de la Ley N.º 30230.

¹⁸ Con fecha de supervisión, del 7 al 10 de noviembre de 2011; la DFAI, mediante Resolución Directoral N.º 0398-2015-OEFA/DFSAI, determinó la responsabilidad administrativa con la imposición de medidas correctivas, y sin la imposición de una multa conforme al Artículo 19º de la Ley N.º 30230.

¹⁹ Con fecha de supervisión del 8 al 11 de julio de 2013; la DFAI, mediante Resolución Directoral N.º 0987-2015-OEFA/DFSAI, determinó la responsabilidad administrativa con la imposición de medidas correctivas, y sin la imposición de una multa conforme al Artículo 19º de la Ley N.º 30230.

²⁰ Fecha de supervisión del 15 al 20 de setiembre de 2018; la DFAI, mediante Resolución Subdirectoral N.º 267-2020-OEFA/DFSAI-SFEM, determinó iniciar un procedimiento administrativo sancionador contra Corporación Minera Centauro S.A.C.



lados 2:1, H:V y altura 1,0 m ni la cobertura Tipo II²¹ en los botaderos Este, Suroeste y Tajo Sur; asimismo, el administrado no implementó canales de coronación de mampostería de piedra y secciones trapezoidales en el sector norte y sur del Pad de Lixiviación, tampoco implementó canales de colección revestidos con material morrénico de sección trapezoidal en las canchas de Transferencia Temporal N° 1 y N° 2 del Pad de Lixiviación, incumpliendo lo establecido en su instrumento de gestión ambiental.

En relación a conductas infractoras, se menciona que el agua de drenaje y lluvia del depósito de desmonte Sur discurría fuera del mismo produciendo erosiones, inclusive fluyendo hacia un área de bofedales. Además, las aguas de drenaje del depósito de desmonte Este, originaron charcos por debajo de la geomembrana hacia la vía de acceso; y se realizó disposición inadecuada de sedimentos producto de la limpieza del canal de drenaje al costado de la vía de acceso²². En el canal de colección ubicado en el perímetro de los botaderos de desmonte Este, tajos Sur y Suroeste, así como el pad de lixiviación; se observó que las uniones de la geomembrana instalada como revestimiento del canal se encontraban superpuestas, no encontrándose soldadas (pegadas). Adicionalmente, en el canal de colección del botadero de desmonte Este se colectó aguas ácidas (pH: 3,39 unidades de pH), con presencia de metales (hierro disuelto y cobre total) en altas concentraciones²³. Posteriormente, estas conductas infractoras fueron subsanadas por el administrado.

Respecto a la información proporcionada por el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada), la unidad fiscalizable Quicay cuenta con una denuncia ambiental²⁴, en la cual se señala que dicha unidad realizó vertimientos de aguas ácidas en una estancia, ocasionando posteriormente la muerte del ganado ovino.

Todos los antecedentes recopilados constituyen una fuente importante para el planteamiento de los objetivos de esta EAC, con el fin de obtener información técnica y científica que de soporte a las acciones de supervisión y fiscalización ambiental del OEFA.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los botaderos Este, Sur y Suroeste, pad de lixiviación (6 fases) y tajo Quicay en los receptores ambientales del área de influencia de la unidad fiscalizable Quicay.

²¹ Actualización del Plan de Cierre de Mina de la Unidad Minera Quicay aprobada mediante Resolución Directoral N.º 046-2013-MEM/AAM del 15 de febrero de 2013.

«5.2.4.5 Opciones de cobertura (...)

b) Cobertura Tipo II: Este tipo de cobertura es utilizada para áreas donde existieron o existen componentes mina que han contenido materiales contaminantes. La cobertura es de la siguiente forma: una capa de baja permeabilidad, puede ser limos gravosos o arcillas gravosos, que ayudaran a impermeabilizar y evitar filtraciones de agua (0,20 m). La última capa estará conformada por material orgánico de 0,25 m de espesor que será el sustento para la especie seleccionada para la revegetación y para que produzca una invasión de especies estacionarias de la zona o un material inerte si la zona no presenta vegetación aledaña, de esta forma se puede mimetizar la zona alterada»

²² Resolución Directoral N.º 2775-2018-OEFA/DFSAL. El administrado acreditó la subsanación de las conductas infractoras de manera voluntaria, con anterioridad al inicio del proceso administrativo sancionador, por tanto, se exime de responsabilidad administrativa.

²³ Informe de supervisión complementario N.º 300-2017-OEFA/DS-MIN. El administrado acreditó la subsanación de la conducta infractora.

²⁴ Denuncia ambiental con Código Sinada SC-1125-2019 y fecha del 12/9/2019.



3.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición de los botaderos Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay y el pad de lixiviación, la movilidad de elementos de interés y definir sus mecanismos de transporte hacia receptores ambientales del área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay.
- Determinar la litogeoquímica y movilidad de los elementos de interés presentes en las formaciones rocosas y depósitos cuaternarios del sector Quicay, y definir los patrones geoquímicos de dispersión en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay.
- Establecer la influencia de los contaminantes en los receptores ambientales agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, flora y fauna en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende 279,70 ha de concesión de beneficio delimitadas entre los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay, pad de lixiviación (6 fases), canchas de transferencia, planta de procesos e instalaciones auxiliares, los cuales se encuentran ubicados dentro de los terrenos de la comunidad campesina Santa Ana de Pacoyan. Situada en el distrito Simón Bolívar, provincia Cerro de Pasco, departamento Pasco.

El acceso a la unidad minera Quicay es a través de la carretera Central hacia la ciudad Cerro de Pasco, se continua por una carretera afirmada al poblado de Pacoyan (18 km), luego un desvío de 5 km hacia el paraje Quicay. Tiene una topografía suave, rodeada de colinas con pendientes moderadas, su altitud varía entre 4280 m s.n.m. y 4420 m s.n.m.

Hidrográficamente el área de estudio se encuentra entre los ríos Blanco, Pelado y Quicay pertenecientes a las microcuencas de los ríos Blanco y Quicay (tributario del río San Juan); dentro de esa área también se encuentra la laguna Quicay. Estos ríos y laguna pertenecen a la subcuenca del río San Juan de la cuenca del río Mantaro.

En la Figura 4.1 se muestra el área efectiva, áreas de influencia directa e indirecta, así como el área que abarcará el presente estudio que coincide con el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay.

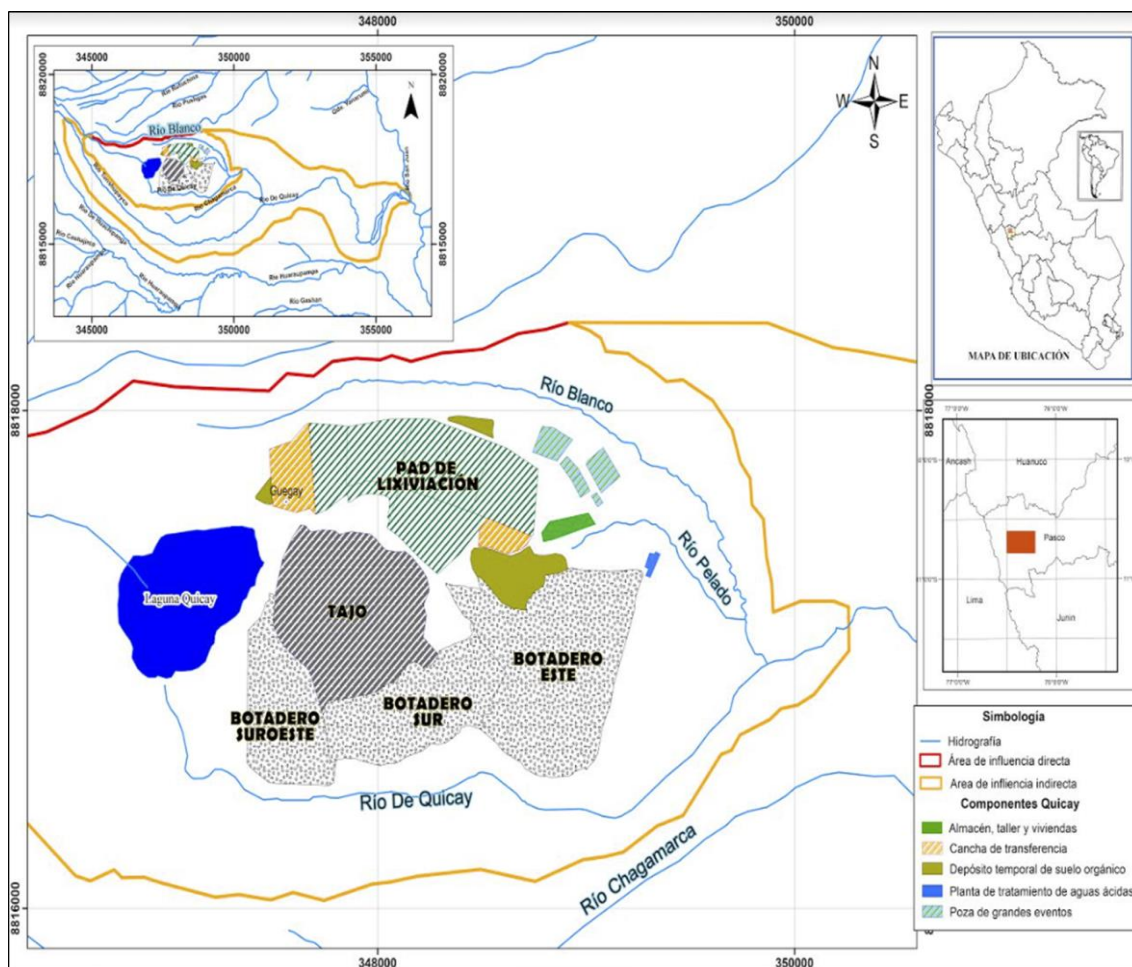


Figura 4.1. Ubicación del área de estudio en el ámbito de la unidad fiscalizable Quicay.

4.1. Climatología y geología regional

La unidad fiscalizable Quicay se encuentra ubicada en la región central de los Andes, del departamento Pasco. Presenta un ambiente climático subhúmedo, con temperaturas frías, que llegan al punto de congelación. La precipitación que se registra dentro del área de estudio tiene influencia en el desarrollo de la red hídrica del lugar como cabeza de cuenca. Los valores de precipitación media mensual multianual en la estación meteorológica Cerro de Pasco (de 1950 a 2014) fueron marcados, donde en los meses de invierno los valores de precipitación variaron entre 13,7 mm y 17,4 mm, mientras que la estación Yanahuanca mostró precipitaciones de media multianual (de 2008 a 2012) que variaron entre 7,8 mm y 14,4 mm (ITS, 2018).

En el área de estudio debido a la propia configuración geográfica, está conformado por antiplanicies de origen aluvial, fluvio-glaciario y volcánico; de superficies plano onduladas, depositado sobre un ambiente lacustrino, con una cobertura vegetal a base de pastos naturales hidromórficos, que desaguan hacia el río San Juan. Presenta una geología compleja y variada, con una topografía variable, distribuida entre las amplias y casi planas altiplanicies que conforman la meseta del Bombón. Las estructuras volcánicas abruptas que cortan ocasionalmente la meseta y las cadenas de montañas de rocas mesozoicas, marcan los límites de la cadena occidental, central y oriental de los Andes en esta zona del país, así como de la cuenca intramontana. Las rocas más antiguas de la región de estudio



constituyen un basamento Pre-Cambriano y Paleozoico, predominantemente terrígeno, y de espesor y edades fuertemente variables (ITS, 2018).

4.2. Contexto social

El área de influencia social directa considera a la comunidad campesina Santa Ana de Pacoyán, como el único centro poblado localizado a una distancia de 2,31 km respecto a la unidad fiscalizable Quicay, ubicándose en el distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco. En 1993, la población de la comunidad campesina Santa Ana de Pacoyán tenía 33 pobladores; en el 2009 se incrementó a 172 habitantes, debido al inicio de la operación minera en la zona; y para el 2015 se incrementó a 176 habitantes. Sus principales actividades económicas son la minería (45,83 %) y ganadería (33,33 %). Respecto al abastecimiento de agua, este recurso proviene de un pilón cuya desinfección al sistema de captación es realizado por CENTAURO. Presenta un establecimiento de salud, institución educativa inicial, primaria y secundaria, aunque aún persiste un 3,3 % de la población que tiene el nivel primario incompleto, un 16,7 % con primaria completa y un 47,7 % con secundaria completa. Los que tienen nivel superior completo e incompleto, técnico o universitario solo alcanzan el 9,9 % (ITS, 2018).

El área de influencia social indirecta de las actividades de la unidad fiscalizable Quicay, es el distrito Simón Bolívar, el cual está bajo la jurisdicción política de la provincia Pasco, región Cerro de Pasco; conforme a lo aprobado en el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Aurífero Quicay (R.D. N.º 337-2001-EM/DGAA) y Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la UEA Quicay (R.D. N.º 219-2011-MEM/AAM).

5. METODOLOGÍA

Los problemas identificados hacen referencia a una posible afectación a la flora y fauna local (receptores). Luego de definir el área de estudio, se ha señalado como posibles fuentes primarias a todos los componentes mineros de la unidad fiscalizable Quicay; así como las formaciones rocosas y depósitos cuaternarios, dado a la mineralización de la zona (Figuras 5.1 y 5.2).

Los receptores primarios de una posible contaminación desde las fuentes primarias son el agua de los ríos Blanco, Pelado y Quicay, y el suelo aledaño a los botaderos Este, Sur y Suroeste. Estos, por su movilidad, son considerados a la vez fuentes secundarias, que van a incidir en el impacto a los receptores biológicos.

A continuación, se presenta la metodología empleada por cada objetivo específico de la EAC para determinar la influencia de los botaderos Este, Sur y Suroeste, pad de lixiviación (6 fases) y tajo Quicay en los receptores ambientales del área de influencia de la unidad fiscalizable Quicay.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

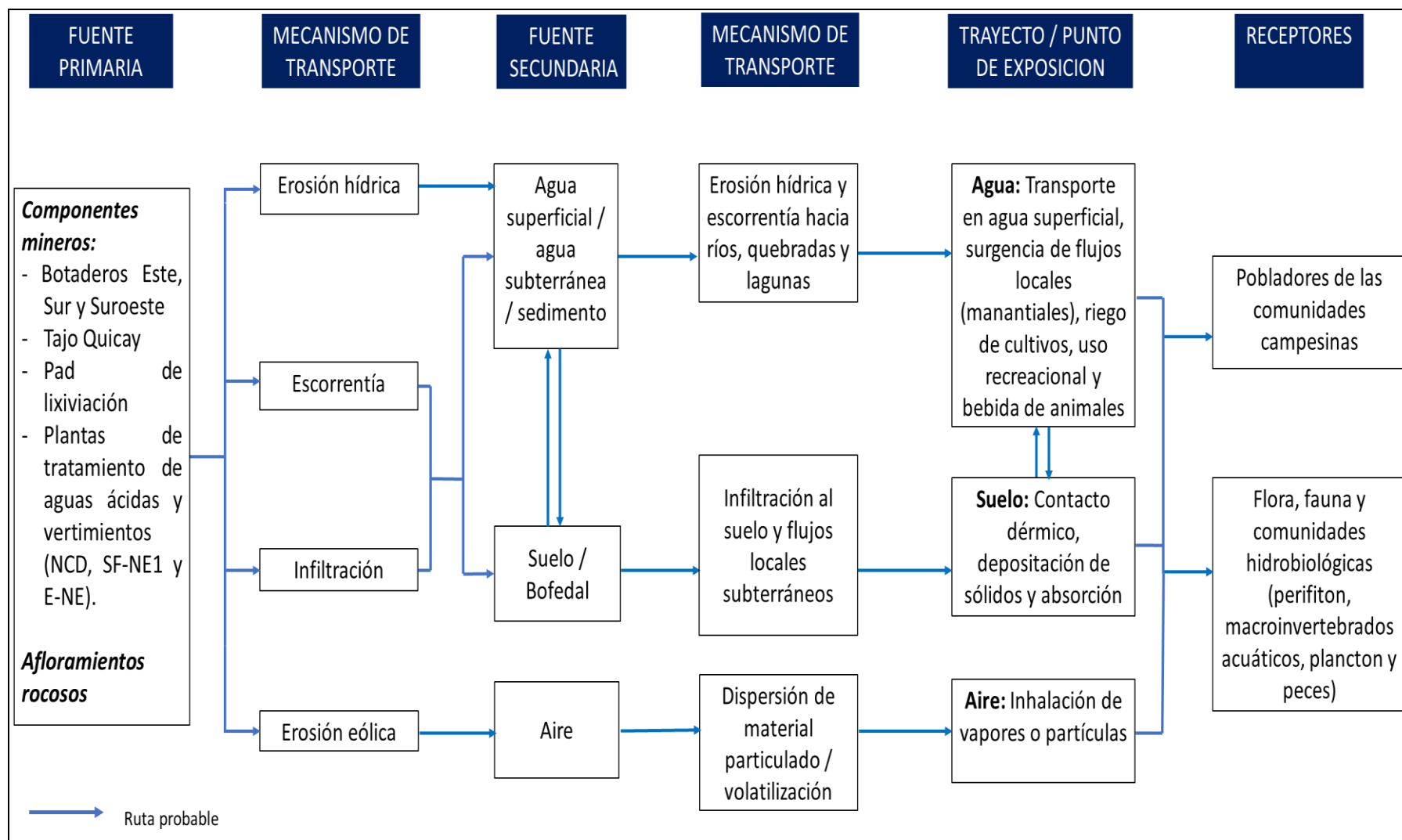


Figura 5.1. Modelo conceptual que permite identificar las fuentes potenciales de contaminación, los mecanismos de transporte de contaminantes y los receptores en el área de estudio



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

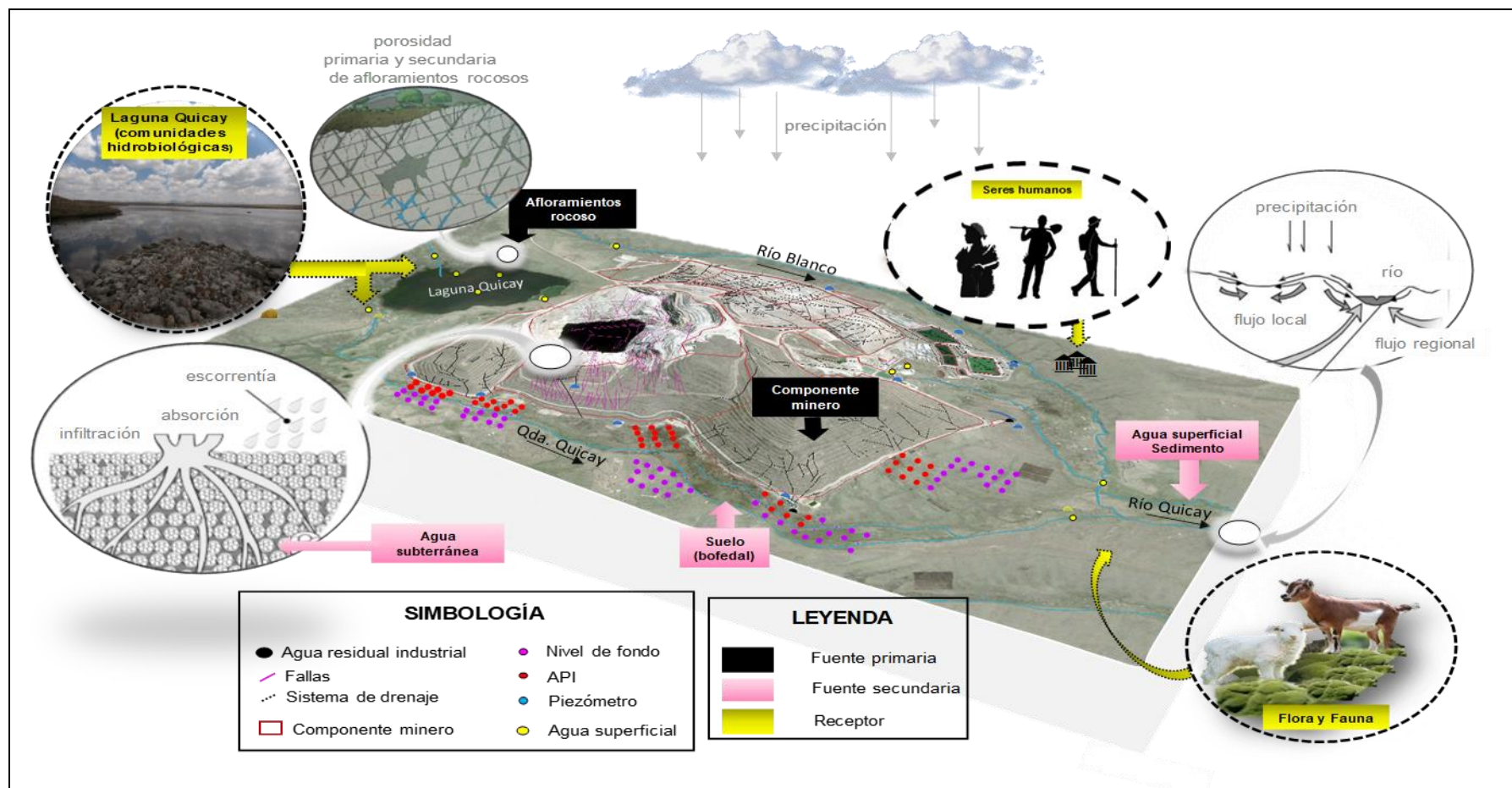


Figura 5.2. Modelo conceptual (representación gráfica) que permite identificar las fuentes potenciales de contaminación, los mecanismos de transporte de contaminantes y los receptores en el área de estudio



5.1.Objetivo específico 1: Determinar la composición de los botaderos Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay y el pad de lixiviación, la movilidad de elementos de interés y definir sus mecanismos de transporte hacia receptores ambientales del área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay

A continuación se presenta la metodología de la caracterización geoquímica y mineralógica de componentes mineros, aguas residuales y efluentes; así como la medición de la tomografía de resistividad eléctrica.

5.1.1. Caracterización geoquímica y mineralógica del material de componente minero

A fin de correlacionar los resultados obtenidos de los componentes ambientales con la actividad minera, también se consideró incluir la caracterización de material de depósitos de desmonte (Este, Sur, Suroeste), pad de lixiviación y tajo Quicay.

5.1.1.1. Guías y manuales para la evaluación

El muestreo de componentes mineros se realizó tomando en consideración las guías y manuales de muestreo establecidas del Servicio geológico del Perú y Chile; además, se tomó en consideración las recomendaciones establecidas en referencias internacionales de Canadá y Chile, indicados en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Guías y manuales de muestreo de material de componente minero a evaluar

Documento	Sección	País	Institución/autor	Año
Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras	Todo el documento	Chile	Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)	2015
Manual de inventario de recursos minerales	Todo el documento	Perú	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	2013
Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials	Todo el documento	Canadá	CANMET (Canada Centre for Mineral and Energy Technology)	2009
Manual de muestreo para exploración, minería subterránea y rajo abierto	Todo el documento	Chile	Angel Lambert B.	2006
Introducción al muestreo minero	Todo el documento	Chile	Marco Antonio Alfaro Sironvalle	2002

5.1.1.2. Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo en componente minero se detalla en la Figura 5.3 y Tabla 5.2.

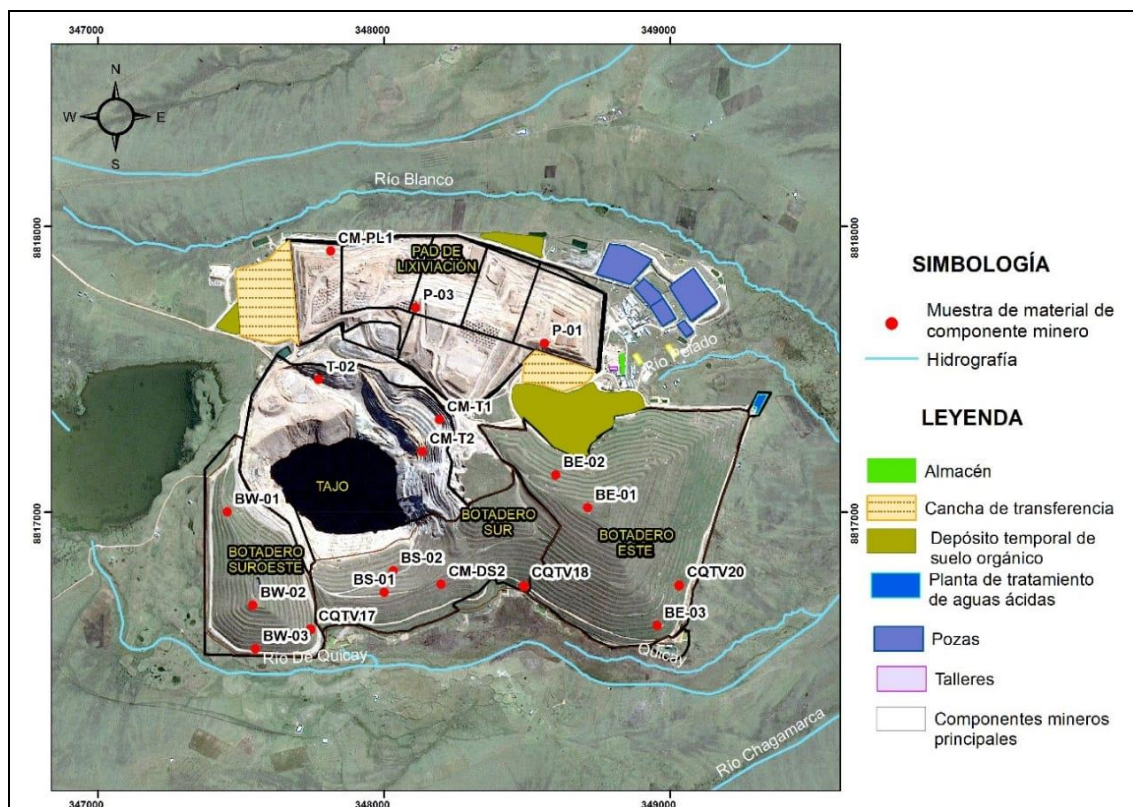


Figura 5.3. Esquema de distribución de puntos de muestreo de material por componente minero

Tabla 5.2. Ubicación de los puntos de muestreo de componente minero.

N.º	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS84 zona 18 L		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
1	T-02	347771	8817463	Ubicación de muestreo puntual en el tajo, al norte de botadero de desmonte Sur y Suroeste
2	CM-T1	348194	8817323	Ubicación de muestreo puntual en el tajo, al norte del botadero de desmonte Sur
3	CM-T2	348133	8817212	Ubicación de muestreo puntual en el tajo, al sur del stock Pile
4	BS-01	348001	8816719	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Sur, al sur del tajo Quicay
5	BS-02	348033	8816795	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de Desmonte Sur, al sur del tajo Quicay
6	CM-DS2	348200	8816748	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Sur, al oeste del botadero Este
7	CQTV18	348489	8816742	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Sur, al oeste del botadero Este
8	BW-01	347452	8817000	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Suroeste, al suroeste del tajo Quicay
9	BW-02	347542	8816674	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Suroeste, al oeste del botadero de desmonte Sur
10	BW-03	347551	8816522	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Suroeste, al sur del tajo Quicay
11	BE-01	348713	8817015	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Este, al este del botadero Sur
12	BE-02	348601	8817129	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Este, al este del Tajo Quicay
13	BE-03	348955	8816603	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmonte Este, al este del botadero Sur
14	P-01	348561	8817590	Ubicación de muestreo puntual en el Pad de lixiviación, al este de la poza de grandes eventos e hidrólisis

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS84 zona 18 L		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
15	P-03	348111	8817714	Ubicación de muestreo puntual en el Pad de lixiviación, al norte del tajo Quicay
16	CM-PL1	347814	8817913	Ubicación de muestreo puntual en el Pad de lixiviación, al norte del tajo Quicay
17	CQTV20	349032	8816744	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de Desmote Este, al este del botadero Sur y tajo Quicay
18	CQTV17	347744	8816590	Ubicación de muestreo puntual en el botadero de desmote Suroeste, al sur del tajo Quicay

5.1.1.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros evaluados, métodos de análisis y cantidad de muestras para la caracterización de depósitos de desmote, pad de lixiviación y tajo, se detallan en la Tabla 5.3. Todas las muestras fueron analizadas en los laboratorios acreditados contratados por el OEFA.

Tabla 5.3. Parámetros, métodos de análisis y cantidad de muestras para la caracterización de depósitos de desmote, pad de lixiviación y tajo

N.º	Parámetros		Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
1	Metales totales		mg/kg	Metales por ICP-MS	AGQ Perú S.A.C.
2	Shake flake aniones		mg/L	Volumetría (cloruros), electrometría (fluoruros y nitratos), electrometría UV-VIS (fosfatos, nitritos y sulfatos)	ALAB
3	Shake metales		mg/kg	Metales por ICP-MS en extracto SFE	ALS LS Perú S.A.C.
4	MEB		%	Microscopía electrónica de barrido	BIZALAB S.A.C.
5	Difracción de rayos X		%	Microscopía por difracción de rayos X	BIZALAB S.A.C.
6	DOLD		mg/kg	Análisis de extracción secuencial de 7 etapas	TYPSA S.A.
7	ABA	Azufre total	%	PER-9207. Análisis elemental	ALS LS Perú S.A.C.
		Fizz rating	No aplica	LME-8171. Calculado	
		pH pasta	No aplica	LME-8490. Electrometría	
		Potencial de acidez máximo (MPA)	kg CaCO ₃ /Ton	LME-8079. Calculado	
		Potencial de neutralización neto (NNP)	kg CaCO ₃ /Ton	LME-8080. Calculado	
		Potencial de neutralización Sobek	kg CaCO ₃ /Ton	LME-7497. Volumetría	
		Ratio potencial de neutralización (RNP)	No aplica	LME-8081. Calculado	

Fuente: Reporte de resultados N.º RRE-045-2020-STEC (Anexo 7) y reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC

5.1.1.4. Equipos utilizados

Los materiales utilizados para la caracterización de componentes mineros se detallan en el reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.1.1.5. Aseguramiento de la calidad



El control de calidad de los resultados de metales totales se realizó mediante la muestra duplicada. La cantidad de muestras duplicadas corresponde al 10 % del total de muestras (Jenner, 1996).

El porcentaje de diferencia relativa (PDR) se calculó usando la ecuación siguiente:

$$PDR = (\mu_i - STSi / STDi) \times 100$$

Dónde:

μ_i : Valor medio del elemento i en el estándar de varias corridas analíticas
STDi : Valor conocido de la referencia

Para un PDR de 0 % a 3 % tiene precisión excelente, los valores de 3 % a 7 % tienen precisión muy buena; y los valores superiores al 10 % no son precisos; por lo tanto, no son considerados en el análisis (Jenner, 1996).

5.1.1.6. Procesamiento de datos

Para la caracterización de los componentes mineros se realizó una descripción de cada uno en base al contenido de metales de las muestras.

La evaluación de metales solubles se realizó según el análisis de *shake flake* (metales y aniones), los que se complementaron con los resultados de los ensayos mineralógicos.

Para el análisis geoquímico se procedió a dividir a los elementos mayores, menores y traza (Rivera, 2001), con el fin de visualizar los elementos de acuerdo con la abundancia terrestre:

- Elementos mayores: >1 %
- Elementos menores: 0,1 % - 1,0 %
- Elementos traza: < 0,1 %

5.1.2. Caracterización fisicoquímica del agua residual industrial y efluente

También se consideró incluir la caracterización del agua residual industrial (12 puntos) y un efluente industrial (E-NE) a fin de correlacionar los resultados obtenidos de los componentes ambientales con la actividad minera, puesto que la mayoría de los puntos muestreados son aguas producto de filtraciones de los componentes mineros.

5.1.2.1. Protocolo para la evaluación

En la Tabla 5.4 se presenta el protocolo de referencia para la colecta de muestras de agua residual industrial (efluente minero-metalúrgico), entendidas como aquellas «...originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, que incluye las provenientes de la actividad minera...»²⁵.

Tabla 5.4. Protocolo de muestreo para el agua residual industrial

Documento	Sección	País	Institución	Año
Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua	Todo	Perú	Ministerio de Energía y Minas (Resolución Directoral N.º 004-94-EM/DGAA)	1994

²⁵ Glosario de términos del «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» (ANA, 2016, p. 82).

5.1.2.2. Ubicación de los puntos de muestreo

En la Figura 5.4 y Tabla 5.5 se detalla la ubicación de los puntos de muestreo en agua residual industrial y efluente.

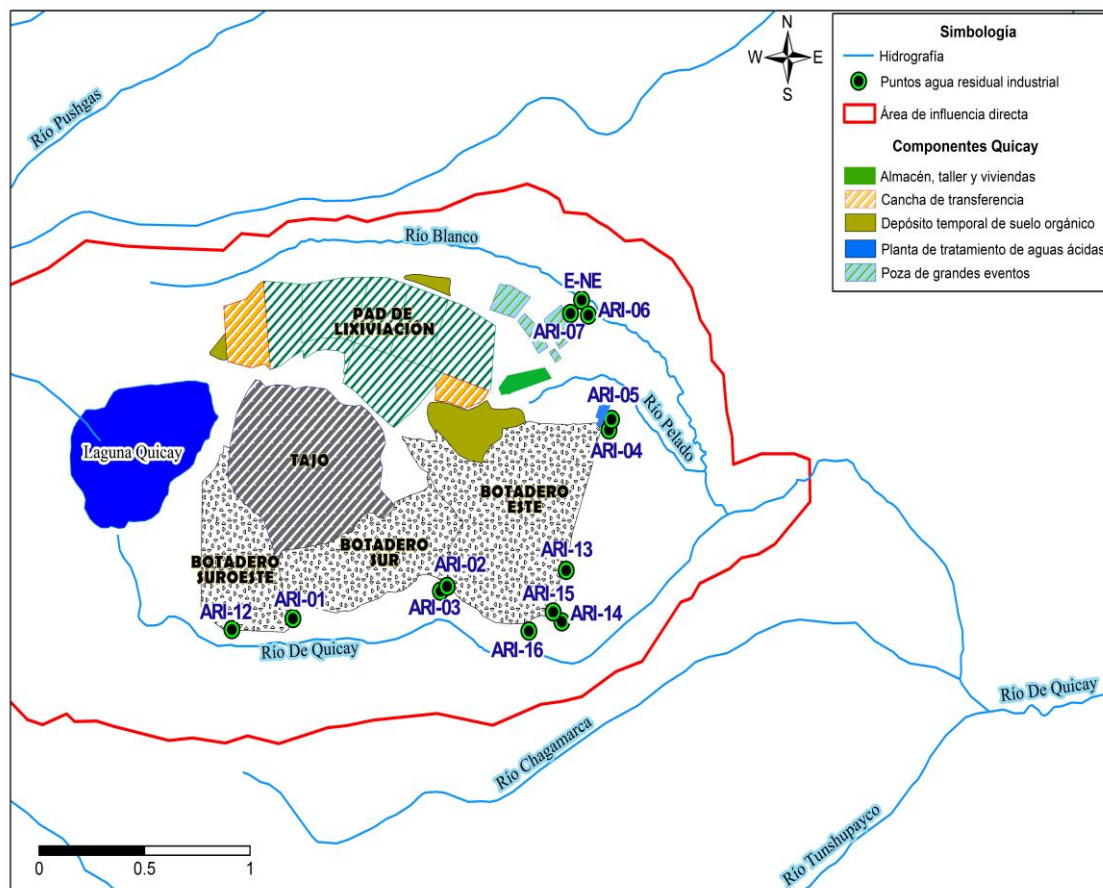


Figura 5.4. Puntos de muestreo de efluente y agua residual industrial.

Tabla 5.5. Ubicación de muestreo de efluente y agua residual industrial

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
		Efluente Industrial			
1	E-NE*	349178	8817871	4275	Puntos de descarga de aguas de no contacto del lado norte del pad, antes de su ingreso al río Blanco, a unos 60 m hacia la parte inferior de la Poza de Grandes Eventos ^(a) .
		Agua residual industrial			
2	ARI-01	347809	8816550	4304	Poza PS-SUR-01, poza que colecta aguas de subdrenaje y del canal de coronación del Depósito de Desmonte Suroeste.
3	ARI-03	348509	8816663	4288	Ubicado 10 m al costado del ARI-02 (PS-SUR-07) y a 40 m de la base del Depósito de Desmonte Sur.
4	ARI-02	348540	8816683	4327	Poza PS-SUR-07, poza que colecta aguas de subdrenaje del Depósito de Desmonte Sur y Este.
5	ARI-12	347520	8816504	4366	Ubicado al pie del Depósito de Desmonte Suroeste.
6	ARI-13	349105	8816749	4286	Agua acumulada ubicado a 60 m aproximadamente debajo del Depósito de Desmonte Este.
7	ARI-14	349084	8816536	4274	Agua acumulada ubicado a 40 m aproximadamente debajo de la poza PS-MCD-05.



N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Altitud (m s. n.)	Descripción
8	ARI-04	349294	8817332	4283	Ubicado en el Sedimentador 08, poza que colecta aguas del canal de coronación del Depósito de Desmonte Este, a 15 m de la planta SF-NE1.
9	ARI-05	349306	8817376	4276	Ubicado a 5 m de la planta de tratamiento en SFNE, en la poza PS-SFNE-A.
10	ARI-06	349172	8817826	4271	Poza de sedimentación PS-NORTE-04.
11	ARI-07	349173	8817833	4278	Poza de sedimentación SF-NE, poza que colecta aguas del canal de coronación Quicay, pad de lixiviación.
12	ARI-15	349043	8816577	4301	Agua de la poza PSNCD-05, ubicada a 55 metros aproximadamente al noreste de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
13	ARI-16	348928	8816498	4298	Agua empozada, ubicado a 50 metros aproximadamente al suroeste de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.

(a) Descripción y altitud obtenida del reporte público de supervisión, de la supervisión realizada del 15 al 20 de setiembre de 2018. Con expediente N.º 0317-2018-DSEM-CMIN

(*): Punto de vertimiento autorizados por la Autoridad Nacional del Agua mediante Resolución Directoral N.º 082-2018-ANA-DCERH.

5.1.2.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros evaluados, métodos de análisis y cantidad de muestras para la caracterización del agua residual industrial y efluente se detalla en la Tabla 5.6. En todos los puntos de muestreo se midió *in situ* los parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD). Todas las muestras fueron analizadas en los laboratorios acreditados contratados por el OEFA.

Tabla 5.6. Parámetros evaluados y métodos de análisis para la caracterización del agua residual industrial y efluente

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
Agua residual industrial				
1	Metales totales incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	AGQ Perú S.A.C.
2	Metales disueltos incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	
3	Sulfatos	mg/L	Cromatografía iónica	
4	Cloruros	mg/L	Cromatografía iónica	
5	Nitritos	mg/L N-NO ₂	Cromatografía iónica	
6	Cromo hexavalente	mg/L	Espectrometría ultravioleta-visible (UV-VIS)	
7	Nitratos	mg/L N-NO ₃	Cromatografía iónica	
8	Acidez	mg/L CaCO ₃	Volumetría	
9	Bicarbonatos	mg/L	Volumetría	
10	Carbonatos	mg/L	Volumetría	
11	Fosfatos	mg/L PO ₄ -P	Cromatografía iónica	
12	Sólidos totales suspendidos	mg/L	Gravimetría	
13	Sólidos totales disueltos	mg/L	Gravimetría	
14	Cianuro Wad	mg/L	Método Colorimétrico	ALS LS Perú S.A.C.
Efluente				
1	Metales totales incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	AGQ Perú S.A.C.
2	Metales disueltos incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	
3	Sulfatos	mg/L	Cromatografía iónica	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
4	Cloruros	mg/L	Cromatografía iónica	
5	Nitritos	mg/L N-NO ₂	Cromatografía iónica	
6	Cromo hexavalente	mg/L	Espectrometría ultravioleta-visible (UV-VIS)	
7	Nitratos	mg/L N-NO ₃	Cromatografía iónica	
8	Acidez	mg/L CaCO ₃	Volumetría	
9	Bicarbonatos	mg/L	Volumetría	
10	Carbonatos	mg/L	Volumetría	
11	Fosfatos	mg/L PO ₄ -P	Cromatografía iónica	
12	Sólidos totales suspendidos	mg/L	Gravimetría	
13	Sólidos totales disueltos	mg/L	Gravimetría	
14	Cianuro Wad	mg/L	Método Colorimétrico	ALS LS Perú S.A.C.
15	Cianuro Total	mg/L	Método Colorimétrico	

Fuente: Reportes de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4) N.º RC-028-2020-STEC (Anexo 1)

5.1.2.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la medición de parámetros *in situ* y el posicionamiento de los puntos de muestreo, se detallan en los reportes de campo N.º RC-028-2020-STEC y N.º RC-059-2020-STEC, que se presentan en los Anexos 2 y 5 respectivamente.

5.1.2.5. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en la etapa de campo, consideró la verificación y ajuste de los sensores de los equipos multiparámetro, antes de inicio de muestreo. Los resultados se presentan en los reportes de campo N.º RC-028-2020-STEC y N.º RC-059-2020-STEC, que se presentan en los Anexos 1 y 4.

Para el aseguramiento de calidad de los resultados de laboratorio, se tomó un duplicado del parámetro metales totales, un blanco de campo, un blanco viajero, un blanco de equipo, un blanco de filtro y un blanco de frascos.

5.1.2.6. Criterios de evaluación

Para el caso de los resultados de las aguas residuales industriales no se realizó comparación con ninguna norma. Así mismo, los resultados de efluentes declarados por la unidad minera Quicay, según indica el instrumento de gestión ambiental se empleó como norma de comparación los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM.

5.1.3. Tomografía de resistividad eléctrica

A continuación, se detalla la metodología para el estudio de tomografía de resistividad eléctrica (TRE) en el ámbito de los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste.

Denominada también tomografía eléctrica, es una técnica geofísica para obtener imágenes de las estructuras subsuperficiales del subsuelo a partir de medidas eléctricas efectuadas sobre la superficie por una distribución de multielectrodos.

Mediante la TRE se obtuvo un modelo en 2 dimensiones (2-D), el cual tomó en cuenta los cambios de resistividad en las direcciones vertical y horizontal, siendo obtenidos a lo largo de la línea de investigación.

El equipo de TRE consta de los siguientes instrumentos: un receptor, un transmisor, un motor generador y accesorios, los cuales siguiendo los procedimientos de campo según configuración que se utilizó en la presente EAC, se ubicaron los componentes de campo de TRE como se muestra en la Figura 5.5.

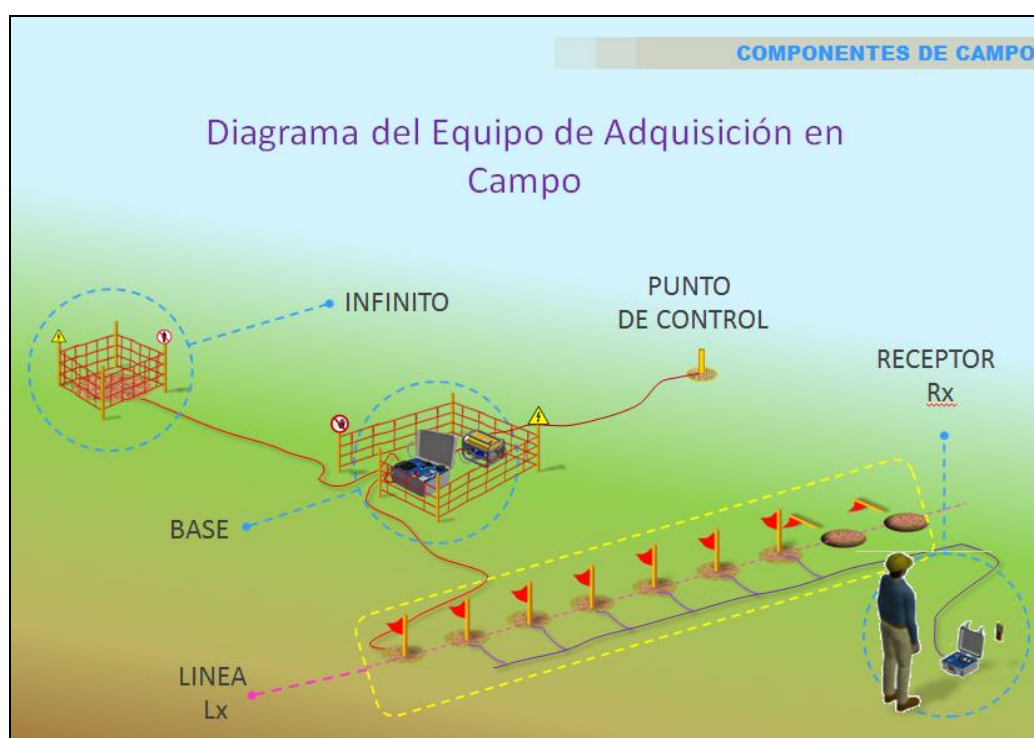


Figura 5.5. Componentes de campo de tomografía de resistividad eléctrica

5.1.3.1. Guías utilizadas para la evaluación

Para la tomografía de resistividad eléctrica se utilizaron las guías listadas en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Guías empleadas en la tomografía de resistividad eléctrica

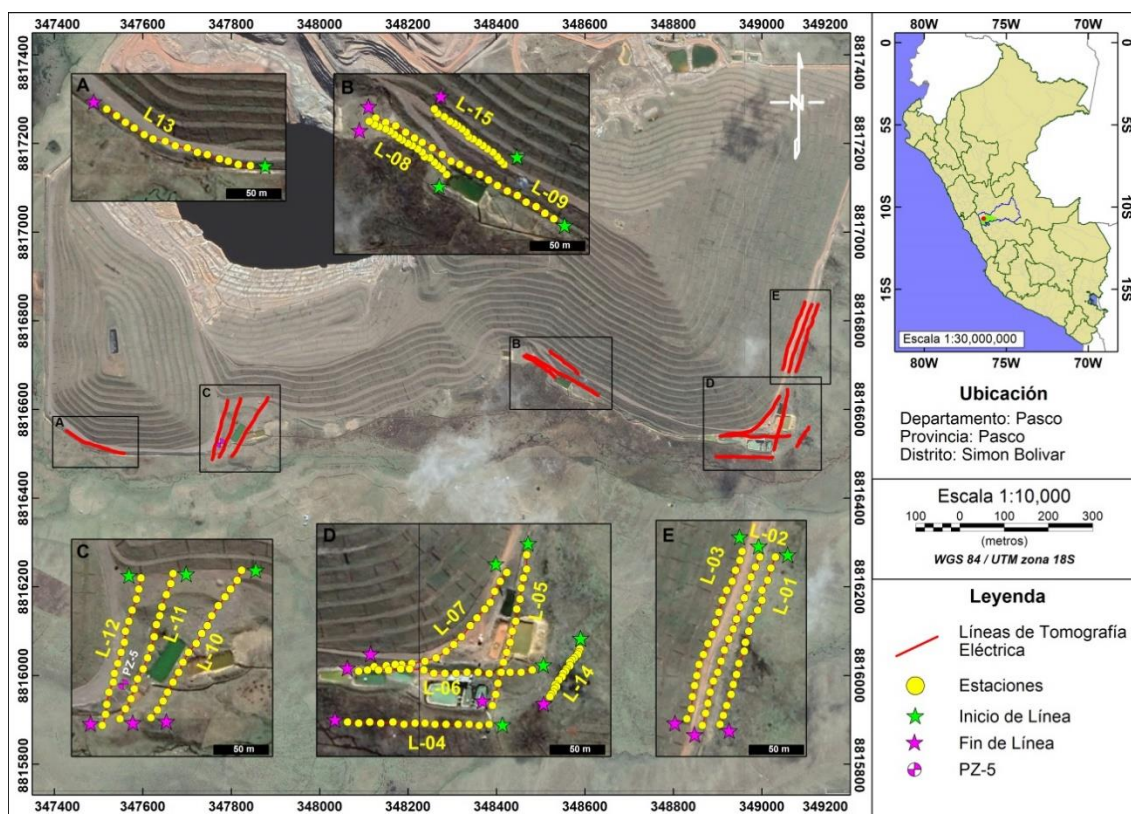
Nombre	Código de referencia	Entidad/Autor	País	Año
<i>Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Investigation</i>	ASTM- D6431- 99	<i>American Society for Testing and Materials</i>	Estados Unidos	2018
<i>Use of Airborne Surface and Borehole Geophysical Techniques at Contaminated Sites</i>	EPA/625/R- 92/00	<i>U.S Environmental Protection Agency</i>	Estados Unidos	1993
<i>Electrical Imaging survey for environmental and engineering studies</i>	N.A.	Meng Heng Loke	Tailandia	2000

N.A.: No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**5.1.3.2. Ubicación de vértices de líneas de tomografía de resistividad eléctrica**

El equipo técnico profesional del OEFA realizó 15 líneas de tomografía de resistividad eléctrica, en las acciones de campo de agosto y octubre de 2020.

Se establecieron las líneas de tomografía de resistividad eléctrica, cuya distribución se visualiza en la Figura 5.6, para realizar la caracterización de acuerdo con el objetivo planteado. Las coordenadas de inicio y fin se resumen en la Tabla 5.8, las coordenadas intermedias se presentan en los reportes de campo N.º RC-029-2020-STEC (Anexo 2) y N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

**Figura 5.6.** Esquema de distribución de líneas de tomografía de resistividad eléctrica**Tabla 5.8.** Coordenadas de inicio y fin de cada línea de tomografía de resistividad eléctrica

Líneas de tomografía	Progresiva	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Separación de electrodos	Distancia total (m)	Descripción de la línea
		Este (m)	Norte (m)			
L-08	Inicio-0	348493	8816711	0	85	Ubicada en la base del botadero de desmonte este, paralela a L09. Con una longitud total de 85 metros.
	Final-85	348462	8816720	5		
L-09	Inicio-0	348629	8816632	0	190	Ubicada en la base del botadero de desmonte este, paralela a la L08. Con una longitud total de 190 metros
	Final-190	348468	8816723	10		
L-10	Inicio-0	347883	8816627	0	160	Ubicada en la parte baja del botadero de desmonte sur, paralela a las líneas 11 y 12 cerca del piezómetro PZ 5. Con una longitud total de 160 metros
	Final-160	347801	8816494	10		
L-11	Inicio-0	347821	8816624	0	140	Ubicada en la parte baja del botadero de

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Líneas de tomografía	Progresiva	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Separación de electrodos	Distancia total (m)	Descripción de la línea
		Este (m)	Norte (m)			
	Final-140	347773	8816493	10		desmonte Sur, paralela a las líneas L10 y L12 cerca del piezómetro PZ 5. Con una longitud total de 140 metros
L-12	Inicio-0	347792	8816620	0	140	Ubicada en la parte baja del botadero de desmonte Sur, paralela a las líneas L11 y L10 cerca del piezómetro PZ 5. Con una longitud total de 140 metros
	Final-140	347757	8816487	10		
L-13	Inicio-0	347558	8816501	0	140	Ubicada en la parte baja del botadero de desmonte Suroeste. Con una longitud total de 140 metros
	Final-140	347428	8816552	10		
L-07	Inicio - 0	349040	8816629	0	160	Línea de TRE ubicado al pie del talud del Botadero Este, a la margen derecha del acceso y a 100 metros aproximadamente al noreste de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Con una longitud total de 160 metros
	Final-160	348920	8816544	10		
L-06	Inicio 0	349063	8816541	0	160	Línea de TRE ubicado al pie del talud de la poza PS-NCD-05 y a 60 metros aproximadamente al norte de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Con una longitud total de 160 metros
	Final-160	348906	8816540	10		
L-05	Inicio 0	349058	8816645	0	140	Línea de TRE ubicado al pie del talud del Botadero Este, a la margen izquierda del acceso y a 125 metros aproximadamente al noreste de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Con una longitud total de 140 metros.
	Final-140	349027	8816509	10		
L-04	Inicio 0	349024	8816492	0	130	Línea de TRE ubicado al pie del talud de la poza de sedimentación NCD-03, a 2 metros aproximadamente del efluente E-NCD y a 50 metros aproximadamente al sureste de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Con una longitud total de 130 metros.
	Final-130	348896	8816494	10		
L-01	Inicio 0	349127	8816837	0	160	Línea de TRE ubicado al pie del talud del Botadero Este, a la margen izquierda del acceso, a 80 metros aproximadamente al noreste del punto ARI-13 y a 7 metros aproximadamente del cerco perimétrico fuera del territorio de U.F. Quicay. Con una longitud total de 160 metros
	Final-160	349077	8816686	10		
L-02	Inicio 0	349113	8816837	0	160	Línea de TRE ubicado al pie del talud del Botadero Este, a la margen izquierda del acceso, a 85 metros aproximadamente al noreste del punto ARI-13 y a 5 metros aproximadamente del cerco perimétrico dentro del territorio de U.F. Quicay. Con una longitud total de 160 metros.
	Final-160	349061	8816685	10		
L-03	Inicio 0	349097	8816842	0	160	Línea TRE ubicado al pie del talud del Botadero Este, a la margen derecha del acceso, a 87 metros aproximadamente al noreste del punto ARI-13 y a 18 metros aproximadamente del cerco perimétrico dentro del territorio de U.F. Quicay. Con una longitud total de 160 metros.
	Final-160	349047	8816691	10		
L-14	Inicio 0	349106	8816560	0	51	Línea de TRE ubicado a 45 metros aproximadamente de la poza PS-NCD-05, a 22 metros aproximadamente al noreste del punto ARI-14 y a 25 metros aproximadamente del cerco perimétrico fuera del territorio de U.F. Quicay. Con una longitud total de 51 metros.
	Final-51	349079	8816517	3		



Líneas de tomografía	Progresiva	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18L		Separación de electrodos	Distancia total (m)	Descripción de la línea
		Este (m)	Norte (m)			
L-15	Inicio 0	348584	8816681	0	80	Línea de TRE ubicado al pie del talud del Botadero Este, a la margen derecha del acceso, a 23 metros aproximadamente al noreste del ARI-2 (poza PS-SUR-07). Con una longitud total de 80 metros.
	Final-80	348521	8816731	5		

Para la ubicación de la línea de tomografía de resistividad eléctrica, se procedió primero a realizar un recorrido por toda la zona de influencia comprendida en el ámbito de los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste de la unidad fiscalizable Quicay. Se realizó, con la finalidad de determinar las zonas de interés y accesibilidad para realizar el trabajo de campo. Las coordenadas de ubicación de la línea de TRE y los datos de campo obtenidos se encuentran a detalle en el RC N.º 029-2020-STEC (Anexo 2) y RC N.º 059-2020-STEC (Anexo 4).

En campo, el trabajo consistió en la toma de datos de las lecturas de emisión de corriente eléctrica enviada por el transmisor a través del cable de corriente y electrodos hacia el terreno, para ello se realizó la implantación, del infinito (Inf), el cual se localizó lo suficientemente lejos de la línea de medición 10 veces el espaciamiento de electrodos (dipolo), para atenuar el efecto por acoplamiento de señal con relación a los dipolos de medida distribuidos a lo largo del perfil, considerando la recepción del potencial eléctrico y el registro de sus valores a través del receptor. Para la realización del trabajo en campo se mantuvo una comunicación constante entre el operador del transmisor-receptor y el personal de apoyo mediante el uso de radios móviles.

En el desarrollo de las mediciones en el perfil de TRE el operador transmisor (TX), realizó el envío de corriente teniendo en consideración parámetros para la obtención de una buena señal que certifique valores representativos del área y procedimientos de seguridad, y siempre en coordinación con el personal de apoyo encargado de los cables de emisión de corriente para que no manipulen los cables mientras se envía energía, seguido se consideró el valor de la intensidad de corriente (mA) al operador del receptor Elrec Pro. Valor que se ingresa en el receptor y se realizó las mediciones por cada estación, en cada medición se consideró los valores de resistividad óptimos y una vez registrado y almacenado en el receptor, el operador de receptor (Rx) indicó al operador de transmisor (TX) de corriente que corte la emisión y este a su vez indicó al personal de cable de corriente, que esta está cortada y así puedan avanzar a la siguiente estación.

5.1.3.3. Parámetros de adquisición

Los parámetros utilizados en la adquisición de datos se muestran a continuación en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Parámetros de adquisición de tomografía de resistividad eléctrica

Parámetros	Modo de adquisición
Forma de medición	Dominio de Tiempo
Configuración de electrodos	Polo – Dipolo
Distancia del dipolo	10 metros (para las líneas L-01, L-02, L-03, L-04, L-05, L-06, L-07, L-09, L-10, L-11, L-12, L-



Parámetros	Modo de adquisición
	13) 3 metros (para la línea L-14), 5 metros (para la línea L-08, L-15)
Profundidad máxima de alcance	43 metros (para las líneas L-01, L-02, L-03, L-04, L-05, L-06, L-07, L-09, L-10, L-11, L-12, L-13) 12 metros (para la línea L-14), 21 metros (para la línea L-08, L-15)
Niveles de investigación medidos (n)	Desde n=1 a n=10
Tiempo de sincronización	2 segundos
Stack (apilamiento)	4 – 6 por estación

5.1.3.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la tomografía de resistividad eléctrica se detallan en los reportes de campo N.º RC-029-2020-STEC (Anexo 2) y RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.1.3.5. Aseguramiento de la calidad

El control de calidad se realizó antes de la adquisición de datos, en la calibración del equipo receptor, durante la adquisición de datos y en el proceso de inversión de los datos geofísicos, como se mencionó en el reporte de resultados N.º RRE-012-2020-STEC (Anexo 5) y N.º RRE-045-2020-STEC (Anexo 7).

5.1.3.6. Procesamiento de datos

A continuación, se describen los procesos realizados para obtener las pseudosecciones de resistividad y los resultados de los modelos de inversión de datos.

Base de datos

Primero: Se realizó el levantamiento de coordenadas con un GPS de la marca Garmin y sus datos fueron almacenados en su memoria interna, posteriormente son descargados y almacenados en una base de datos.

Segundo: Los datos de resistividad obtenidos en campo fueron almacenados en la memoria interna del receptor, principalmente se consideró lo siguiente: nombre y ubicación de cada línea, distancia entre los electrodos de medida, distancia de los electrodos de emisión de corriente, los valores de intensidad de corriente, voltaje primario (Vp), potencial natural (SP), el tiempo de dominio de las lecturas (2000 ms), la desviación estándar de los *stack* de lectura, la fecha y hora de lectura y los valores de resistividad aparente (Rho).

Tercero: Con esta información se procedió a generar los primeros resultados como pseudosecciones de resistividad aparente, a través del cual se realiza un control de calidad de los datos observando, los errores de la desviación estándar de los datos del potencial primario en cada dipolo, cuyos valores menores al 5 % son aceptados para el procesamiento de estos.

Proceso de inversión

Primero: La base de datos previamente validada y empleada para la generación de las pseudosecciones se exportó a un formato específico de software para el proceso de inversión.



Segundo: Se realizó el control de calidad (QC) de los datos de campo, en el software de procesamiento e inversión, tal como se indicó en el reporte de resultados N.º RRE-012-2020-STEC (Anexo 5) y RRE-045-2020-STEC (Anexo 7).

Tercero: Se realizó el proceso de inversión, el cual tuvo por objetivo obtener un modelo 2-D de las resistividades reales a partir de los datos de las resistividades aparentes obtenidas en campo. Esta técnica de inversión se basó en realizar un proceso iterativo con el fin de obtener un modelo de resistividades reales.

En este caso se aplicó la inversión 2D mediante el software libre Res2DInv, que realizó de manera simultánea la inversión de los parámetros de resistividad en conjunto con la topografía. Este software empleó un modelo matemático de elementos finitos, el cual es un método robusto para resaltar los contrastes geológicos o anomalías producidas por cambios en la resistividad (resaltar la geometría del cuerpo).

El proceso de inversión está basado en el teorema de inversión mediante la determinación de modelos directos de solución para los datos y a partir de estos modelos se realiza una solución mediante medidas indirectas y el proceso busca el modelo que se ajuste a los valores, obteniendo de esta manera una solución más precisa para las anomalías determinadas con las pseudo secciones.

5.1.3.7. Criterios para la interpretación de resultados

Los perfiles de tomografía muestran la distribución de resistividades en profundidad, la interpretación de estos valores se realizó en base al conocimiento de resistividades características de distintos materiales, presentadas en la Tabla 5.10 y Figura 5.7.

Tabla 5.10. Resistividad característica de distintos materiales

Material	Resistividad (Ohm.m)
Rocas ígneas y metamórficas	
Granito	$5 \cdot 10^3 - 10^6$
Basalto	$10^3 - 10^6$
Esquistos	$6 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^7$
Mármol	$10^2 - 2,5 \cdot 10^8$
Cuarcita	$10^2 - 2,5 \cdot 10^8$
Rocas sedimentarias	
Arenisca	$8 - 4 \cdot 10^3$
Pizarra	$20 - 2 \cdot 10^3$
Calizas	$50 - 4 \cdot 10^2$
Suelo y agua	
Arcillas	1 – 100
Aluvial	10 – 800
Agua subterránea (dulce)	10 – 100
Agua de mar	0,2
Compuestos químicos	
Hierro	$9,074 \cdot 10^{-8}$
Cloruro potásico 0,01M	0,708
Cloruro sódico 0,01M	0,843
Ácido acético 0,01 M	6,13
Xyleno	$6,998 \cdot 10^{16}$

Fuente: Loke (1999), en Ravelo (2007)

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Alteración argílica	⇓
Disoluciones	⇓
Fracturación	⇓
Intrusión de aguas salinas	⇓
Cizallamiento	⇓
Alteración superficial	⇓
Compactación	⇑
Precipitación de carbonatos	⇑
Silicificación	⇑
Metamorfismo	⇕
⇑ Aumenta ⇓ Disminuye ⇕ Puede variar en ambos sentidos	

Figura 5.7. Factores geológicos que incrementan o disminuyen la resistividad

También, mencionar que, los factores geológicos pueden incrementar o disminuir la resistividad de las rocas o materiales presentes en el área de estudio (Figura 5.8).

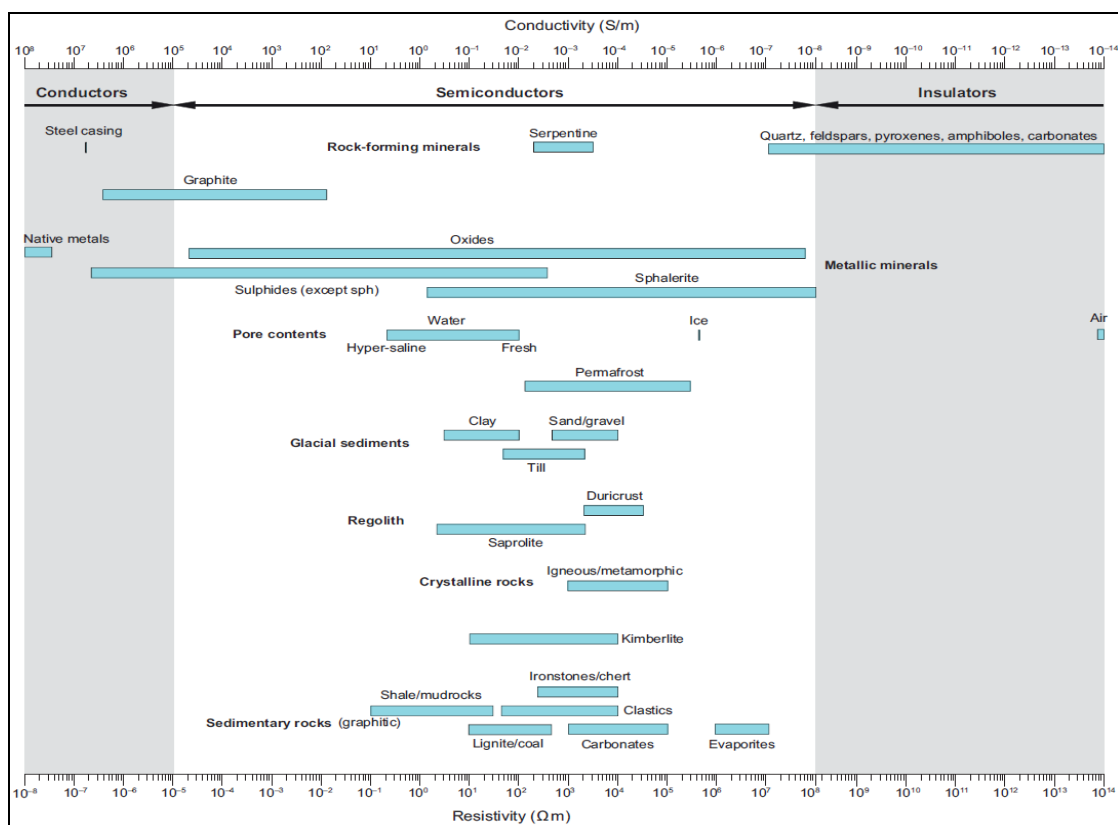


Figura 5.8. Resistividad y conductividad característica de distintos materiales
Fuente: Dentith y Mudge (2014)



5.2. Objetivo específico 2: Determinar la litogeoquímica y movilidad de los elementos de interés presentes en las formaciones rocosas y depósitos cuaternarios del sector Quicay, y definir los patrones geoquímicos de dispersión en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay

5.2.1. Caracterización geológica y geoquímica del sector Quicay

La caracterización geológica y geoquímica de roca se realizó en el ámbito de la U.F. Quicay, específicamente en áreas aledañas al tajo, botadero de desmonte Sur, Este y Suroeste.

5.2.2. Referencias utilizadas para la evaluación

Las referencias que se tomaron en cuenta para la caracterización geológica y el muestreo de rocas corresponden a los servicios geológicos del Perú, Colombia, Chile, Estados Unidos y Reino Unido; y se listan en las Tablas 5.11 y 5.12 respectivamente.

Tabla 5.11. Referencias empleadas para la caracterización geológica en el área de estudio

Referencia	Sección	País	Institución/autor	Año
Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100000	Toda la guía	Perú	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	2016
Basic Geological Mapping	Toda la guía	Reino Unido	Richard J. Lisle, Peter Brabham, y John Barnes	2011
Geological field techniques	Toda la guía	Reino Unido	Angela L. Coe, Tom W. Argles, David A. Rothery y Robert A. Spicer	2010
FGDC Digital Cartographic Standard for Geological Map Symbolization	Toda la guía	Estados Unidos	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés <i>United States Geological Survey</i>)	2006
Geological Structures and Maps	Toda la guía	Reino Unido	Richard J. Lisle	2004
Estándares cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos	Toda la guía	Colombia	Servicio Geológico Colombiano (Ingeominas)	2001

Tabla 5.12. Referencias empleadas para geoquímica en roca en el área de estudio

Documento	País	Institución/autor	Año
Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras	Chile	Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)	2015
Manual de inventario de recursos minerales	Perú	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos - INGEMMET	2013
Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials	Canadá	CANMET- <i>Mining and Mineral Sciences Laboratories</i>	2009
Manual de muestreo para exploración, minería subterránea y rajo abierto	Chile	Angel Lambert B.	2006
Introducción al muestreo minero	Chile	Marco Antonio Alfaro Sironvalle	2002

5.2.3. Ubicación de puntos para caracterización geológica y geoquímica

Los puntos para la caracterización geológica y muestreo geoquímico (Figura 5.9) fueron evaluados en el área de influencia del tajo, depósito de desmonte Sur, Suroeste y Este. Las coordenadas UTM y descripción de estos se presentan en la Tabla 5.13.

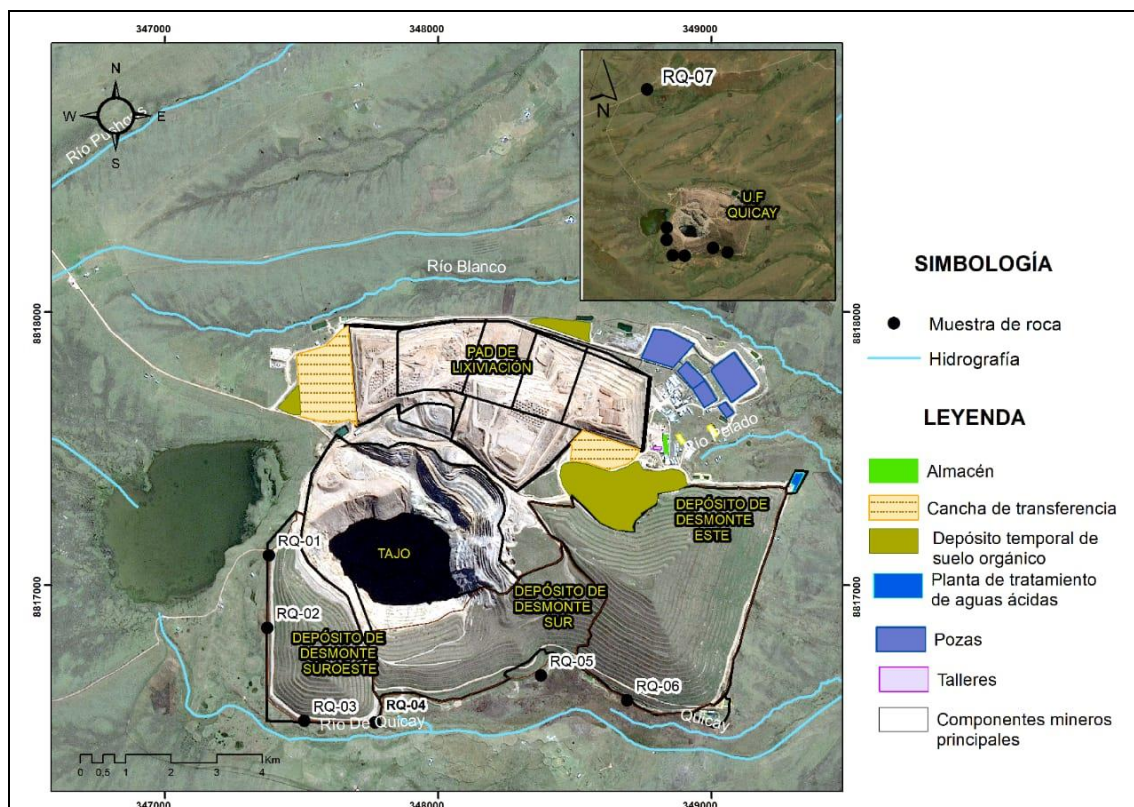

Figura 5.9. Esquema de distribución de puntos de muestreo de roca

Tabla 5.13. Ubicación de puntos para caracterización geológica y muestreo de roca

N.º	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
Caracterización geológica							
1	CG-Q1	10/10/2020	10:00	347378	8817084	4354	Depósitos cuaternarios ubicados al oeste del tajo Quicay y botadero de desmonte Suroeste
2	CG-Q2	10/10/2020	12:00	347375	8816759	4353	
3	CG-Q4	10/10/2020	16:00	349030	8816547	4352	
4	CG-Q3	10/10/2020	14:00	347496	8816505	4355	Afloramiento rocoso blanquecino ubicado al sur del botadero de desmonte Suroeste
5	CG-Q4	10/10/2020	16:00	349030	8816547	4352	Depósitos cuaternarios ubicado al Sur del botadero de desmonte
6	CG-Q5	11/10/2020	10:00	349302	8817342	4351	Depósito cuaternario ubicado al noreste del botadero de desmonte
7	CG-Q6	11/10/2020	11:00	348691	8816578	4305	Afloramiento rocoso ubicado al sur del botadero de desmonte Este
8	CG-Q7	11/10/2020	12:30	348376	8816669	4327	Afloramiento de roca al sur del botadero de desmonte Sur



N.º	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
9	CG-Q8	11/10/2020	14:00	347427	8817353	4357	Depósitos lacustres ubicados al este de la laguna Quicay
10	CG-Q9	11/10/2020	15:00	346937	8820094	4346	Aforamiento rocoso ubicado al norte de la de la U.F Quicay
Muestreo de roca							
1	RQ-01	10/10/2020	14:43	347380	8817109	4354	Depósitos cuaternarios ubicados al oeste del Tajo Quicay y botadero de desmonte Suroeste
2	RQ-02	10/10/2020	14:56	347374	8816843	4336	
3	RQ-03	10/10/2020	15:29	347509	8816503	4328	Afloramiento rocoso ubicado al sur del botadero de desmonte Suroeste
4	RQ-04	11/10/2020	11:55	347769	8816497	4324	Depósitos cuaternarios ubicados al sur del botadero de desmonte Suroeste y Sur
5	RQ-05	11/10/2020	12:30	348376	8816669	4327	Afloramiento de roca ígnea volcánica ubicada al sur del botadero de desmonte Sur y Este
6	RQ-06	12/10/2020	12:00	348691	8816578	4305	
7	RQ-07	10/10/2020	14:43	347380	8817109	4354	Afloramiento de roca ígnea volcánica, ubicada al norte de la

5.2.4. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros evaluados, métodos de análisis y cantidad de muestras para la caracterización geoquímica y mineralógica de roca se presentan en la Tabla 5.14. Todas las muestras fueron analizadas en los laboratorios acreditados contratados por el OEFA.

Tabla 5.14. Parámetros y métodos de análisis de muestras para la caracterización geoquímica y mineralógica de roca

N.º	Parámetros		Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
1	Metales totales		mg/kg	Metales por ICP-MS	AGQ Perú S.A.C.
2	Shake flake aniones		mg/L	Volumetría (cloruros), electrometría (fluoruros y nitratos), electrometría UV-VIS (fosfatos, nitritos y sulfatos)	ALAB
3	Shake flake metales		mg/kg	Metales por ICP-MS en extracto SFE	ALS LS Perú S.A.C.
4	MEB		%	Microscopía electrónica de barrido	BIZALAB S.A.C.
5	Difracción de rayos X		%	Microscopía por difracción de rayos X	BIZALAB S.A.C.
6	Dold		mg/kg	Análisis de extracción secuencial de 7 etapas	TYPSA S.A.
7	Microscopía óptica		---	Petromineragrafía	BIZALAB S.A.C.
8	ABA	Azufre total	%	PER-9207. Análisis elemental	ALS LS Perú S.A.C.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
	Fizz rating	No aplica	LME-8171. Calculado	
	pH pasta	No aplica	LME-8490. Electrometría	
	Potencial de acidez máximo (MPA)	kg CaCO ₃ /Ton	LME-8079. Calculado	
	Potencial de neutralización neto (NNP)	kg CaCO ₃ /Ton	LME-8080. Calculado	
	Potencial de neutralización Sobek	kg CaCO ₃ /Ton	LME-7497. Volumetría	
	Ratio potencial de neutralización (RNP)	No aplica	LME-8081. Calculado	

Fuente: Reporte de resultados N.º RRE-045-2020-STEC (Anexo 7) y reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4)

Las etapas de extracción del Dold se detallan a continuación:

- 1 etapa (fracción soluble en agua), esta etapa se realiza con agua desionizada y a temperatura ambiente. Esta fracción está relacionada con minerales fácilmente solubles en agua, como los sulfatos secundarios.
- 2 etapa (fracción intercambiable), esta etapa se realiza con acetato de amonio a 1 M, pH 4,5 y a temperatura ambiente. Esta fracción está relacionada con cationes intercambiables (arcillas) y calcitas.
- 3 etapa (fracción oxihidroxidos de hierro (III)), esta etapa se realiza con oxalato de amonio a 0,2 M, pH 3,0 y a temperatura ambiente. Esta fracción está relacionada con minerales poco cristalizados como la jarosita y schwertmannita.
- 4 etapa (fracción óxidos de hierro (III)), esta etapa se realiza con oxalato de amonio a 0,2 M y a baño de agua a temperatura 80 °C. Esta fracción está relacionada con hidroxisulfatos cristalizados como la jarosita, schwertmannita, goethita, jarosita, hematita y magnetita.
- 5 etapa (fracción orgánicos y sulfuros de cobre secundarios), esta etapa se realiza con H₂O₂ al 35 % y a baño de agua a temperatura 80 °C. Esta fracción está relacionada con minerales como covellita, calcocita-digenita y materia orgánica.
- 6 etapa (fracción sulfuros primarios), esta etapa se realiza con HCl, HNO₃ y baño de agua hirviendo. Esta fracción está relacionada con minerales como pirita, calcopirita, bornita, esfalerita, galena, arsenopirita, etc.
- 7 etapa (fracción residual) esta etapa se realiza con HNO₃, HF, HClO₄, HCl a 100 °C. Esta fracción está relacionada a minerales silicatos.

5.2.5. Materiales utilizados

Los materiales utilizados para la caracterización geológica y geoquímica de roca se detallan en el reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.2.6. Aseguramiento de la calidad

El control de calidad de los resultados de metales totales se realizó mediante la muestra duplicada. La cantidad de muestras duplicadas corresponde al 10 % del total de muestras (Jenner, 1996).

El porcentaje de diferencia relativa (PDR) se calculó usando la ecuación siguiente:

$$PDR = (\mu_i - STSi / STDi) \times 100$$

Dónde:



μ_i : Valor medio del elemento i en el estándar de varias corridas analíticas
 STDi : Valor conocido de la referencia

Para un PDR de 0% a 3% tiene precisión excelente, los valores de 3% a 7% tienen precisión muy buena; y los valores superiores al 10 % no son precisos; por lo tanto, no son considerados en el análisis (Jenner, 1996).

5.2.7. Procesamiento de datos

Los elementos mayores, menores y traza fueron analizados mediante diagramas de concentración de metales; mientras que, las concentraciones de metales en roca fueron comparadas con los valores de corteza continental propuesta Wedepohl (1984).

La evaluación de metales solubles se realizó según el análisis de *shake flake* (metales y aniones), los que se complementaron con los resultados de los ensayos mineralógicos.

Para el análisis geoquímico se procederá a dividir a los elementos mayores, menores y traza (Rivera, 2001), con el fin de visualizar los elementos de acuerdo con la abundancia terrestre:

- Elementos mayores: >1 %
- Elementos menores: 0,1 % - 1,0 %
- Elementos traza: < 0,1 %

5.3. Objetivo específico 3: Establecer la influencia de los contaminantes en los receptores ambientales agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, flora y fauna en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay

5.3.1. Análisis de la calidad del agua superficial y subterránea

Para evaluar la calidad del agua superficial de los ríos Quicay, Pelado y Blanco se consideró respetar la clasificación de los recursos hídricos establecida por la Autoridad Nacional del Agua (en adelante, ANA) mediante Resolución Jefatural N.° 056-2018-ANA, «Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales», que establece al río San Juan con la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales); adoptando esa misma categoría los ríos en mención por ser tributarios al río San Juan, conforme a la tercera disposición complementaria transitoria de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM.

5.3.1.1. Protocolos y guías para la evaluación

Los protocolos y guías de muestreo que se emplearon en la evaluación del agua superficial y agua subterránea, se detallan en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15. Guías y protocolos de muestreo de agua superficial y agua subterránea

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución/autor	Año
Agua superficial	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	6	Perú	Autoridad Nacional del Agua - ANA (Resolución Jefatural N.° 010-2016-ANA)	2016
Agua subterránea	Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios	Parte 2	Perú	Ministerio del Ambiente	2016

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución/autor	Año
	contaminados: Muestreo de aguas subterráneas			(Minam)	
	National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data (NFM)- Book 9	Capítulos del A1 al A6	Estados Unidos	U.S. Geological Survey	2015

5.3.1.2. Ubicación de los puntos de muestreo

Se establecieron los puntos de muestreo de agua superficial y agua subterránea, según se detalla en las Tablas 5.16 y 5.17 respectivamente, para realizar la caracterización de acuerdo con el objetivo planteado; así mismo en la Figura 5.10 se presenta la distribución de esos puntos.

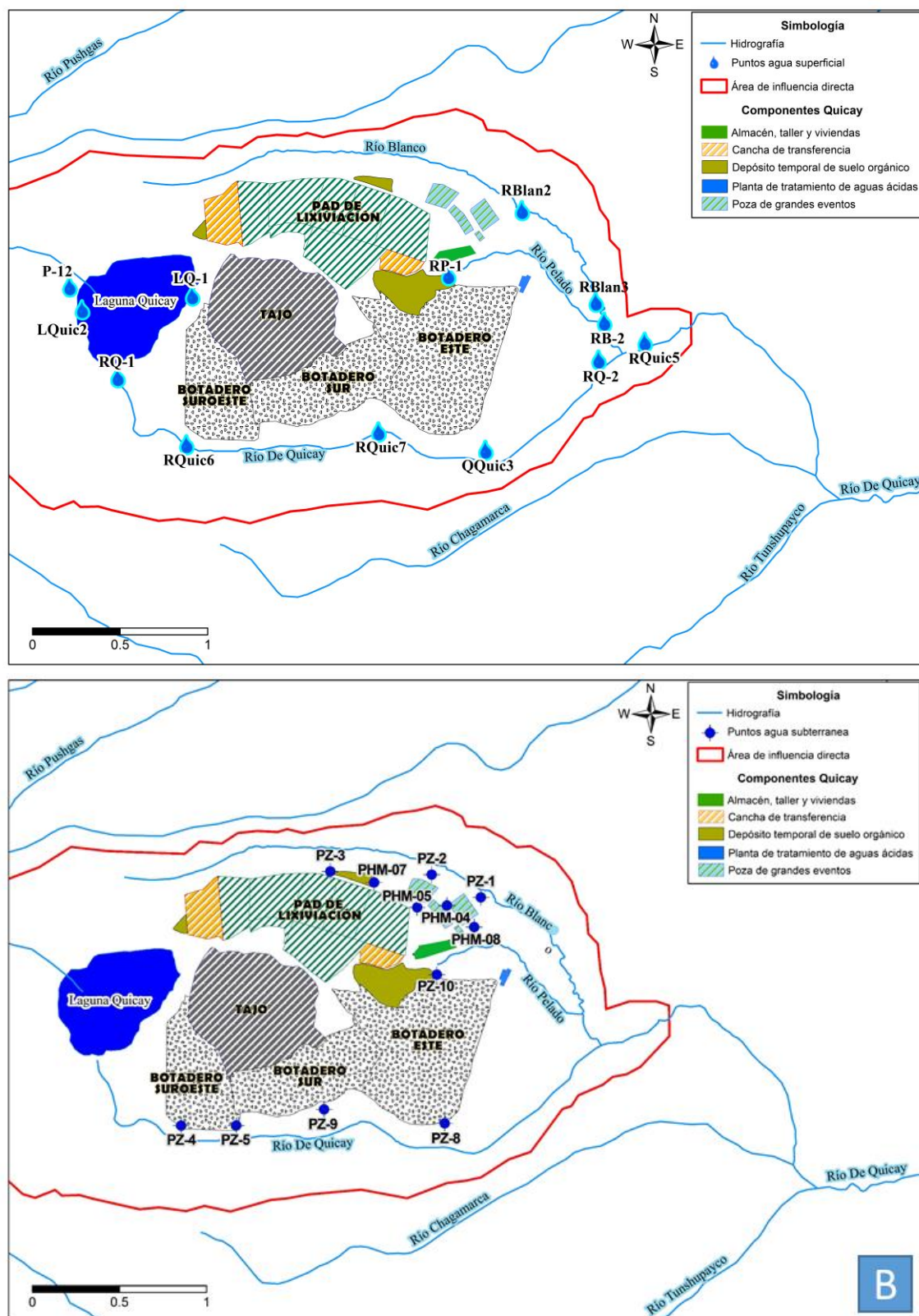


Figura 5.10. Distribución de puntos de muestreo de agua superficial (A) y subterránea (B)

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.16. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial**

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	P-12	346716	8817356	4327	Quebrada sin nombre, afluente de la laguna Quicay, a 200 metros aproximadamente al noroeste de la laguna.
2	LQuic2	346788	8817228	4326	Laguna Quicay a 600 metros aproximadamente al oeste del Tajo Quicay
3	RQ-1	346991	8816847	4323	Río Quicay, aguas arriba de las operaciones mineras ^(a) . Ubicada en el río Quicay, aguas arriba de las operaciones mineras y del punto de descarga E-NCD ^(b) .
4	LQ-1*	347416	8817306	4327	Laguna Quicay ^(a) . Ubicada en la laguna Quicay, antes de la zona de operaciones ^(b) .
5	RBlan2	349298	8817784	4269	Agua del río Blanco con flujo mínimo, a 100 metros aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la descarga del punto de vertimiento E-NE.
6	RP-1	348877	8817419	4312	Río Pelado, en poza Lucas ^(a) . Ubicada en la poza de captación de las aguas del río Pelado (afloramientos), antes de su tratamiento ^(b) .
7	RBlan3	349719	8817271	4251	Agua empozada en el Río Blanco, a 100 metros aproximadamente aguas arriba de la confluencia con el río Pelado y a 150 metros aproximadamente aguas abajo de la vivienda de la familia Atencio Rivera.
8	RB-2	349767	8817159	4248	Río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras ^(a) . Ubicada en el río Blanco aguas abajo de las operaciones mineras y de los puntos de descarga E-NE y SF-NE1 ^(b) . Agua empozada.
9	RQuic6	347383	8816471	4314	Río Quicay, ubicado a 200 metros aproximadamente del Botadero Suroeste.
10	RQuic7	348479	8816543	4286	Agua empozada en el río Quicay, ubicado a 200 metros aproximadamente de la poza PS-SUR-07, frente al límite de los Botaderos Sur y Este.
11	QQuic3	349090	8816440	4267	Quebrada sin nombre 2 con flujo mínimo, tributario en la margen izquierda del río Quicay, a 30 metros aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la descarga de la Planta E-NCD.
12	RQ-2	349735	8816946	4254	Río Quicay, aguas abajo de las operaciones mineras ^(a) . Ubicado en el río Quicay, aguas abajo de las operaciones mineras y del punto de descarga E-NCD ^(b) . Agua Empozada.
13	RQuic5	349998	8817046	4249	Agua empozada del río Quicay a 150 m aguas abajo de la confluencia con el río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras.

(a) : Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación de frecuencia de monitoreo y reporte de calidad de agua y aire. Resolución Directoral N.º 216-2015-MEM/DGAAM

(b) : Descripción obtenida del reporte público de supervisión, de la supervisión realizada del 15 al 20 de setiembre de 2018; con expediente N.º 0317-2018-DSEM-CMIN

*: En este punto se observó acumulación de rocas sobre el borde de la laguna Quicay.

**Tabla 5.17. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea**

N.º	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Piezómetros					
1	PZ-4 ^(a)	347460	8816523	4317	Ubicado en la parte baja del Depósito de Desmonte Suroeste, y a 100 m aproximadamente del río Quicay.
2	PZ-9 ^(a)	348280	8816616	4296	Ubicado en la parte baja del Depósito de Desmonte Sur y a 50 m aproximadamente del canal de coronación.
3	PZ-5 ^(a)	347776	8816524	4312	Ubicado en la parte baja del Depósito de Desmonte Suroeste, y a 80 m aproximadamente del río Quicay.
4	PZ-8 ^(a)	348972	8816536	4284	Ubicado en la Planta NCD, a 100 m aproximadamente del río Quicay y a 10 m de la Poza N° 1.
5	PZ-10 ^(a)	348927	8817387	4308	Piezómetro ubicado entre el PAD de Lixiviación y el río Pelado
6	PZ-1 ^(a)	349179	8817829	4275	Piezómetro ubicado al pie del talud de la Poza N.º 3
7	PZ-2 ^(a)	348897	8817960	4281	Piezómetro ubicado cerca al río blanco, al noreste del PAD de lixiviación
8	PZ-3 ^(a)	348316	8817978	4300	Piezómetro ubicado en el PAD de Lixiviación 1 y 2
Subdrenaje					
9	PHM-04 ^(b)	348985	8817783	4289	Poza de subdrenaje ubicada en la parte baja de la poza Pregnant (Poza N.º 2) y a 10 m de la poza de Grandes Eventos (Poza N.º 3).
10	PHM-07 ^(b)	348567	8817915	4315	Poza de subdrenaje ubicada en la parte baja del Pad de Lixiviación 2
11	PHM-05 ^(b)	348814	8817772	4301	Poza de subdrenaje, ubicada en la parte baja del PAD de lixiviación 1
12	PHM-08 ^(b)	349141	8817659	4285	Poza de subdrenaje, ubicada en la parte baja de la poza de hidrolisis

(a) Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación de frecuencia de monitoreo y reporte de calidad de agua y aire. Resolución Directoral N.º 216-2015-MEM/DGAAM

(b) Actualización del estudio hidrológico-hidrogeológico de la unidad minera Quicay de 2012.

5.3.1.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros evaluados y métodos de ensayo de las muestras para la evaluación del agua superficial y agua subterránea se detallan en las Tablas 5.18 y 5.19 respectivamente. En todos los puntos de muestreo de agua se midió *in situ* los parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

Tabla 5.18. Parámetros y métodos de análisis de las muestras de agua superficial

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
1	Metales totales incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	AGQ Perú S.A.C.
2	Metales disueltos incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	
3	Sulfatos	mg/L	Cromatografía iónica	
4	Cloruros	mg/L	Cromatografía iónica	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
5	Fluoruros	mg/L	Cromatografía iónica	
6	Nitritos	mg/L N-NO ₂	Cromatografía iónica	
7	Cromo hexavalente	mg/L	Espectrometría ultravioleta-visible (UV-VIS)	
8	Nitratos	mg/L N-NO ₃	Cromatografía iónica	
9	Acidez	mg/L CaCO ₃	Volumetría	
10	Bicarbonatos	mg/L	Volumetría	
11	Carbonatos	mg/L	Volumetría	
12	Fosfatos	mg/L PO ₄ -P	Cromatografía iónica	
13	Sólidos totales suspendidos	mg/L	Gravimetría	
14	Sólidos totales disueltos	mg/L	Gravimetría	
15	Cianuro Wad	mg/L	Método Colorimétrico	ALS LS Perú S.A.C.

Fuente: Reporte de resultados N.º RRE-045-2020-STEC (Anexo 7) y reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4)

Tabla 5.19. Parámetros y métodos de análisis de las muestras de agua subterránea

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
1	Metales totales incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	AGQ Perú S.A.C.
2	Metales disueltos incluido mercurio	mg/L	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	
3	Sulfatos	mg/L	Cromatografía iónica	
4	Cloruros	mg/L	Cromatografía iónica	
5	Fluoruros	mg/L	Cromatografía iónica	
6	Nitritos	mg/L N-NO ₂	Cromatografía iónica	
7	Cromo hexavalente	mg/L	Espectrometría ultravioleta-visible (UV-VIS)	
8	Nitratos	mg/L N-NO ₃	Cromatografía iónica	
9	Acidez	mg/L CaCO ₃	Volumetría	
10	Bicarbonatos	mg/L	Volumetría	
11	Carbonatos	mg/L	Volumetría	
12	Fosfatos	mg/L PO ₄ -P	Cromatografía iónica	
13	Sólidos totales disueltos	mg/L	Gravimetría	
14	Cianuro Wad	mg/L	Método Colorimétrico	ALS LS Perú S.A.C.

Fuente: Reportes de resultados N.º RRE-045-2020-STEC (Anexo 7), N.º RRE-021-2020-STEC (Anexo 6), y reportes de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4), N.º RC-028-2020-STEC (Anexo 1)

5.3.1.4. Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizó equipos para la medición de parámetros *in situ* y el posicionamiento de los puntos de muestreo, los cuales se detallan en los reportes de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4) y N.º RC-028-2020-STEC (Anexo 1).

5.3.1.5. Aseguramiento de la calidad



El aseguramiento de la calidad en la etapa de campo, consideró la verificación y ajuste de los sensores de los equipos multiparámetro, antes de inicio de muestreo. Los resultados se presentan en los reportes de campo N.º RC-028-2020-STEC y N.º RC-059-2020-STEC, que se presentan en los Anexos 1 y 4.

Para el aseguramiento de calidad de los resultados de laboratorio, se tomó un duplicado del parámetro metales totales, un blanco de campo, un blanco viajero, un blanco de equipo, un blanco de filtro y un blanco de frascos.

5.3.1.6. Criterios de evaluación

La evaluación de la calidad del agua superficial se hará en base a los Estándares Nacionales de Calidad para agua. Los cuerpos de agua en estudio no cuentan con categoría, sin embargo, pertenecen a la microcuenca de los ríos Blanco y Quicay que a su vez son tributarios al río San Juan, por ende, se aplicará la categoría establecido en la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA. Los cuerpos de agua en el ámbito de estudio que no se encuentran expresas en dicha resolución, al ser aportantes del río San Juan (Código de cuenca 137532), se clasificarán en la categoría 3, mientras que la laguna Quicay en la categoría 4, según se detalla en la Tabla 5.20.

Tabla 5.20. Cuerpos de agua ubicados en el área de estudio

Curso de agua principal	Cuerpo de agua	Categoría	Código de cuenca
Río San Juan	Ríos Blanco, Pelado y Quicay	Categoría 3	137532
	Laguna Quicay	Categoría 4	

Los resultados obtenidos de los muestreos de agua superficial (ríos) fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (en adelante, ECA para agua) categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales); así mismo, las aguas superficiales (laguna) se compararon con los ECA para agua categoría 4 (lagunas y lagos); aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.

Los resultados obtenidos fueron comparados, de manera referencial, con los ECA para agua, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales y categoría 4: lagunas y lagos, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM, estos resultados solo se presentan en los reportes de resultados RRE-021-2020-STEC (Anexo 6) y RRE-045-2020-STEC (Anexo 7).

Respecto a las aguas subterráneas, no cuenta con normativa nacional de comparación, sin embargo, la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la unidad minera Quicay, considera de manera referencial comparar sus resultados con los ECA para agua categoría 3, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM. Adicionalmente, los resultados de los parámetros evaluados fueron comparados, de manera referencial, con los ECA de agua categoría 3; aprobados mediante Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM.

5.3.1.7. Procesamiento de datos

Agua superficial

a) Diagrama de Piper

Se elaboró el diagrama hidroquímico de Piper, el cual permitió caracterizar las aguas en función de la predominancia catiónica y aniónica (iones mayoritarios del agua) e interacción con la roca (Tabla 5.21).

Tabla 5.21. Componentes iónicos mayoritarios del agua

Constituyentes	Iones mayoritarios
Cationes	Calcio (Ca^{2+}), sodio (Na^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^{2+})
Aniones	Bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) y cloruro (Cl^-)

Este diagrama incluye aniones y cationes en forma simultánea, las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas. Está formado por 2 triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ . Los vértices del triángulo de aniones son SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^- . Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones en meq/L se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo 3 aniones y cationes. A cada vértice le corresponde el 100 % de un anión o catión. En la Figura 5.11 se muestran una apreciación de este diagrama que permite caracterizar varios tipos de aguas. Cabe precisar que, para la realización de los diagramas hidroquímicos se empleó el software libre Diagrammes Versión 6.5.

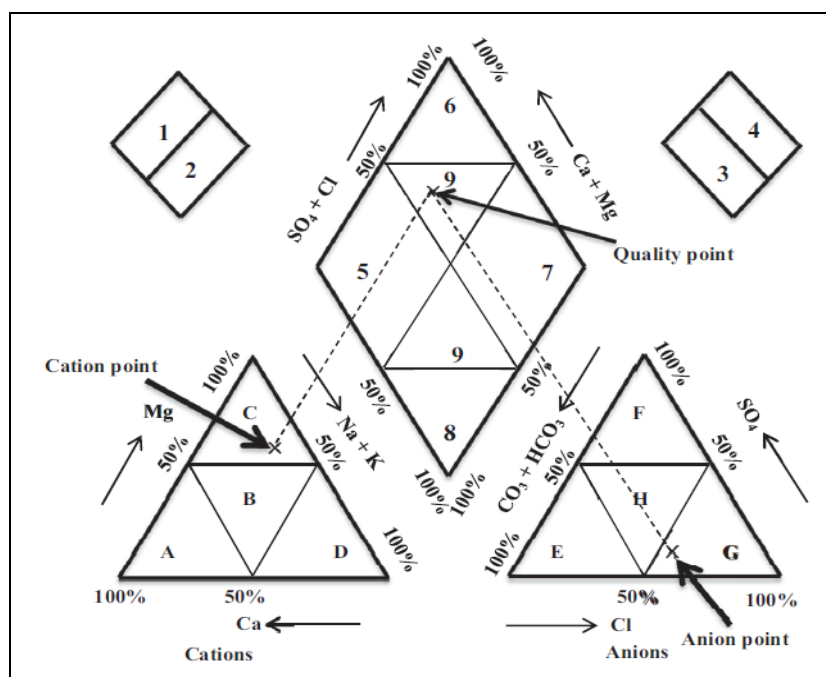


Figura 5.11. Diagrama de Piper

Fuente: Şen, 2015.

b) Diagrama de Stiff

Este diagrama está compuesto por 3 ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los

aniones al derecho. Siempre el Na^+ se confronta con el Cl^- , Ca^{+2} , HCO_3^- , Mg^{+2} y SO_4^{2-} . Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/L (Figura 5.12).

Este tipo de diagrama: por un lado, permite visualizar diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica).

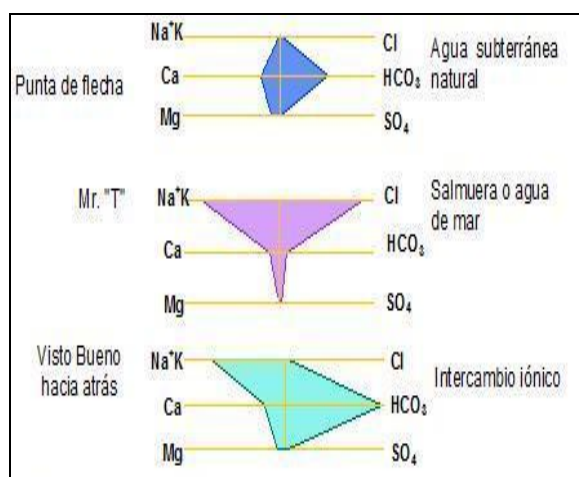


Figura 5.12. Diagrama de Stiff para agua

5.3.2. Análisis de la calidad de sedimento

La metodología utilizada para el muestreo de sedimentos de cuerpos de agua continentales contempla la ubicación de puntos de muestreo, los parámetros, los métodos de análisis, los equipos, la toma de muestra, los criterios de comparación y el análisis de datos; estos procedimientos se detallan en los siguientes ítems.

5.3.2.1. Referencias utilizadas para la evaluación

Las referencias para el muestreo de sedimento son detalladas en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimento

Protocolo	Institución	País	Sección	Año
Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (<i>Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001</i>)	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	Estados Unidos	Todas	2001
Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure (SOP)</i> . #EH-02, Muestreo de Sedimento (Adaptado de ERT/REAC SOP #2016 Rev 0.0) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos*				2003

(*): Environmental Protection Agency (EPA). S SOP #EH-02 Sediment Sampling (Adapted from ERT/REAC SOP #2016 Rev 0.0). Tomado de https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf.

5.3.2.2. Ubicación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo de sedimento para la evaluación ambiental de la unidad fiscalizable Quicay se ubicaron en los mismos puntos de muestreo de calidad de agua superficial. El muestreo se realizó en octubre de 2020. En la Tabla 5.23 se muestra la

ubicación de puntos de muestreo, los cuerpos de agua asociados y la ubicación de los puntos de muestreo; y su la distribución espacial se muestra en la Figura 5.13.

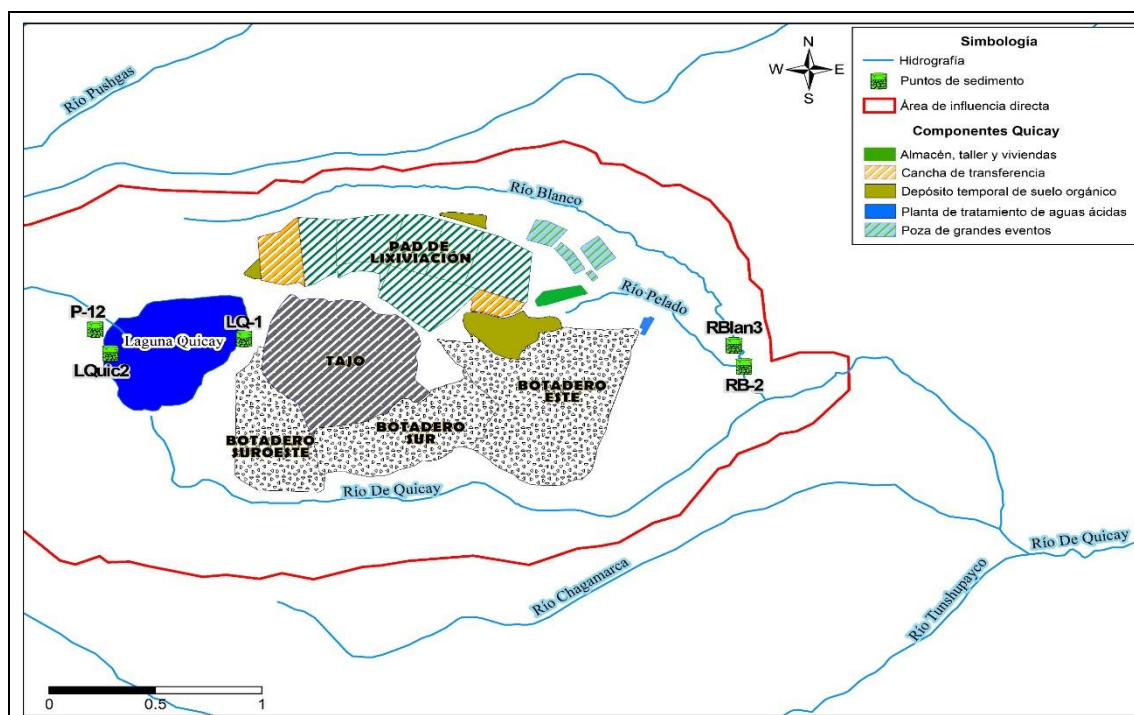


Figura 5.13. Ubicación de puntos de muestreo de sedimento

Tabla 5.23. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento

N.º	Cuerpo receptor	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	Laguna Quicay	LQ-1*	347416	8817306	4327	Laguna Quicay ^(a) . Ubicada en la laguna Quicay, antes de la zona de operaciones ^(b)
2	Río Blanco	RB-2	349767	8817159	4248	Río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras ^(a) . Ubicada en el río Blanco aguas abajo de las operaciones mineras y de los puntos de descarga E-NE y SF-NE1 ^(b) . Agua empozada.
3	Quebrada sin nombre	P-12	346716	8817356	4327	Quebrada sin nombre, afluente de la laguna Quicay, a 200 metros al noroeste de la laguna.
4	Río Blanco	RBlan3	349719	8817271	4251	Agua empozada en el Río Blanco, a 100 metros aproximadamente aguas arriba de la confluencia con el río Pelado y a 150 metros aproximadamente aguas abajo de la vivienda de la familia Atencio Rivera.
5	Laguna Quicay	LQuic2	346788	8817228	4326	Laguna Quicay a 600 metros aproximadamente al oeste del Tajo Quicay

(a) : Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación de frecuencia de monitoreo y reporte de calidad de agua y aire. Resolución Directoral N.º 216-2015-MEM/DGAAM

(b) : Descripción y altitud obtenida del reporte público de supervisión, de la supervisión realizada del 15 al 20 de setiembre de 2018. Con expediente N.º 0317-2018-DSEM-CMIN

* : En este punto se observó acumulación de rocas sobre el borde la laguna Quicay.

5.3.2.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros en consideración fueron elegidos en función a las actividades realizadas en el área de influencia de la unidad fiscalizabe Quicay y teniendo como referencia los Estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canada – CEQG (*Canadian Quality*



Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2001), considerados para sedimentos de agua dulce (Tabla 5.24)

Tabla 5.24. Parámetros evaluados y métodos de análisis de las muestras de sedimento

N.º	Parámetros	Unidad	Método de ensayo	Laboratorio de ensayo
1	Metales totales y mercurio	mg/kg PS	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014) VAL	AGQ Perú S.A.C.
2	Análisis granulométrico	%	ASTM D422-63(Reapproved 2007)	AGQ Perú S.A.C.
3	pH	Und. de pH	Potenciometría pH	AGQ Perú S.A.C.

5.3.2.4. Materiales utilizados

Los materiales utilizados para la evaluación de sedimento se detallan en el reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.3.2.5. Criterios de evaluación

Los resultados fueron comparados, referencialmente, con las *Sediment Quality Guidelines (SQG)*, de la *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG - 2002)* del *Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)*. Esta guía presenta un estándar científico para observar efectos biológicos adversos en sistemas acuáticos, para ello establece dos tipos de valores y un rango: (i) ISQG (*Interim Sediment Quality Guidelines*), que corresponde al límite por debajo del cual ocurre rara vez efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos, (ii) PEL (*Probable Effect Level*), que corresponde al límite por encima del cual ocurre frecuentemente efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos, y (iii) al valor que se encuentra entre los valores ISQG y PEL, corresponde al rango de efecto posible dentro del cual ocurre ocasionalmente efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas acuáticos.

5.3.3. Comunidades hidrobiológicas

Los diversos organismos pertenecientes a las comunidades hidrobiológicas están directamente relacionados entre sí, así como con el ecosistema acuático en el que coexisten. Es por ello importante analizar las comunidades hidrobiológicas y relacionarlas a los componentes no biológicos (agua superficial y sedimento). Estos resultados son alcanzados a través de una serie de procedimientos, que son necesarios desarrollar tanto en campo como en gabinete. Estos procedimientos se describen a continuación.

5.3.3.1. Guías y protocolos de muestreo

La colecta de muestras hidrobiológicas de las comunidades del perifiton (microalgas y microorganismos), macroinvertebrados bentónicos, plancton (fitoplancton y zooplancton) y peces tuvieron como base metodológica las técnicas de muestreo descritas en la guía detallada en la Tabla 5.25. En esta guía se señala los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en la evaluación del componente hidrobiológico, el establecimiento de los puntos de monitoreo, materiales y equipos requeridos para la evaluación, equipos de protección personal, preservación de muestras, entre otros.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Tabla 5.25. Guías y protocolos de muestreo para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas

Protocolo	Sexción	País	Institución/autor	Año
Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales del Perú	Todas	Perú	Ministerio del Ambiente	2014

5.3.3.2. Ubiación de los puntos de muestreo

Se evaluó un total de 12 puntos de muestreo para las comunidades hidrobiológicas. Los puntos de muestreo fueron designados en relación con los puntos de muestreo de agua superficial y sedimento; según lo verificado en el reconocimiento técnico ambiental y que presentaron condiciones de accesibilidad, importancia de uso y disponibilidad de microhábitats.

De acuerdo con los factores anteriormente descritos se colectaron muestras en el cauce principal o en la orilla del cuerpo de agua que coincidieron con la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimento. En la Tabla 5.26, se presentan los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas seleccionados y su la distribución espacial se muestra en la Figura 5.14.

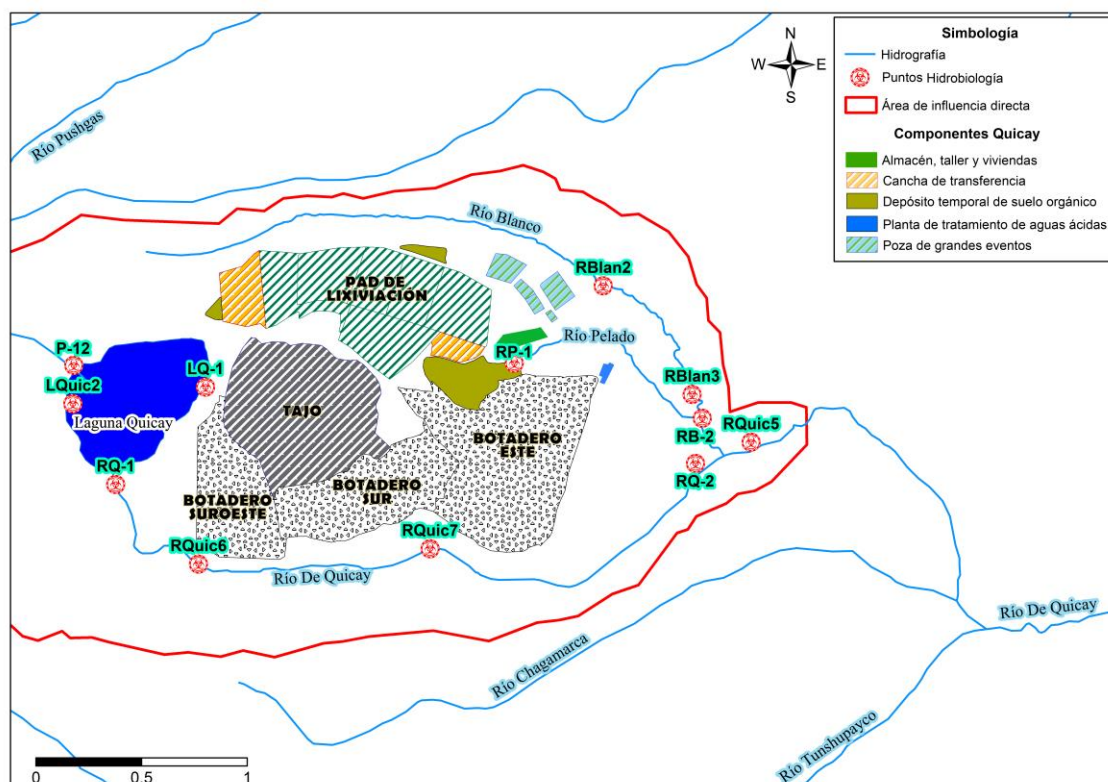


Figura 5.14. Ubicación de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.26.** Ubicación de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas

N.º	Cuerpo receptor	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	MIB	Perifiton	Peces	Plancton	Descripción
			Este (m)	Norte (m)						
Ríos y quebradas										
1	Quebrada sin nombre	P-12	348316	8817978	4300	x	x			Quebrada sin nombre, afluente de la laguna Quicay, a 200 metros aproximadamente al noroeste de la laguna.
2	Río Quicay	RQ-1	346991	8816847	4323	x	x	x		Río Quicay, aguas arriba de las operaciones mineras (a). Ubicada en el río Quicay, aguas arriba de las operaciones mineras y del punto de descarga E-NCD (b).
3	Río Blanco	RBlan2	349298	8817784	4269	x		x		Agua del río Blanco con flujo mínimo, a 100 metros aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la descarga del punto de vertimiento E-NE.
4	Río Pelado	RP-1	348877	8817419	4312	x	x			Río Pelado, en poza Lucas (a). Ubicada en la poza de captación de las aguas del río Pelado (afloramientos), antes de su tratamiento (b)
5	Río Blanco	RBlan3	349719	8817271	4251	x	x	x		Agua empozada en el Río Blanco, a 100 metros aproximadamente aguas arriba de la confluencia con el río Pelado y a 150 metros aproximadamente aguas abajo de la vivienda de la familia Atencio Rivera.
6	Río Blanco	RB-2	349767	8817159	4248	x	x	x		Río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras (a). Ubicada en el río Blanco aguas abajo de las operaciones mineras y de los puntos de descarga E-NE y SF-NE1 (b). Agua empozada.
7	Río Quicay	RQuic6	347383	8816471	4314	x	x	x		Río Quicay, ubicado a 200 metros aproximadamente del Botadero Suroeste.
8	Río Quicay	RQuic7	348479	8816543	4286	x		x		Agua empozada en el río Quicay, ubicado a 200 metros aproximadamente de la poza PS-SUR-07, frente al límite de los Botaderos Sur y Este.
9	Río Quicay	RQ-2	349735	8816946	4254	x	x			Río Quicay, aguas abajo de las operaciones mineras (a). Ubicado en el río Quicay, aguas abajo de las operaciones mineras y del punto de descarga E-NCD (b). Agua Empozada.
10	Río Quicay	RQuic5	349998	8817046	4249	x	x			Agua empozada del río Quicay a 150 m aguas abajo de la confluencia con el río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras.
Laguna										
11	Laguna Quicay	LQuic2	346788	8817228	4326				x	Laguna Quicay a 600 metros aproximadamente al oeste del Tajo Quicay.
12	Laguna Quicay	LQ-1	347416	8817306	4327				x	Laguna Quicay (a) Ubicada en la laguna Quicay, antes de la zona de operaciones(b)

MIB: macroinvertebrados bentónicos

Plancton: fitoplancton y zooplancton

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

(a): Informe Técnico Sustentatorio de la Modificación de frecuencia de monitoreo y reporte de calidad de agua y aire. Resolución Directoral N.° 216-2015-MEM/DGAAM

(b): Descripción obtenida del reporte público de supervisión, de la supervisión realizada del 15 al 20 de setiembre de 2018. Con expediente N.° 0317-2018-DSEM-CMIN

5.3.3.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 5.27 se presenta los parámetros y métodos de análisis empleados para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas.

Tabla 5.27. Parámetros evaluados y métodos de análisis de comunidades hidrobiológicas

N.°	Parámetro	Unidad	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo
1	Macroinvertebrados bentónicos	Org/m ²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
2	Perifiton	Org/cm ²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	
3	Fitoplancton	Org/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 200 C, 22nd Ed. 2012	
4	Zooplancton	Org/L	Standard Methods 10200C y 10200G.	
4	Peces	N.° de individuos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 600 D, 22nd Ed. 2012	

Fuente: Reportes de campo N.° 059-2020-STEC (Anexo 4) y Reporte de resultados N.° RRE-045-2020-STEC (Anexo 7).

* Las muestras fueron evaluadas por taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA.

5.3.3.4. Materiales utilizados

Los materiales empleados para la ubicación de los puntos de muestreo y la correspondiente colecta de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, se presentan en mayor detalle en el reporte de campo N.° 059-2019-STEC, ubicados en el Anexo 4.

5.3.3.5. Aseguramiento de calidad

El aseguramiento de la calidad con respecto a las actividades en campo tuvo en cuenta lo descrito en el manual «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales del Perú». Lo relacionado al análisis de las muestras obedeció a los criterios de los taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA.

5.3.3.6. Procesamiento y análisis de datos

En este ítem se describen las comunidades hidrobiológicas en cuanto a la composición, riqueza, abundancia y diversidad alfa; obtenidas en función de los reportes emitidos en los análisis de identificación taxonómica para el perifiton, plancton, macroinvertebrados bentónicos y peces (Anexo 7).

a) Composición, riqueza y abundancia

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) del perifiton, macroinvertebrados bentónicos, plancton y necton (peces) en los cuerpos de agua evaluados.

Los resultados se analizaron en base a la abundancia total; para esto, se utilizó el programa Excel en el que se sistematizó los nombres y números de cada especie por cada



punto de muestreo; posteriormente, se realizó las representaciones mediante gráficas acumuladas por punto evaluado.

b) Diversidad alfa

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los siguientes índices:

- Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')

Para el análisis de diversidad se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'). Es un índice basado en la abundancia relativa de especies y combina 2 propiedades de las comunidades: La riqueza o variedad de especies y la abundancia relativa de las mismas. Este es un método ampliamente usado para calcular la diversidad biótica en ecosistemas acuáticos y terrestres, y se expresa como:

$$H' = - \sum (P_i) (\log_2 P_i)$$

Dónde:

H' = índice de diversidad de especies.

P_i = proporción del total de la muestra perteneciente a su especie i .

La expresión de Shannon Wiener mostrará valores altos cuando la zona de evaluación tenga un mayor número de especies o la distribución de sus abundancias sea homogénea. El valor del índice es cero en los casos en que todos los individuos recogidos pertenezcan a una sola especie (Magurran, 1988).

- Equidad de Pielou (J')

El índice de equidad de Pielou, 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; Peet, 1974).

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

Donde:

J' : Índice de equidad de Pielou

H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener

H'_{max} : $\ln(S)$

S : Número de especies

5.3.4. Análisis de suelo

A continuación, se presenta la metodología y criterios empleados en la evaluación de la calidad del suelo en la unidad fiscalizable Quicay. Asimismo, la evaluación de zonas control (nivel de fondo) para determinar la presencia de alteraciones en la calidad de los suelos respecto a la cantidad de metales presentes.



5.3.4.1. Guías utilizadas para la evaluación

El estudio de suelos fue realizado considerando los documentos listados en la Tabla 5.28, los cuales detallan criterios técnicos que ayudan a desarrollar de manera adecuada la clasificación natural de los suelos, la capacidad de uso mayor, cobertura y uso actual de la tierra; resaltando la determinación de la calidad ambiental de los suelos evaluados mediante el muestreo de identificación.

El muestreo de identificación se basará principalmente en los lineamientos establecidos en la «Guía para el muestreo de suelos» y en la «Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos», aprobadas mediante Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM; donde se indica que previo al muestreo se debe realizar la delimitación de áreas de potencial interés, así como el levantamiento técnico del sitio, entre otras actividades, las que fueron llevadas a cabo y sirvieron de sustento para la planificación y el desarrollo del muestreo.

Tabla 5.28. Documentos técnicos usados durante el estudio de suelos

Nombre del documento	Dispositivo Legal	Entidad	País
Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor	Decreto Supremo N.° 017-2009-AG	Ministerio de Agricultura	Perú
Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de suelos	Decreto Supremo N.° 013-2010-AG		
Guía para el Muestreo de Suelos	Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM	Ministerio del Ambiente – Minam	
Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos			
Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo	Decreto Supremo N.° 011-2017-MINAM		
Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados	Decreto Supremo N.° 012-2017-MINAM		
Manual de Lineamientos y Procedimientos para la elaboración y evaluación de Informes de Identificación de Sitios Contaminados	Portal del MINAM		
Nomenclatura estandarizada del sistema Corine Land Cover y protocolos para la generación de mapas de cobertura y uso de la tierra	geoservidor.minam.gob.pe (Plataforma de información territorial ambiental)		
Claves para la taxonomía de suelos (décima segunda edición, 2014)	Soil Survey Staff	Departamento de agricultura – Servicios de conservación de recursos naturales	
Soil Survey Manual (2017)			

5.3.4.2. Ubicación de puntos de muestreo

Previo a la determinación puntos de muestreo (calicatas y muestras puntuales), se tomaron en consideración los lineamientos establecidos en las guías mencionadas en la Tabla 5.29. Por lo que, se llevó a cabo una evaluación preliminar, en base a información secundaria del área de estudio y un modelo conceptual inicial presentado en las Figuras 5.1 y 5.2.

La evaluación preliminar consistió en la recopilación y análisis de información contenida en los instrumentos de gestión ambiental de los administrados, con el fin de tener conocimiento acerca de la evolución cronológica de los usos y ocupación de los suelos a evaluar, ubicación de los principales procesos productivos y operaciones desarrolladas por



los administrados, características y gestión de sus emisiones, efluentes y residuos generados; además de estudios de línea de base concernientes a suelos, geología, paisaje, clima y meteorología, hidrología, ecología, agua, flora, fauna, modelamiento de aire e impactos biológicos y físicos sobre el área de influencia de las operaciones mineras.

Se reunió y revisó información referida a zonas de vida, paisaje, relieve, intensidad de erosión, material parental y capacidad de uso mayor de suelos, contenidos en los mapas (escalas 1:1000000, 1:100000) elaborados por el Ministerio de Agricultura (Minagri) y el Ministerio del Ambiente (Minam); la información sobre las unidades geológicas fue tomada de la carta nacional emitida por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet) a escala 1:50000.

Esta información fue analizada y utilizada de manera conjunta para determinar de forma preliminar las unidades homogéneas de tierra (donde se ubicarían las áreas de potencial interés, calicatas y muestras puntuales). Esto permitió tener una idea de los lugares que fueron escenarios de actividades o eventos relacionados con el administrado, que pudieron afectar al desarrollo natural del suelo (muestras de identificación), y a determinar lugares donde se pueda estudiar el desarrollo natural del suelo (para obtener muestras de fondo); lo cual ayudará a distinguir los suelos con afectación antropogénica que pueden necesitar intervención para ser rehabilitados. En la Tabla 5.29 y 5.30 se presentan los puntos de muestreo en área de potencial interés y niveles de fondo respectivamente, así como su distribución espacial en la Figura 5.15.

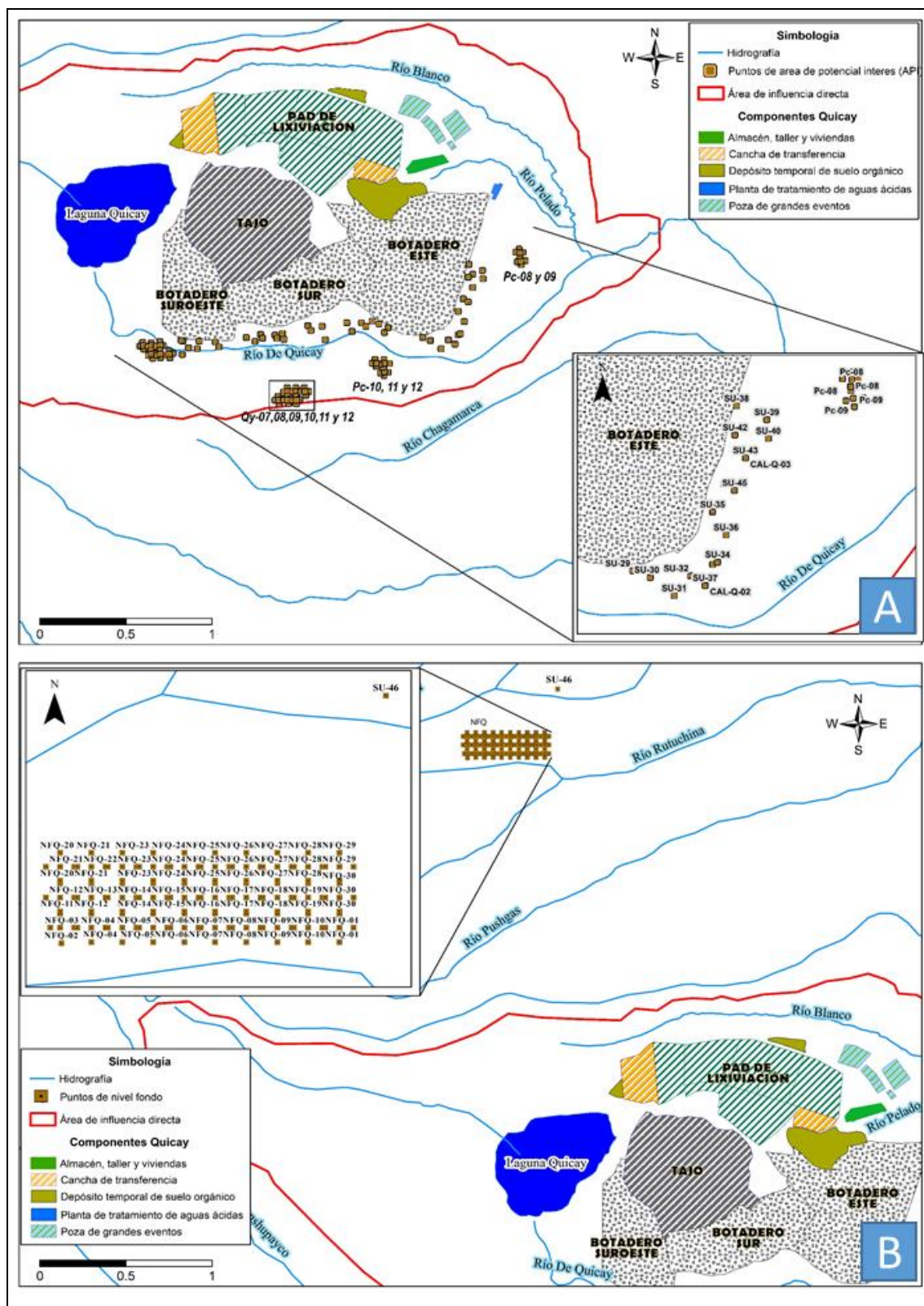


Figura 5.15. Ubicación de puntos de muestreo de suelo

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.29. Ubicación de los puntos de muestreo en Áreas de Potencial Interés (API)**

N.º	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
1	SU-01	347491	8816491	Al sur del botadero de desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
2	SU-02	347587	8816490	Al sur del botadero de desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
3	SU-03	347680	8816485	Al sur del botadero de desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
4	SU-05	347525	8816452	Al sur del botadero de desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
5	SU-06	347575	8816446	Al sur del botadero de desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
6	SU-07	347702	8816456	Al sur del botadero de desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
7	SU-04	347482	8816495	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
8	SU-09	347860	8816511	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
9	SU-10	347912	8816489	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
10	SU-11	347943	8816530	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
11	SU-12	347955	8816508	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
12	SU-13	348028	8816526	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
13	SU-14	348071	8816536	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
14	SU-15	348079	8816501	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
15	SU-16	348037	8816507	Al sur del botadero de desmonte Sur, alledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02
16	SU-17	348218	8816581	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
17	SU-18	348235	8816553	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
18	SU-19	348300	8816578	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
19	SU-20	348318	8816499	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
20	SU-21	348444	8816598	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
21	SU-22	348474	8816548	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
22	SU-23	348529	8816597	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
23	SU-24	348555	8816576	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
24	SU-25	348591	8816608	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
25	SU-26	348631	8816591	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
26	SU-27	348683	8816570	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
27	SU-28	348663	8816542	Al sur del botadero de desmonte Este, alledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
28	SU-29	348885	8816511	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
29	SU-30	348930	8816494	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
30	SU-31	348992	8816446	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
31	SU-32	349034	8816498	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código OEFA		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Descripción
			Este (m)	Norte (m)	
32	SU-33		349091	8816528	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
33	SU-34		349104	8816534	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
34	SU-35		349091	8816665	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
35	SU-36		349126	8816605	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
36	SU-37		349072	8816473	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
37	SU-38		349153	8816942	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
38	SU-39		349231	8816906	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
39	SU-40		349235	8816857	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
40	SU-41		349176	8816883	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
41	SU-42		349149	8816866	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
42	SU-43		349176	8816806	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
43	SU-44		349120	8816739	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
44	SU-45		349148	8816721	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas
45	Pc-09	Pc-09a	349448	8816982	Suelo Pacoyan al Este del botadero de desmonte Este, en la margen izquierda del río Quicay
		Pc-09b	349479	8816964	
		Pc-09c	349457	8816940	
		Pc-09d	349435	8816956	
		Pc-09e	349454	8816962	
46	Pc-08	Pc-08a	349445	8817031	Suelo Pacoyan al Este del botadero de desmonte Este, en la margen izquierda del río Quicay
		Pc-08b	349466	8817012	
		Pc-08c	349447	8816993	
		Pc-08d	349426	8817013	
		Pc-08e	349450	8817011	
47	Qy-01	Qy-01a	347259	8816482	Suelo Quicay, al sur del botadero de desmonte Suroeste en la margen derecha del río Quicay
		Qy-01b	347282	8816463	
		Qy-01c	347265	8816444	
		Qy-01d	347243	8816461	
		Qy-01e	347261	8816464	
48	Qy-02	Qy-02a	347309	8816481	Suelo Quicay, al sur del botadero de desmonte Suroeste en la margen derecha del río Quicay
		Qy-02b	347328	8816463	
		Qy-02c	347312	8816443	
		Qy-02d	347291	8816457	
		Qy-02e	347311	8816464	
49	Qy-03	Qy-03a	347359	8816487	Suelo Quicay, al sur del botadero de desmonte Suroeste en la margen derecha del río Quicay
		Qy-03b	347378	8816464	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código OEFA		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Descripción
			Este (m)	Norte (m)	
		Qy-03c	347356	8816441	
		Qy-03d	347338	8816460	
		Qy-03e	347361	8816464	
50	Qy-04	Qy-04a	347306	8816434	Suelo Quicay, al sur del botadero de desmonte Suroeste en la margen derecha del río Quicay
		Qy-04b	347333	8816418	
		Qy-04c	347317	8816390	
		Qy-04d	347292	8816406	
		Qy-04e	347311	8816414	
51	Qy-05	Qy-05a	347359	8816436	Suelo Quicay, al sur del botadero de desmonte Suroeste en la margen derecha del río Quicay
		Qy-05b	347384	8816409	
		Qy-05c	347361	8816392	
		Qy-05d	347340	8816408	
		Qy-05e	347361	8816414	
52	Qy-06	Qy-06a	347411	8816433	Suelo Quicay, al sur del botadero de desmonte Suroeste en la margen derecha del río Quicay
		Qy-06b	347434	8816419	
		Qy-06c	347416	8816392	
		Qy-06d	347489	8816412	
		Qy-06e	347411	8816414	
53	Qy-07	Qy-07a	348097	8816217	Suelo Quicay al sur del botadero de desmonte Sur, frente a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del río Quicay
		Qy-07b	348122	8816196	
		Qy-07c	348103	8816170	
		Qy-07d	348078	8816193	
		Qy-07e	348101	8816194	
54	Qy-08	Qy-08a	348148	8816216	Suelo Quicay al sur del botadero de desmonte Sur, frente a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del río Quicay
		Qy-08b	348174	8816195	
		Qy-08c	348153	8816172	
		Qy-08d	348130	8816194	
		Qy-08e	348151	8816194	
55	Qy-09	Qy-09a	348198	8816217	Suelo Quicay al sur del botadero de desmonte Sur, frente a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del río Quicay
		Qy-09b	348223	8816195	
		Qy-09c	348206	8816172	
		Qy-09d	348179	8816193	
		Qy-09e	348201	8816194	
56	Qy-10	Qy-10a	348045	8816167	Suelo Quicay al sur del botadero de desmonte Sur, frente a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del río Quicay
		Qy-10b	348073	8816150	
		Qy-10c	348052	8816124	
		Qy-10d	348027	8816143	
		Qy-10e	348050	8816144	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código OEFA		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Descripción
			Este (m)	Norte (m)	
57	Qy-11	Qy-11a	348100	8816167	Suelo Quicay al sur del botadero de desmonte Sur, frente a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del río Quicay
		Qy-11b	348121	8816152	
		Qy-11c	348106	8816123	
		Qy-11d	348078	8816143	
		Qy-11e	348101	8816144	
58	Qy-12	Qy-12a	348150	8816165	Suelo Quicay al sur del botadero de desmonte Sur, frente a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del río Quicay
		Qy-12b	348171	8816147	
		Qy-12c	348151	8816122	
		Qy-12d	348130	8816145	
		Qy-12e	348151	8816144	
59	Pc-10	Pc-10a	348657	8816330	Suelo Pacoyan al sur del botadero de desmonte Este, poza de frente a la sedimentación PS-SUR-07 en la margen derecha del río Quicay
		Pc-10b	348684	8816308	
		Pc-10c	348660	8816288	
		Pc-10d	348641	8816302	
		Pc-10e	348662	8816310	
60	Pc-11	Pc-11a	348660	8816381	Suelo Pacoyan al sur del botadero de desmonte Este, poza de frente a la sedimentación PS-SUR-07 en la margen derecha del río Quicay
		Pc-11b	348690	8816359	
		Pc-11c	348656	8816339	
		Pc-11d	348640	8816356	
		Pc-11e	348662	8816360	
61	Pc-12	Pc-12a	348608	8816383	Suelo Pacoyan al sur del botadero de desmonte Este, poza de frente a la sedimentación PS-SUR-07 en la margen derecha del río Quicay
		Pc-12b	348632	8816354	
		Pc-12c	348614	8816341	
		Pc-12d	348591	8816361	
		Pc-12e	348614	8816361	
62	CAL-Q-02		349072	8816473	Al sur del botadero de desmonte Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Su ubicación es la misma que la del punto SU-37
63	CAL-Q-03		349176	8816806	Al este del botadero de desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas. Su ubicación es la misma que la del punto SU-43

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.30.** Ubicación de los puntos de muestreo en zonas control (Nivel de Fondo)

N.º	Código de punto		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Norte	Este		
1	NFQ-01	NFQ-01a	347040	8819673	4304	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-01b	347063	8819650	4304	
		NFQ-01c	347040	8819627	4298	
		NFQ-01d	347017	8819650	4299	
		NFQ-01e	347040	8819650	4299	
2	NFQ-02	NFQ-02a	346590	8819673	4278	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-02b	346613	8819650	4276	
		NFQ-02c	346592	8819625	4276	
		NFQ-02d	346574	8819650	4276	
		NFQ-02e	346590	8819650	4276	
3	NFQ-03	NFQ-03a	346640	8819673	4279	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-03b	346663	8819650	4276	
		NFQ-03c	346640	8819627	4274	
		NFQ-03d	346617	8819650	4276	
		NFQ-03e	346640	8819650	4274	
4	NFQ-04	NFQ-04a	346690	8819673	4289	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-04b	346713	8819650	4286	
		NFQ-04c	346690	8819627	4282	
		NFQ-04d	346667	8819650	4284	
		NFQ-04e	346690	8819650	4284	
5	NFQ-05	NFQ-05a	346740	8819673	4286	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-05b	346763	8819650	4284	
		NFQ-05c	346740	8819627	4282	
		NFQ-05d	346717	8819650	4284	
		NFQ-05e	346740	8819650	4284	
6	NFQ-06	NFQ-06a	346790	8819673	4302	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-06b	346813	8819650	4300	
		NFQ-06c	346790	8819627	4300	
		NFQ-06d	346767	8819650	4300	
		NFQ-06e	346790	8819650	4302	
7	NFQ-07	NFQ-07a	346840	8819673	4304	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-07b	346863	8819650	4302	
		NFQ-07c	346840	8819627	4301	
		NFQ-07d	346817	8819650	4302	
		NFQ-07e	346840	8819650	4302	
8	NFQ-08	NFQ-08a	346890	8819673	4296	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-08b	346913	8819650	4296	
		NFQ-08c	346890	8819627	4292	
		NFQ-08d	346867	8819650	4292	
		NFQ-08e	346890	8819650	4295	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código de punto		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Norte	Este		
9	NFQ-09	NFQ-09a	346940	8819673	4298	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-09b	346963	8819650	4294	
		NFQ-09c	346940	8819627	4284	
		NFQ-09d	346917	8819650	4286	
		NFQ-09e	346940	8819650	4286	
10	NFQ-10	NFQ-10a	346990	8819673	4280	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina
		NFQ-10b	347013	8819650	4283	
		NFQ-10c	346990	8819627	4280	
		NFQ-10d	346967	8819650	4285	
		NFQ-10e	346990	8819650	4285	
11	NFQ-11	NFQ-11a	346590	8819723	4317	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-11b	346613	8819700	4310	
		NFQ-11c	346590	8819677	4310	
		NFQ-11d	346567	8819700	4315	
		NFQ-11e	346590	8819700	4316	
12	NFQ-12	NFQ-12a	346640	8819723	4294	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-12b	346663	8819700	4296	
		NFQ-12c	346640	8819677	4296	
		NFQ-12d	346617	8819700	4300	
		NFQ-12e	346640	8819700	4310	
13	NFQ-13	NFQ-13a	346690	8819723	4298	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-13b	346713	8819700	4304	
		NFQ-13c	346690	8819677	4304	
		NFQ-13d	346667	8819700	4298	
		NFQ-13e	346690	8819700	4296	
14	NFQ-14	NFQ-14a	346740	8819723	4305	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-14b	346763	8819700	4302	
		NFQ-14c	346740	8819677	4302	
		NFQ-14d	346717	8819700	4305	
		NFQ-14e	346740	8819700	4303	
15	NFQ-15	NFQ-15a	346790	8819723	4305	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-15b	346813	8819700	4304	
		NFQ-15c	346790	8819677	4303	
		NFQ-15d	346767	8819700	4304	
		NFQ-15e	346790	8819700	4304	
16	NFQ-16	NFQ-16a	346840	8819723	4300	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-16b	346863	8819700	4300	
		NFQ-16c	346840	8819677	4299	
		NFQ-16d	346817	8819700	4302	
		NFQ-16e	346840	8819700	4302	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código de punto		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Norte	Este		
17	NFQ-17	NFQ-17a	346890	8819723	4291	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-17b	346913	8819700	4293	
		NFQ-17c	346890	8819677	4292	
		NFQ-17d	346867	8819700	4294	
		NFQ-17e	346890	8819700	4295	
18	NFQ-18	NFQ-18a	346940	8819723	4299	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-18b	346963	8819700	4295	
		NFQ-18c	346940	8819677	4270	
		NFQ-18d	346917	8819700	4289	
		NFQ-18e	346940	8819700	4290	
19	NFQ-19	NFQ-19a	346990	8819723	4305	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-19b	347013	8819700	4302	
		NFQ-19c	346990	8819677	4296	
		NFQ-19d	346967	8819700	4301	
		NFQ-19e	346990	8819700	4300	
20	NFQ-20	NFQ-20a	346590	8819773	4310	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-20b	346613	8819750	4309	
		NFQ-20c	346590	8819727	4310	
		NFQ-20d	346567	8819750	4310	
		NFQ-20e	346590	8819750	4309	
21	NFQ-21	NFQ-21a	346640	8819773	4312	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-21b	346663	8819750	4309	
		NFQ-21c	346640	8819727	4308	
		NFQ-21d	346617	8819750	4310	
		NFQ-21e	346640	8819750	4310	
22	NFQ-22	NFQ-22a	346690	8819773	4282	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-22b	346713	8819750	4280	
		NFQ-22c	346690	8819727	4290	
		NFQ-22d	346667	8819750	4300	
		NFQ-22e	346690	8819750	4280	
23	NFQ-23	NFQ-23a	346740	8819773	4300	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-23b	346763	8819750	4296	
		NFQ-23c	346740	8819727	4304	
		NFQ-23d	346717	8819750	4305	
		NFQ-23e	346740	8819750	4300	
24	NFQ-24	NFQ-24a	346790	8819773	4314	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-24b	346813	8819750	4312	
		NFQ-24c	346790	8819727	4315	
		NFQ-24d	346767	8819750	4320	
		NFQ-24e	346790	8819750	4310	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código de punto		Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
			Norte	Este		
25	NFQ-25	NFQ-25a	346840	8819773	4315	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-25b	346863	8819750	4314	
		NFQ-25c	346840	8819727	4314	
		NFQ-25d	346817	8819750	4317	
		NFQ-25e	346840	8819750	4313	
26	NFQ-26	NFQ-26a	346890	8819773	4305	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-26b	346913	8819750	4305	
		NFQ-26c	346890	8819727	4302	
		NFQ-26d	346867	8819750	4303	
		NFQ-26e	346890	8819750	4304	
27	NFQ-27	NFQ-27a	346940	8819773	4290	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-27b	346963	8819750	4290	
		NFQ-27c	346940	8819727	4295	
		NFQ-27d	346917	8819750	4300	
		NFQ-27e	346940	8819750	4287	
28	NFQ-28	NFQ-28a	346990	8819773	4289	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-28b	347013	8819750	4296	
		NFQ-28c	346990	8819727	4291	
		NFQ-28d	346967	8819750	4291	
		NFQ-28e	346990	8819750	4298	
29	NFQ-29	NFQ-29a	347040	8819773	4300	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 135 m del río Rutuchina
		NFQ-29b	347063	8819750	4305	
		NFQ-29c	347040	8819727	4307	
		NFQ-29d	347017	8819750	4308	
		NFQ-29e	347040	8819750	4301	
30	NFQ-30	NFQ-30a	347040	8819723	4302	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 85 m del río Rutuchina
		NFQ-30b	347063	8819700	4303	
		NFQ-30c	347040	8819677	4303	
		NFQ-30d	347017	8819700	4302	
		NFQ-30e	347040	8819700	4315	
31	SU-46		347115	8820030	4324	Ubicado aproximadamente 500 m al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte superior de la ladera del cerro. Aproximadamente a 400 m del río Rutuchina y a 150 m de la carretera
32	CAL-Q-01		346790	8819650	4300	Ubicado aproximadamente 1km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro. Aproximadamente a 35 m del río Rutuchina. Su ubicación es la misma que la del punto NFQ-06



5.3.4.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para evaluar la calidad ambiental del suelo fueron seleccionados en función de las actividades que se desarrollan en el área de estudio, así como los parámetros contemplados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Además, se tomaron parámetros adicionales que permitieron la interpretación de los resultados y desarrollo completo del estudio de suelos. En la Tabla 5.31 se muestra el detalle de los parámetros evaluados y métodos de análisis.

Tabla 5.31. Parámetros y métodos de análisis en suelo

N.º	Parámetro		Método de ensayo	Observaciones
1	Caracterización del suelo	Carbonato de calcio (CaCO ₃)	Método gaso-volumétrico en calcímetro	Caracterización de suelos
2		Conductividad (1:1)	Medida del extracto acuoso en la relación suelo-agua 1:1	
3		Materia orgánica	Método de Walkey y Black	
4		pH 1:1	Medida en el potenciómetro de la suspensión suelo-agua 1:1	
5		Arcilla	Método del hidrómetro de Bouyoucos	
6		Arena		
7		Limo		
8		Clase textural		
9	Metales totales incluido Hg		Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) por EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014) VAL	Incluye 9 duplicados
10	Extracción secuencial por Tessier		Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) por EPA Method 6020B Rev.2 (July 2014)	-
11	Microscopia electrónica de barrido -MEB		Microscopio electrónico de barrido complementado con imágenes de microscopio óptico de luz reflejada.	-
12	Análisis mineralógico por difracción de rayos x		Difractómetro Identificación: Base de datos del Centro Internacional de Datos para Difracción (ICDD). Cuantificación: Método Refinamiento Rietveld (TOPAS Structure Database y Fiz Karlsruhe ICSD).	-

5.3.4.4. Materiales utilizados

Los materiales utilizados para el estudio de suelos se detallan en los reportes de campo N.º RC-028-2020-STEC (Anexo 1) y N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.3.4.5. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad se basó en la guía para el muestreo de suelos del Minam, donde se dan recomendaciones para el manejo de las muestras y se indica que se deben duplicar el 10 % de las muestras a ser analizadas para sitios con superficies menores o igual a 20 ha, y 5 % para superficies mayores a 20 ha; también se tomarán en cuenta los criterios técnicos para la aplicación de los ECA suelo para actividades mineras, emitido por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas,



en base al Informe Técnico N° 756-2014-MINAM/VMGA/DGCA, con asunto «Consultas sobre ECA suelo en el sector minero».

5.3.4.6. Procesamiento de datos

Teniendo como base los resultados obtenidos del muestreo estadístico en las áreas de nivel de fondo, se utilizó la geoestadística como una herramienta que nos proporciona un marco matemático-estadístico; lo cual nos permitió conocer la distribución espacial de los metales pesados y parámetros edáficos en el suelo evaluado, logrando distinguir zonas de enriquecimiento natural (en caso se presente).

Para la determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia, los resultados obtenidos del muestreo fueron sometidos a un tratamiento estadístico mediante el uso del software ProUCL 5.1, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2015). Para mayor detalle revisar los Anexos H, I, J. El nivel de fondo es considerado como la media aritmética o geométrica de algún contaminante en suelos naturales, el nivel de referencia está definido como el límite superior de las concentraciones de fondo (valor umbral), pudiendo usarse los percentiles 90, 95 y 99.

En este estudio se consideró como nivel de fondo a la cota superior de la media y como nivel de referencia a la cota superior del percentil 95; además se presentan otros valores como la media, mediana, percentiles 90, 95, 99 y estadísticos descriptivos a partir de los cuales se puede deducir los niveles de fondo y de referencia del suelo evaluado.

5.3.4.7. Criterios de evaluación

Los resultados obtenidos del muestreo fueron comparados con los Estándares de calidad ambiental para suelo de uso agrícola, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 002-2013-MINAM y Decreto Supremo N.° 011-2017-MINAM, según sea el caso. De la misma forma, también fueron comparados con los valores de nivel de fondo calculados para cada zona de estudio, incluidos aquellos metales de interés que no estén regulados por el documento antes mencionado.

La clasificación de parámetros edáficos como potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica, fósforo y potasio se realizará tomando en cuenta el Anexo N.° IV «Guía para la clasificación de los parámetros edáficos» del Decreto Supremo N.° 017-2009-AG; mientras que, la conductividad eléctrica se clasificó, referencialmente, en base a la propuesta del laboratorio análisis de fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LASPAF-UNALM), y el nivel de CaCO_3 se clasificó en base a la propuesta de Guerrero (1998).

5.3.5. Flora silvestre (tejido vegetal)

Este ítem proporciona la metodología aplicada para el muestreo de flora (tejido vegetal) en el ámbito en el ámbito de la unidad fiscalizable Quicay.

5.3.5.1. Guías utilizadas para la evaluación

Para el muestreo de flora (tejido vegetal), se utilizaron las guías detalladas en la Tabla 5.32.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Tabla 5.32. Guías de referencia para el muestreo de flora (tejido vegetal)

N.º	Nombre del Protocolo / Guía	Sección	Dispositivo legal	Entidad	País	Año
1	Guía de inventario de la flora y vegetación del Ministerio del Ambiente	Todas	R.M. N° 059-2015-MINAM	Minam	Perú	2015
2	Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal	Todas (87 pp.)	Mostacedo y Fredericksen	Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (Bolfor)	Bolivia	2000
3	Protocolo de muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, agua, y granos de cacao	Anexo: Protocolo para muestreo de hojas de cacao Secciones: 7 y 8 Transporte y Conservación de muestras	R. M. Nro. 0007-2019-MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego	Perú	2019
4	Manual de pastos y forrajes altoandinos	Todas	NA	UNALM	Perú	2005
5	Protocolos de Muestreo en Cultivos para Análisis de Micronutrientes	Todas	Stangoulis y Sison	International Food Policy Research Institute	USA	2009

R.M.: Resolución Directoral

NA: No aplica

5.3.5.2. Ubicación de puntos de muestreo

Se evaluaron 61 cuadrantes de 1 m² para determinar la composición florística presente en el ámbito de la unidad fiscalizable Quicay, los cuales fueron ubicadas en los mismos puntos de evaluación del componente suelo, que se detallan en la Tabla 5.33, y su distribución espacial se muestra en la Figura 5.16.

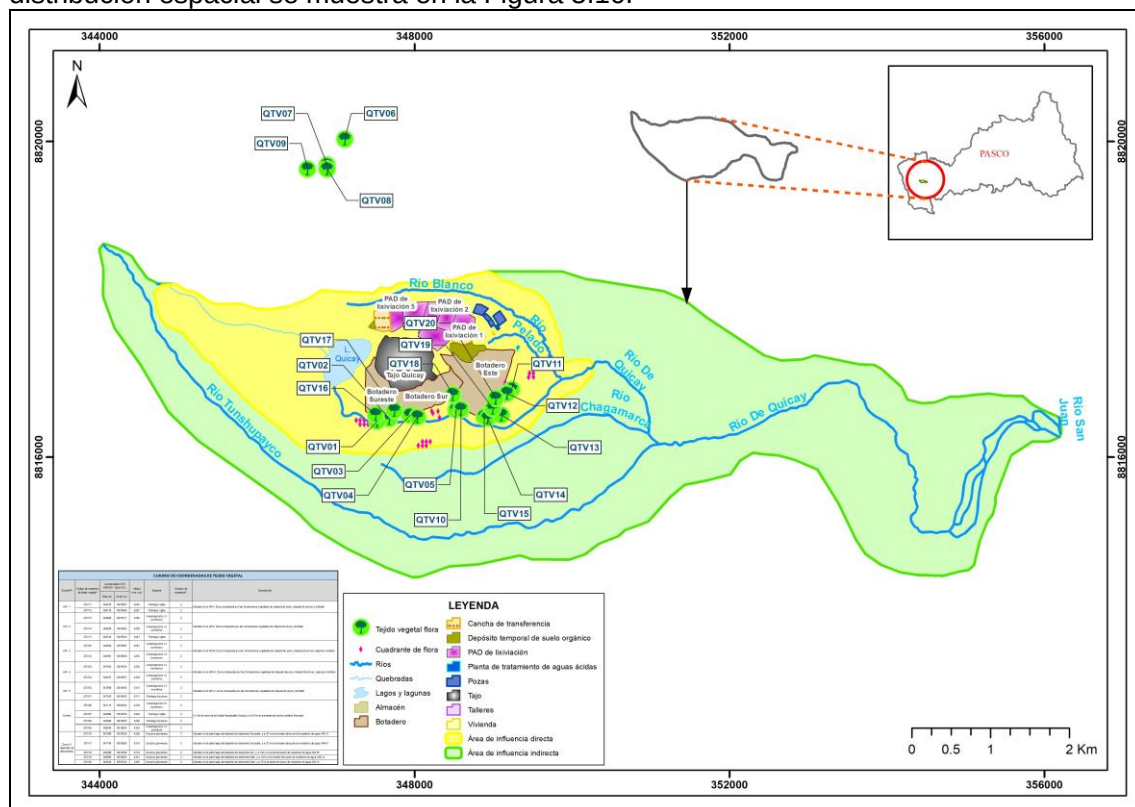


Figura 5.16. Esquema de distribución de puntos de muestreo de tejido vegetal

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.33. Ubicación de cuadrantes de evaluación de flora**

Zona	Código de cuadrante evaluado*	Código de muestreo de suelo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Altitud (m s.n.m)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
Zona I (API - 1)	QFL35	SU-35	349091	8816665	4289	Al sur del Botadero de Desmonte Este, en los alrededores de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas NCD.
	QFL36	SU-36	349126	8816605	4284	
	QFL38	SU-38	349153	8816942	4292	
	QFL39	SU-39	349231	8816906	4283	
	QFL40	SU-40	349235	8816857	4283	
	QFL41	SU-41	349176	8816883	4287	
	QFL42	SU-42	349149	8816866	4292	
	QFL43	SU-43	349176	8816806	4287	
	QFL44	SU-44	349120	8816739	4290	
	QFL45	SU-45	349148	8816721	4287	
Zona I (API - 6)	QFLa05	Pc-05	349511	8817064	4272	Sector Pacoyan, al Este del Botadero de Desmonte Este, en la margen izquierda del río Quicay.
	QFLa06	Pc-06	349461	8817064	4272	
	QFLa07	Pc-07	349511	8817014	4266	
	QFLa08	Pc-08	349450	8817011	4269	
Zona II (API - 2)	QFL29	SU-29	348885	8816511	4306	Al sur del Botadero de Desmonte Este, en los alrededores de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas NCD.
	QFL30	SU-30	348930	8816494	4289	
	QFL31	SU-31	348992	8816446	4283	
	QFL32	SU-32	349034	8816498	4283	
	QFL33	SU-33	349091	8816528	4282	
	QFL34	SU-34	349104	8816534	4281	
Zona III (API - 3)	QFL37	SU-37	349072	8816473	4279	Al sur del Botadero de Desmonte Este, aledaño al Canal de Coronación Sur y la Poza de Sedimentación PS-SUR-07.
	QFL17	SU-17	348218	8816581	4292	
	QFL18	SU-18	348235	8816553	4292	
	QFL19	SU-19	348300	8816578	4293	
	QFL20	SU-20	348318	8816499	4298	
	QFL21	SU-21	348444	8816598	4296	
	QFL22	SU-22	348474	8816548	4288	
	QFL23	SU-23	348529	8816597	4291	
	QFL24	SU-24	348555	8816576	4291	
	QFL25	SU-25	348591	8816608	4293	
	QFL26	SU-26	348631	8816591	4293	
	QFL27	SU-27	348683	8816570	4293	
	QFL28	SU-28	348663	8816542	4293	
Zona IV (API - 8)	QFLa11	Qy-07	348101	8816194	4318	Suelo Quicay, al sur del Botadero de Desmonte Sur, frente a las Pozas de Sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02, en la margen derecha del
	QFLa12	Qy-08	348151	8816194	4319	
	QFLa13	Qy-09	348201	8816194	4318	

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Zona	Código de cuadrante evaluado*	Código de muestreo de suelo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Altitud (m s.n.m)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
	QFLa14	Qy-10	348050	8816144	4319	río Quicay.
	QFLa15	Qy-11	348101	8816144	4320	
	QFLa16	Qy-12	348151	8816144	4320	
Zona IV (API - 4)	QFL09	SU-09	347860	8816511	4304	Al sur del Botadero de Desmonte Sur, aledaño a las Pozas de Sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02.
	QFL10	SU-10	347912	8816489	4303	
	QFL11	SU-11	347943	8816530	4305	
	QFL12	SU-12	347955	8816508	4302	
	QFL13	SU-13	348028	8816526	4301	
	QFL14	SU-14	348071	8816536	4298	
	QFL15	SU-15	348079	8816501	4299	
Zona V (API - 5)	QFL16	SU-16	348037	8816507	4300	Al sur del Botadero de Desmonte Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay.
	QFL01	SU-01	347491	8816491	4311	
	QFL02	SU-02	347587	8816490	4318	
	QFL03	SU-03	347680	8816485	4315	
	QFL04	SU-04	347482	8816495	4319	
	QFL05	SU-05	347525	8816452	4318	
	QFL06	SU-06	347575	8816446	4317	
	QFL07	SU-07	347702	8816456	4314	
Zona V (API - 7)	QFL08	SU-08	347742	8816467	4307	Suelo Quicay, al sur del Botadero de Desmonte Suroeste, en la margen derecha del río Quicay.
	QFLa01	Qy-01	347261	8816464	4327	
	QFLa02	Qy-02	347311	8816464	4326	
	QFLa03	Qy-03	347361	8816464	4326	
	QFLa04	Qy-04	347311	8816414	4326	
	QFLa09	Qy-05	347361	8816414	4317	
	QFLa10	Qy-06	347411	8816414	4318	

Para el muestreo de tejido vegetal, se establecieron 20 puntos de muestreo, obteniéndose un total de 40 muestras en 4 especies diferentes: *Plantago rigida*, *P. tubulosa*, *Calamagrostis* cf. *brevifolia* y *C. cf. tarmesis* y *Dactylis glomerata*, las cuales se detallan en la Tabla 5.34.

**Tabla 5.34.** Ubicación de puntos de colecta de tejido vegetal

Zona/API	Código de muestreo de tejido vegetal*	Coordenadas UTM		Altitud	Especie	Número de muestras**	Descripción
		WGS 84 - Zona 18 L		(m s.n.m)			
		Este (m)	Norte (m)				
API - 1	QTV11	349235	8816857	4283	<i>Plantago rigida</i>	2	Ubicado en el API-I. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna, césped de arroyo y bofedal
	QTV12	349176	8816806	4287	<i>Plantago rigida</i>	2	
API - 2	QTV15	348885	8816511	4306	<i>Calamagrostis cf. tarmensis</i>	2	Ubicado en el API-II. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna y bofedal
	QTV14	348930	8816494	4289	<i>Calamagrostis cf. brevifolia</i>	2	
	QTV13	349104	8816534	4281	<i>Plantago rigida</i>	2	
API - 3	QTV05	348529	8816597	4291	<i>Calamagrostis cf. tarmensis</i>	2	Ubicado en el API-III. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna, césped de arroyo, pajonal y bofedal
	QTV10	348591	8816608	4293	<i>Calamagrostis cf. tarmensis</i>	2	
API - 4	QTV03	347943	8816530	4305	<i>Calamagrostis cf. tarmensis</i>	2	Ubicado en el API-IV. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna, césped de arroyo, pajonal y bofedal
	QTV04	348037	8816507	4300	<i>Calamagrostis cf. brevifolia</i>	2	
API - 5	QTV02	347680	8816485	4315	<i>Calamagrostis cf. brevifolia</i>	2	Ubicada en el API-V. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna y bofedal
	QTV01	347525	8816452	4311	<i>Plantago tubulosa</i>	2	
Control	QTV06	347115	8820030	4339	<i>Calamagrostis cf. tarmensis</i>	2	A 2 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 0.9 km al suroeste del centro poblado Pacoyán
	QTV07	346890	8819700	4304	<i>Plantago rigida</i>	2	
	QTV08	346890	8819650	4298	<i>Plantago tubulosa</i>	2	
	QTV09	346640	8819650	4303	<i>Calamagrostis cf. brevifolia</i>	2	
Zona VI (depósito de desmontes)	QTV16	347506	8816538	4326	<i>Dactylis glomerata</i>	2	Ubicado en la parte baja del depósito de desmonte Suroeste, y a 35 m al noroeste del punto de muestreo de agua ARI-12



Zona/API	Código de muestreo de tejido vegetal*	Coordenadas UTM		Altitud	Especie	Número de muestras**	Descripción
		WGS 84 - Zona 18 L		(m s.n.m)			
		Este (m)	Norte (m)				
	QTV17	347744	8816590	4318	<i>Dactylis glomerata</i>	2	Ubicado en la parte baja del depósito de desmonte Suroeste, y a 70 m al noroeste del punto de muestreo de agua ARI-01
	QTV18	348489	8816792	4318	<i>Dactylis glomerata</i>	2	Ubicado en la parte baja del depósito de desmonte Sur, y a 130 m al norte del punto de muestreo de agua ARI-03
	QTV19	348992	8816620	4301	<i>Dactylis glomerata</i>	2	Ubicado en la parte baja del depósito de desmonte Este, y a 125 m al noroeste del punto de muestreo de agua ARI-14
	QTV20	349032	8816744	4305	<i>Dactylis glomerata</i>	2	Ubicado en la parte baja del depósito de desmonte Este, y a 70 m al oeste del punto de muestreo de agua ARI-13

(*) Las muestras de tejido vegetal fueron colectadas en los mismos puntos donde se realizó el muestreo para calidad de suelo.

(**) Los puntos en donde se indican 2 muestras fueron aquellos en donde se realizó la división entre raíz y parte aérea de la misma especie, en cambio los puntos en donde se obtuvo una muestra hace referencia solo a la parte aérea.

5.3.5.3. Colecta de muestra

- **Cuadrante**

Este método se utilizó para muestrear vegetación herbácea y hace muestreos más homogéneos y de menos impacto de borde en comparación a los transectos (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Estos cuadrantes fueron de 1 m² x 1 m² en donde se registró la riqueza y abundancia.

- **Búsqueda intensiva**

La evaluación cualitativa o búsqueda intensiva se realizó a través de caminatas dentro del área de estudio, con la finalidad de evidenciar las especies de flora silvestre presente en el tiempo de la evaluación. Además, se realizó la recolecta de especímenes que no fueron identificados en campo para su posterior identificación en el laboratorio, estos procedimientos de recolecta y prensado se realizaron empleando las metodologías recomendadas por Cerrate (1969). Se recolectaron solo especímenes en estadios de floración y fructificación, aquellas en vegetativo solo fueron registradas.

Las colecciones botánicas «voucher» se realizaron en el caso de que una especie no haya sido identificada y cuando existió cualquier incertidumbre para su identificación en campo. Todo individuo colectado tuvo un duplicado además del original, por otro lado, las colecciones repetidas de plantas estériles fueron usadas para distinguir confiablemente las morfoespecies.



• Colecta de tejido vegetal

Para la colecta de tejido vegetal, se realizó una selección de las especies a evaluar, tomando en cuenta 2 criterios: especie dominante y especie representativa de la formación vegetal presente en el área de estudio.

Se seleccionaron 4 especies vegetales, para el muestreo de tejido vegetal, *Plantago rigida* (Plantaginaceae), *P. tubulosa* (Plantaginaceae), *Calamagrostis* cf. *brevifolia* (Poaceae), *C.* cf. *tarmensis* (Poaceae) y *Dactylis glomerata* (Poaceae), las cuales se colectaron de la siguiente manera:

Calamagrostis cf. *brevifolia*: cada muestra colectada de esta especie fue dividida en raíz y parte aérea.

Calamagrostis cf. *tarmensis*: cada muestra colectada de esta especie fue dividida en raíz y parte aérea.

Dactylis glomerata: cada muestra colectada de esta especie fue dividida en raíz y parte aérea.

Plantago tubulosa: cada muestra colectada de esta especie fue dividida en raíz y parte aérea.

Realizando la separación en el límite superior con presencia de raíces

Plantago rigida: cada muestra colectada de esta especie fue dividida en raíz y parte aérea. Realizando la separación en el límite superior con presencia de raíces

Las muestras fueron depositadas en sobres de manila y guardadas en *coolers*, para su traslado hacia el laboratorio.

5.3.5.4. Parámetros y métodos de análisis

En consideración con el objetivo planteado se tuvo por conveniente contar con el análisis de metales totales en las muestras tomadas de tejido vegetal. Los resultados (expresados en mg/kg) fueron obtenidos mediante la técnica de espectrometría ICP-MS (PE-324), a cargo del laboratorio AGQ Perú S.A.C.

Además, los parámetros que se evaluaron en las comunidades de flora silvestre se detallan en la Tabla 5.35. Estos parámetros se obtuvieron de la evaluación cuantitativa y cualitativa.

Tabla 5.35. Parámetros a evaluar en los grupos de flora silvestre

Parámetros	Flora silvestre
Composición de especies	x
Riqueza de especies total	x
Riqueza de especies indicadoras	x
Cobertura total	x
Cobertura de especies indicadoras	x
Índices de diversidad alfa: Índice de Shannon (H')	x

5.3.5.5. Materiales utilizados

Los materiales utilizados para la evaluación de flora silvestre se muestran en los reportes de campo RC-030-2020-STEC (Anexo 3) y RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.3.5.6. Procesamiento de datos



5.3.5.6.1. Determinación de formaciones vegetales

Para la identificación de las formaciones vegetales en el área de estudio, se tomó en cuenta la fisionomía de las plantas, que toma en cuenta las formas de vida que predominan o que son más conspicuas en las comunidades (Weberbauer, 1945).

5.3.5.6.2. Composición de especies

Las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), mediante el uso claves especializadas como las de Macbride *et al.* (1936 y siguientes); Ferreyra (1946); Molau (1990); Sagástegui y Leiva (1993); Tovar (1993); entre otros. Además, las determinaciones fueron corroboradas cuando fue necesario por consulta a especialistas y/o comparación con muestras del Herbario San Marcos (USM) y base de datos de herbarios virtuales como las del Missouri Botanical Garden (MO) y Field Museum Herbarium (F).

Para el ordenamiento de especies de angiospermas se utilizó el Sistema de Clasificación del Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV) y para los pteridofitos y afines el Sistema de Clasificación propuesto por Smith *et al.* (2006).

5.3.5.6.3. Diversidad alfa

Índice de Shannon-Wiener (H'): Refleja la cantidad de especies en el área, dando mayor peso a especies raras y menor peso a especies más comunes, por lo que se mide mediante la proporción (porcentaje de cobertura) de cada especie en una muestra. El índice de Shannon-Wiener adquiere el valor de cero, cuando hay una sola especie (Magurran, 1988) y un valor alto de este índice indica un gran número de especies con proporciones similares, mientras que, un valor bajo indica dominancia de un grupo conformado por pocas especies. La fórmula del índice de Shannon-Wiener es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_e p_i$$

Dónde:

H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

s= Riqueza de especies.

log e= Logaritmo natural.

p_i= Proporción (porcentaje de cobertura) de individuos del taxón i-ésimo.

El índice de diversidad de Simpson (1-D): Es la probabilidad de que 2 individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988 y Peet, 1974 citados por Moreno, 2001). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – D (Lande, 1996).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

n = Número de individuos por especie



N = Número total de individuos

S = Riqueza de especies

Equidad (E): Mide la tendencia de las especies a presentarse de manera igualmente frecuente. Una alta equidad ocurre cuando las especies son igualmente frecuentes en la comunidad (Odum, 1972). De modo contrario, la dominancia implica que unas cuantas especies (o una sola especie) presentan un mayor número de individuos, mientras que la mayoría de las especies presentan bajo número de individuos.

La riqueza (d) y el índice de Shannon-Wiener (H') nos permiten calcular la medida de uniformidad E, expresada como la relación entre diversidad observada (H') y diversidad máxima ($\log_2 d$). Para tal efecto, la fórmula utilizada es:

$$E = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\log_2 d}$$

5.3.5.6.4. Análisis de correspondencia canónica

El análisis de correspondencia canónica es una técnica multivariante que maximiza la relación entre una serie de variables dependientes y una serie de variables independientes. Esta relación es hecha en base de regresión múltiple.

Este análisis se realizó para encontrar la relación existente entre los metales obtenidos en el muestreo de suelo y la diversidad de flora presente en el área de estudio. Para ello, se utilizó el paquete estadístico R.

5.3.5.6.5. Correlación bivariada

Existen diversos coeficientes que miden el grado de correlación entre 2 variables. No obstante, estos han sido adaptaciones a los distintos niveles de medición de la fórmula fundamental de Karl Pearson. El coeficiente de Pearson (introducido en realidad por Francis Galton), sintetiza de forma magistral la idea fundamental de la correlación. La misma define una razón entre la cantidad de covarianza de 2 variables y el producto de sus desviaciones estándar.

Para determinar si existió relación entre la concentración de metales hallados en el medio físico (suelo) y los hallados en el tejido vegetal de las 4 especies colectadas, se realizó una comparación entre los patrones de covarianza de las matrices de los niveles de concentración de metales pesados mediante un análisis de correlación bivariada calculando el índice Spearman ρ (rho), la cual es una medida de la correlación (la asociación o interdependencia) entre dos variables aleatorias (tanto continuas como discretas).

5.3.5.7. Criterios de evaluación

En vista que los pastos naturales que son objeto de la evaluación de flora silvestre fueron usados como alimento para ganado, y en el marco de la Resolución Directoral N.º 0027-2017-MINAGRI-SENASA-DIAIA²⁶, para el periodo abril a diciembre del 2017; en el cual se indica que se pueda usar los límites máximos de residuos establecidos por la Unión Europea. Los resultados de los metales totales obtenidos fueron comparados referencialmente con los valores establecidos por la última modificación del Real Decreto 465/2003, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal. Se utilizó esta

²⁶ Resolución que aprueba el Plan Anual de Monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en Alimentos Agropecuarios Primarios y Piensos.



norma debido a que procede de España y recoge las disposiciones legales establecidas en la Unión Europea.

Los parámetros de metales totales: arsénico, plomo, mercurio y cadmio; contenidos en la norma española mencionada líneas arriba, sirvieron de comparación referencial, se presentan a continuación en la Tabla 5.36.

Tabla 5.36. Valores de comparación para la calidad de tejidos vegetales

Normativa de referencia	Parámetro	Unidad	Contenido Máximo
Real Decreto 465/2003	Arsénico	mg/kg*	2
	Plomo		30
	Mercurio		0,1
	Cadmio		1

*Referido a un contenido de humedad del 12 %

5.3.6. Fauna silvestre

A continuación, se describe las metodologías para la evaluación de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

5.3.6.1. Guías utilizadas para la evaluación

a) Anfibios y reptiles

Para la evaluación de anfibios y reptiles se utilizaron las referencias bibliográficas detalladas en la Tabla 5.37.

Tabla 5.37. Guías de referencia para la evaluación de anfibios y reptiles

N.º	Protocolo/guía	Sección	Dispositivo legal/Autores	Entidad	País	Año
1	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 5	R.M. N° 057-2015-MINAM	Minam	Perú	2015
2	<i>Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques</i>	Parte 2 Parte 3 Parte 7	C. Kenneth Dodd Jr	Oxford University Press.	Reino Unido	2010
3	<i>Reptile Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques</i>	Parte 4	C. Kenneth Dodd Jr	Oxford University Press.	Reino Unido	2016
4	<i>Methods of analysis by the U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory; preparation procedure for aquatic biological material determined for trace metals</i>	Todo	Hoffman Gerald L.	USGS	Estados Unidos	1996

b) Aves

Para la evaluación de aves se utilizaron las referencias bibliográficas detalladas en la Tabla 5.38.

Tabla 5.38. Guías de referencia para la evaluación de aves

N.º	Protocolo/guía	Sección	Dispositivo legal/Autores	Entidad	País	Año
1	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 6	R.M. N° 057-2015-MINAM	MINAM	Perú	2015



N.º	Protocolo/guía	Sección	Dispositivo legal/Autores	Entidad	País	Año
2	<i>Field Guide Bird of Peru, Revised and Updated Edition</i>	Todas	Thomas S. Schulenberg, Douglas F. Stotz, Daniel F. Lane, John P. O'Neill & Theodore A. Parker III	<i>Princeton University Press</i>	Perú	2010
3	Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres	Todas	John Ralph, Geoffrey R. Geupel, Peter Pyle, Thomas E. Martin, David F. DeSante, Borja Milá	<i>United States Department of Agriculture. Forest Service</i>	Estados Unidos	1996
4	<i>American Kestrel Genoscape Project. Feather Sampling Protocol</i>	Todas	<i>The American Kestrel Partnership</i>	University of California Los Angeles, Boise State University, Hawk Watch International, The American Kestrel Partnership	Estados Unidos	2017

c) Mamíferos menores

Para la evaluación de mamíferos menores se utilizaron las referencias bibliográficas detalladas en la Tabla 5.39.

Tabla 5.39. Guías de referencia para la evaluación de mamíferos menores

N.º	Protocolo/guía	Sección	Dispositivo legal/Autores	Entidad	País	Año
1	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 4	Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM	MINAM	Perú	2015
2	<i>Mammals of South America: Vol.2 Rodents</i>	Todas	Patton, J. L., Pardiñas, U. F., & D'Elia, G	<i>University of Chicago Press.</i>	Estados Unidos	2015
3	Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú	Todas	Pacheco, V., Cadenillas, R., Salas, E., Tello, C., & Zeballos, H.	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Perú	2009
4	<i>Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education</i>	Todas	The Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists	<i>Journal of Mammalogy</i>	Estados Unidos	2016
5	<i>A risk-assessment for toxic exposure of small mammalian to cadmium in contaminated natural environments</i>	Todas	Ma, W.C. y Van Der Voet, H.	<i>The Science of the Total Environment</i>	Estados Unidos	1993

d) Mamíferos mayores

Para la evaluación de mamíferos mayores se utilizaron las referencias bibliográficas detalladas en la Tabla 5.40.

Tabla 5.40. Guías de referencia para la evaluación de mamíferos menores

N.º	Protocolo/guía	Sección	Dispositivo legal/Autores	Entidad	País	Año
1	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 4	R.M. N° 057-2015-MINAM	MINAM	Perú	2015
2	Procedures for Collection and Submission of Specimens. National Veterinary Services Laboratories	Todo	National Veterinary Services Laboratories	United States Department of Agriculture	Estados Unidos	2006

5.3.6.2. Ubicación de unidades de evaluación

a) Anfibios y reptiles



La evaluación de anfibios y reptiles en el ámbito de la UF Quicay y zona control se realizó entre el 8 y 14 de agosto de 2020 y entre el 8 y 15 de octubre de 2020. Se lograron evaluar 43 búsquedas por encuentros visuales (VES, siglas en inglés de *visual encounter survey*) que se distribuyeron entre los API de suelo dentro del UF Quicay y la zona control (Tabla 5.41 y Figura 5.17a). También se establecieron 18 transectos que coincidieron con algunos puntos de muestreo de agua superficial y sedimento, distribuidos en la laguna Quicay, así como en las quebradas y ríos que rodean los componentes mineros (Tabla 5.42 y Figura 5.17b). Durante la segunda evaluación, en octubre, se realizaron 2 búsquedas libres, para aumentar el esfuerzo de muestreo y área de evaluación (Tabla 5.43).

Complementariamente se instalaron 7 grabadoras de monitoreo acústico (Tabla 5.44) para la detección de cantos de anuros en las zonas de evaluación (4 UF Quicay y 3 zona de posible afectación). Estas unidades realizaron grabaciones simultáneas de 1 minuto cada 10 minutos entre el 11 y 15 de octubre del 2020.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

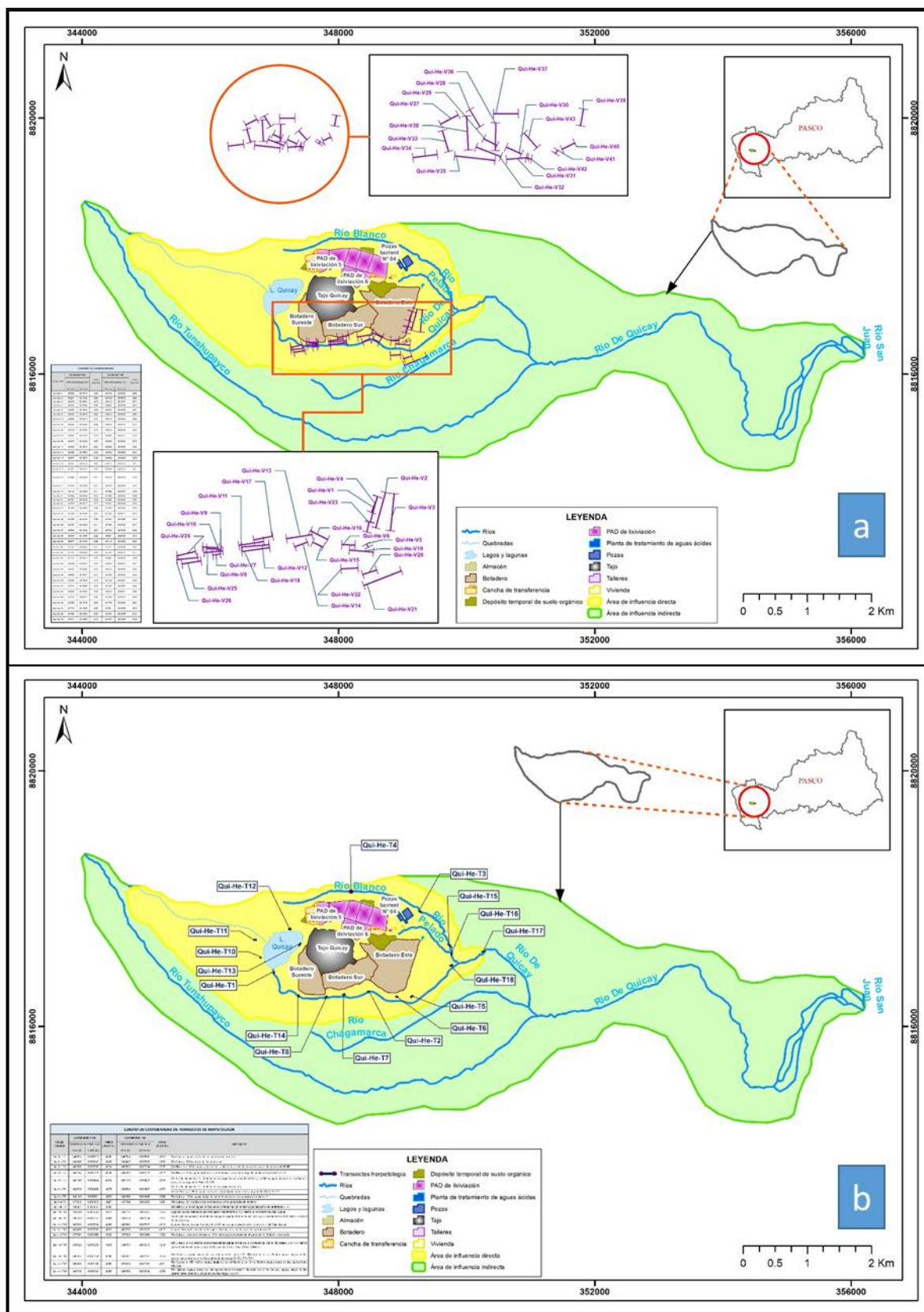


Figura 5.17. Esquema de distribución de puntos de muestreo de herpetología: a) por encuentro visual, y b) por transectos en hábitats acuáticos

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.41.** Ubicación de las búsquedas por encuentro visual (VES)

Zona	Cantidad	Código VES	Fecha	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m	Coordenada Final UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s.n.m	Hora inicio	Hora fin	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)				
Zona I	4	Qui-He-V1	8/08/2020	349086	8816737	4329	349154	8816982	4296	10:30	11:10	Ubicado en el API-I. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna, césped de arroyo y bofedal
		Qui-He-V2	8/08/2020	349231	8817020	4292	349136	8816679	4288	11:20	11:50	
		Qui-He-V3	8/08/2020	349276	8816651	4279	349312	8817007	4277	12:00	12:33	
		Qui-He-V4	8/08/2020	349158	8816982	4292	349097	8816826	4301	13:00	13:30	
Zona II	7	Qui-He-V5	8/08/2020	349050	8816533	4289	349070	8816496	4287	14:00	14:35	Ubicado en el API-II. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna y bofedal
		Qui-He-V6	8/08/2020	348943	8816519	4294	348814	8816523	4294	15:00	15:35	
		Qui-He-V19	11/08/2020	348885	8816473	4273	349116	8816452	4265	09:50	10:24	
		Qui-He-V23	11/08/2020	349053	8816640	4269	349075	8816737	4271	13:00	13:30	Ubicado en el Nivel de fondo-II. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped y roquedal
		Qui-He-V20	11/08/2020	349149	8816284	4275	349010	8816238	4283	10:42	11:15	
		Qui-He-V21	11/08/2020	349020	8816134	4279	349383	8816277	4276	11:25	12:00	
		Qui-He-V22	11/08/2020	348972	8816302	4257	348805	8816293	4278	12:20	12:53	
Zona III	4	Qui-He-V13	10/08/2020	348538	8816618	4293	348288	8816580	4300	11:00	11:30	Ubicado en el API-III. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna, césped de arroyo, pajonal y bofedal
		Qui-He-V14	10/08/2020	348366	8816500	4304	348494	8816549	4303	12:30	13:00	
		Qui-He-V15	10/08/2020	348537	8816547	4305	348642	8816499	4305	13:10	13:40	
		Qui-He-V16	10/08/2020	348687	8816570	4306	348517	8816656	4317	13:45	14:22	
Zona IV	4	Qui-He-V11	9/08/2020	347837	8816515	4310	348080	8816553	4307	14:10	14:40	Césped en canal Ubicado en el API-IV. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna, césped de arroyo, pajonal y bofedal
		Qui-He-V12	9/08/2020	347868	8816500	4317	348128	8816524	3743	15:00	15:35	
		Qui-He-V17	10/08/2020	347979	8816568	4341	348166	8816603	4312	15:20	15:50	
		Qui-He-V18	10/08/2020	348135	8816495	4311	347866	8816457	4316	15:55	16:30	
Zona V	7	Qui-He-V7	9/08/2020	347669	8816436	4315	347588	8816424	4319	10:10	10:45	Ubicada en el API-V. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna y bofedal
		Qui-He-V8	9/08/2020	347507	8816449	4322	347692	8816464	3750	11:23	11:53	
		Qui-He-V9	9/08/2020	347676	8816477	4317	347531	8816485	4333	12:10	12:45	
		Qui-He-V10	9/08/2020	347494	8816502	4335	347649	8816494	4344	12:50	13:25	Ubicado en el Nivel de fondo V. Zona compuesta por las formaciones vegetales de césped de puna y bofedal
		Qui-He-V24	11/08/2020	347435	8816460	4301	347254	8816417	4313	14:20	14:55	
		Qui-He-V25	11/08/2020	347298	8816340	3756	347487	8816369	4311	15:04	15:35	
		Qui-He-V26	11/08/2020	347457	8816402	4311	347249	8816380	4317	15:45	16:15	
Zona Control	17	Qui-He-V27	8/10/2020	346548	8819892	4297	346729	8819985	4328	10:50	11:30	Ubicados a aproximadamente 2 km al norte de la U.F. Quicay y a 0.9 km al suroeste del centro poblado Pacoyán
		Qui-He-V28	8/10/2020	346945	8819864	4322	346841	8820038	4331	11:50	12:25	
		Qui-He-V29	8/10/2020	346977	8819749	4320	347114	8819679	4321	13:00	13:35	
		Qui-He-V30	8/10/2020	347201	8819665	4327	347357	8819595	4320	14:20	14:50	
		Qui-He-V31	8/10/2020	347426	8819560	4313	347202	8819542	4277	15:08	15:40	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Zona	Cantidad	Código VES	Fecha	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m	Coordenada Final UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s.n.m	Hora inicio	Hora fin	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)				
17		Qui-He-V32	8/10/2020	347151	8819570	4318	346902	8819665	4289	15:55	16:30	Ubicados a aproximadamente 2 km al norte de la U.F. Quicay y a 0.9 km al suroeste del centro poblado Pacoyán
		Qui-He-V33	9/10/2020	346569	8819831	4323	346632	8819616	4307	09:20	09:50	
		Qui-He-V34	9/10/2020	346522	8819592	4310	346273	8819560	4320	10:05	10:40	
		Qui-He-V35	9/10/2020	346689	8819577	4317	347093	8819533	4312	11:15	11:50	
		Qui-He-V36	9/10/2020	347094	8819628	4316	347100	8819907	4336	11:55	12:30	
		Qui-He-V37	9/10/2020	347074	8819996	4354	347326	8819997	4360	13:15	13:50	
		Qui-He-V38	9/10/2020	346828	8819633	4335	346810	8819977	4358	15:40	16:10	
		Qui-He-V39	10/10/2020	347970	8820047	4285	347940	8819872	4289	10:05	10:35	
		Qui-He-V40	10/10/2020	347889	8819706	4285	347755	8819643	4293	11:30	12:10	
		Qui-He-V41	10/10/2020	347716	8819636	4299	347691	8819596	4272	12:20	13:05	
		Qui-He-V42	10/10/2020	347458	8819544	4309	347397	8819555	4313	14:00	14:30	
		Qui-He-V43	10/10/2020	347511	8819657	4318	347379	8819806	4335	14:40	15:15	

Tabla 5.42. Ubicación de los transectos en hábitats acuáticos

Código Transecto	Código Agua superficial	Fecha	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m.	Coordenada Final UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m.	Hora inicio	Hora fin	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)				
Qui-He-T1	RQ-1	12/08/2020	346993	8816819	4330	346994	8816865	4337	10:00	11:15	Río Quicay, aguas arriba de las operaciones mineras
Qui-He-T2	-	12/08/2020	348495	8816547	4306	348447	8816538	4306	12:45	13:45	Río Quicay, 200 m al sur del botadero sur
Qui-He-T3	RB N2	13/08/2020	349256	8817806	4274	349302	8817784	3778	10:45	12:00	Río Blanco, a 100 m aguas abajo de la confluencia con la descarga del punto de vertimiento E-NE
Qui-He-T4	-	13/08/2020	348164	8818116	4316	348232	8818110	4312	13:10	14:00	Río Blanco, 1 km aguas arriba de la confluencia con la descarga del punto de vertimiento E-NE
Qui-He-T5	QQUic3	14/08/2020	349166	8816484	4034	349119	8816452	4036	11:34	12:00	Quebrada sin nombre 2, tributario en la margen izquierda del río Quicay, a 100 m aguas abajo de la confluencia con la descarga de la Planta E-NCD
Qui-He-T6	QQuic2	14/08/2020	348935	8816459	4275	348884	8816467	4276	12:15	12:40	Quebrada sin nombre 2, tributario en la margen izquierda del río Quicay, a 60 m aguas arriba de la confluencia con la descarga de la Planta E-NCD
Qui-He-T7	RQuic2	14/08/2020	348108	8816501	4263	348059	8816495	4259	13:20	10:19	Río Quicay, 100 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada sin nombre 1

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Código Trasecto	Código Agua superficial	Fecha	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m.	Coordenada Final UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m.	Hora inicio	Hora fin	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)				
Qui-He-T8	RQuic1	14/08/2020	347835	8816470	4297	347789	8816455	4297	15:40	16:50	Río Quicay, 50 m antes de la confluencia con la quebrada sin nombre 1
Qui-He-T9	RBLan1	13/08/2020	349001	8817987	4290	-	-	-	-	-	Río Blanco, a 200 m aguas arriba de la confluencia con la descarga del punto de vertimiento E-NE.
Qui-He-T10	LQuic3	12/10/2020	346799	8817086	4375	346772	8817067	4376	11:30	11:45	Laguna Quicay transecto ubicado aproximadamente a 700 metros al suroeste del Tajo Quicay
Qui-He-T11	P12	12/10/2020	346729	8817351	4381	346670	8817358	4317	11:50	12:30	Quebrada sin nombre, afluente de la laguna Quicay, transecto ubicado aproximadamente a 800 metros al oeste del tajo Quicay
Qui-He-T12	-	12/10/2020	347210	8817524	4388	347266	8817527	4318	12:50	13:20	Laguna Quicay, transecto ubicado a 360 metros aproximadamente al noroeste del Tajo Quicay
Qui-He-T13	LQ-1	12/10/2020	347416	8817306	4327	347378	8817259	4316	13:40	14:20	Laguna Quicay ^(a) Ubicada en la laguna Quicay, antes de la zona de operaciones ^(b)
Qui-He-T14	-	12/10/2020	347394	8816459	4320	347368	8816499	4323	15:30	16:10	Río Quicay, transecto ubicado a 100 metros aproximadamente al suroeste del Botadero suroeste
Qui-He-T15	RBlan3	14/10/2020	349723	8817278	4305	349754	8817240	4248	12:00	12:40	Río Blanco, a 100 metros aproximadamente aguas arriba de la confluencia con el río Pelado y a 150 metros aproximadamente aguas abajo de la vivienda de la familia Atencio Rivera
Qui-He-T16	RB-2	14/10/2020	349767	8817159	4248	349761	8817107	4244	13:50	14:30	Río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras ^(a) . Ubicada en el río Blanco aguas abajo de las operaciones mineras y de los puntos de descarga E-NE y SF-NE1 ^(b)
Qui-He-T17	Rquic5	15/10/2020	350293	8817185	4250	350230	8817160	4251	09:40	10:20	Río Quicay a 450 metros aguas abajo de la confluencia con el río Blanco, aguas abajo de las operaciones mineras
Qui-He-T18	RQ-2	15/10/2020	349735	8816946	4258	349788	8816964	4259	10:45	11:20	Río Quicay, aguas abajo de las operaciones mineras ^(a) . Ubicado en el río Quicay, aguas abajo de las operaciones mineras y del punto de descarga E-NCD ^(b) .

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.43.** Ubicación de búsquedas libres

Zona	Cantidad	Código	Fecha	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m	Coordenada Final UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m	Hora inicio	Hora fin	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)				
API 3	2	API III-BL*	11/10/2020	348365	8816591	4289	348148	8816582	4291	10:20	11:15	Recorrido realizado en los bordes del canal de coronación a la altura de API 3 ubicada al sur del Botadero sur
Río Quicay		RQuic-BL	12/10/2020	347229	8816592	4327	346991	8816877	4316	16:40	17:30	Recorrido realizado siguiendo el curso del río Quicay, desde la altura del botadero suroeste hasta el punto de descarga de la laguna Quicay

Tabla 5.44. Ubicación de las grabadoras de monitoreo acústico

Zona	Código	Hábitat	Fecha Instalación	Fecha desinstalación	Hora instalación	Hora desinstalación	Número grabaciones*
Zona V (API - 5)	Qui-He-G1	Humedal	11/10/2020	15/10/2020	10:10	12:20	586
Zona III (API - 3)	Qui-He-G2	Bofedal	11/10/2020	15/10/2020	12:05	12:30	579
Zona I (API - 1)	Qui-He-G3	Césped de puna	12/10/2020	15/10/2020	10:20	12:00	442
Zona III (API - 3)	Qui-He-G4	Quebrada	11/10/2020	15/10/2020	11:30	12:32	580
Zona Control	Qui-He-G5	Bofedal	11/10/2020	15/10/2020	14:30	13:04	567
	Qui-He-G6	Laguna y roquedal	11/10/2020	15/10/2020	15:10	13:13	564
	Qui-He-G7	Cultivo abandonado	11/10/2020	15/10/2020	15:30	13:20	561

* Grabaciones de 1 minuto cada 10 minutos



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

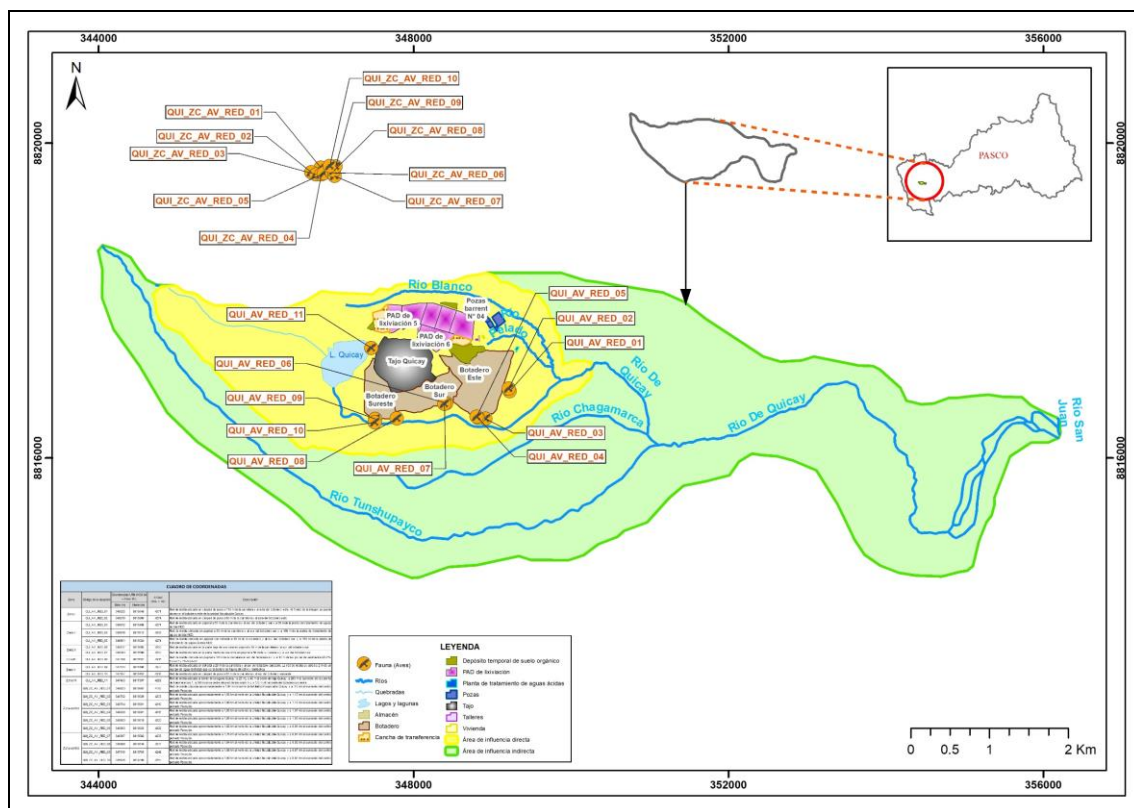
Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

b) Aves

Se utilizaron 21 redes de niebla, que fueron instaladas en 7 zonas de evaluación. Las coordenadas de ubicación de las redes de niebla se presentan en la Tabla 5.45 y la distribución de puntos en la Figura 5.18.



**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.45.** Coordenadas de ubicación de las redes de niebla para la evaluación de aves en el área de estudio

Zona	Fecha de inicio	Fecha de fin	Hora de apertura	Hora de cierre	Código de evaluación	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		
Zona I	08/08/2020	12/08/2020	5:45	13:00	QUI_AV_RED_01	349222	8816848	4271	Red de niebla ubicada en césped de puna a 115 m de la carretera y al este del botadero este. Al fondo de la imagen se puede observar el botadero este de la unidad fiscalizable Quicay.
	08/08/2020	12/08/2020	5:50	13:05	QUI_AV_RED_02	349210	8816880	4274	Red de niebla ubicada en césped de puna a 90 m de la carretera y al este del botadero este.
Zona II	08/08/2020	12/08/2020	6:00	13:15	QUI_AV_RED_03	348912	8816498	4271	Red de niebla ubicada en pajonal a 55 m de la carretera y al sur del botadero sur y a 50 m de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
	08/08/2020	12/08/2020	6:05	13:20	QUI_AV_RED_04	348818	8816512	4288	Red de niebla ubicada en pajonal a 55 m de la carretera y al sur del botadero sur y a 150 m de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
	08/08/2020	12/08/2020	6:10	13:25	QUI_AV_RED_05	348801	8816524	4274	Red de niebla ubicada en pajonal con bofedal a 45 m de la carretera y al sur del botadero sur y a 160 m de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
Zona III	08/08/2020	12/08/2020	6:20	13:35	QUI_AV_RED_06	348417	8816695	4280	Red de niebla ubicada en la parte baja de una cima en pajonal a 85 m de la carretera y al sur del botadero sur.
	08/08/2020	12/08/2020	6:25	13:40	QUI_AV_RED_07	348393	8816688	4282	Red de niebla ubicada en la parte media de una cima en pajonal a 50 m de la carretera y al sur del botadero sur.
Zona IV	08/08/2020	12/08/2020	6:40	13:55	QUI_AV_RED_08	347788	8816501	4315	Red de niebla ubicada en pajonal a 30 m de la carretera al sur del botadero sur y a 10 m de las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02.
Zona V	08/08/2020	12/08/2020	6:50	14:05	QUI_AV_RED_09	347514	8816496	4322	Red de niebla ubicada en bofedal a 20 m de la carretera y al sur del botadero suroeste. La red de niebla se ubicó a 2 m de un cuerpo de agua (bofedal) que es bebedero de fauna silvestre y doméstica.
	08/08/2020	12/08/2020	6:55	14:10	QUI_AV_RED_10	347507	8816452	4318	Red de niebla ubicada en césped de puna a 65 m de la carretera y al sur del botadero suroeste.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Zona	Fecha de inicio	Fecha de fin	Hora de apertura	Hora de cierre	Código de evaluación	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		
Zona VI	17/08/2020	17/08/2020	10:00	10:30	QUI_AV_RED_11	347463	8817397	4283	Red de niebla ubicada al borde de la laguna Quicay (a 25 m), a 45 m al oeste del tajo Quicay, a 200 m al suroeste de la cancha de transferencia 1, a 300 m al suroeste del pad de lixiviación 5 y a 100 m al noroeste del botadero suroeste.
Zona control	09/10/2020	11/10/2020	5:10	11:30	QUI_ZC_AV_RED_01	346823	8819687	4192	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,94 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 1.0 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:13	11:35	QUI_ZC_AV_RED_02	346702	8819629	4203	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,93 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 1,15 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:15	11:38	QUI_ZC_AV_RED_03	346764	8819601	4210	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,88 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 1,12 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:18	11:42	QUI_ZC_AV_RED_04	346830	8819601	4217	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,85 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 1,07 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:20	11:45	QUI_ZC_AV_RED_05	346863	8819618	4220	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,86 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 1,03 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:23	11:50	QUI_ZC_AV_RED_06	346963	8819623	4222	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,82 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 0,96 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
Zona control	09/10/2020	11/10/2020	5:25	11:53	QUI_ZC_AV_RED_07	346997	8819582	4233	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,76 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 0,97 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Zona	Fecha de inicio	Fecha de fin	Hora de apertura	Hora de cierre	Código de evaluación	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
						Este (m)	Norte (m)		
	09/10/2020	11/10/2020	5:29	11:51	QUI_ZC_AV_RED_08	346988	8819649	4237	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,84 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 0,92 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:33	12:02	QUI_ZC_AV_RED_09	347010	8819703	4248	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,88 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 0,87 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.
	09/10/2020	11/10/2020	5:36	12:06	QUI_ZC_AV_RED_10	346936	8819708	4252	Red de niebla ubicada aproximadamente a 1,90 km al norte de la Unidad fiscalizable Quicay y a 0,92 km al suroeste del centro poblado Pacoyán.

c) Mamíferos menores

Para la evaluación de mamíferos menores se utilizaron trampas Sherman distribuidas en 6 transectos, que fueron instaladas en 5 zonas de evaluación. Las coordenadas de ubicación de los transectos se presentan en la Tabla 5.46 y la distribución de puntos en la Figura 5.19.

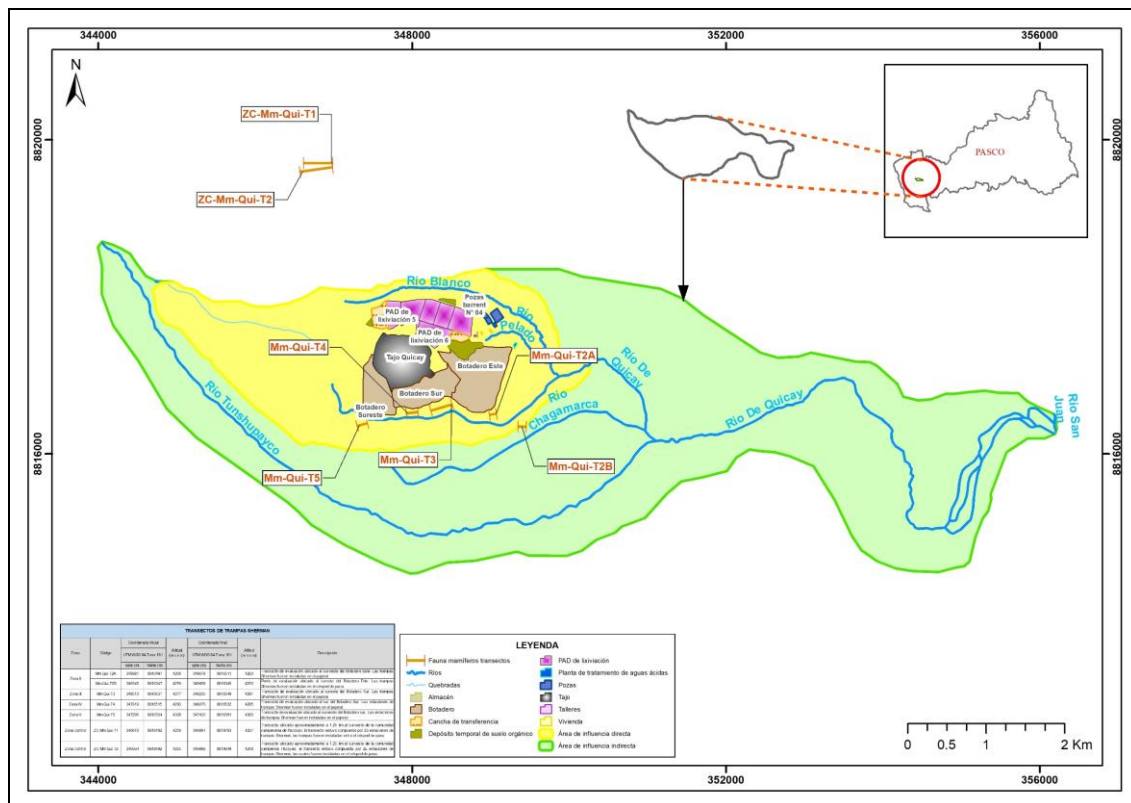


Figura 5.19. Esquema de distribución de puntos de muestreo de mamíferos menores

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.46.** Ubicación de transectos para la evaluación de mamíferos menores.

Transectos de trampas Sherman										
Zona	Código de evaluación (Transecto)	Fecha	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m.	Coordenada final UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud m s. n. m.	Hora inicio	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
Zona II	Mm-Qui-T2A	08/08/2020	348981	8816497	4268	349078	8816511	4263	8:00	Transecto de evaluación ubicado al suroeste del Botadero Este. Las trampas Sherman fueron instaladas en el pajonal.
	Mm-Qui-T2B	09/08/2020	349345	8816347	4259	349458	8816345	4253	6:40	Punto de evaluación ubicado al sureste del Botadero Este. Las trampas Sherman fueron instaladas en el césped de puna.
Zona III	Mm-Qui-T3	08/08/2020	348513	8816631	4277	348235	8816549	4281	6:00	Transecto de evaluación ubicado al sureste del Botadero Sur. Las trampas Sherman fueron instaladas en el pajonal.
Zona IV	Mm-Qui-T4	08/08/2020	347919	8816515	4290	348075	8816532	4285	6:20	Transecto de evaluación ubicado al sur del Botadero Sur. Las estaciones de trampas Sherman fueron instaladas en el pajonal.
Zona V	Mm-Qui-T5	10/08/2020	347295	8816354	4308	347433	8816391	4303	6:50	Transecto de evaluación ubicado al suroeste del Botadero sur, Las estaciones de trampas Sherman fueron instaladas en el pajonal.
Zona control	ZC-Mm-Qui-T1	08/10/2020	346610	8819702	4259	346991	8819703	4251	08:00	Transecto ubicado aproximadamente a 1.25 km al suroeste de la comunidad campesina de Pacoyan. El transecto estuvo compuesto por 25 estaciones de trampas Sherman, las trampas fueron instaladas entre el césped de puna.
Zona control	ZC-Mm-Qui-T2	08/10/2020	346564	8819592	4255	346986	8819649	4248	09:00	Transecto ubicado aproximadamente a 1.25 km al suroeste de la comunidad campesina Pacoyan. El transecto estuvo compuesto por 25 estaciones de trampas Sherman, las cuales fueron instaladas en el césped de puna.

d) Mamíferos mayores

En la Tabla 5.47 se muestran las coordenadas de ubicación de las cámaras trampa, las mismas que están distribuidas en los diferentes hábitats del área de estudio (Figura 5.20).

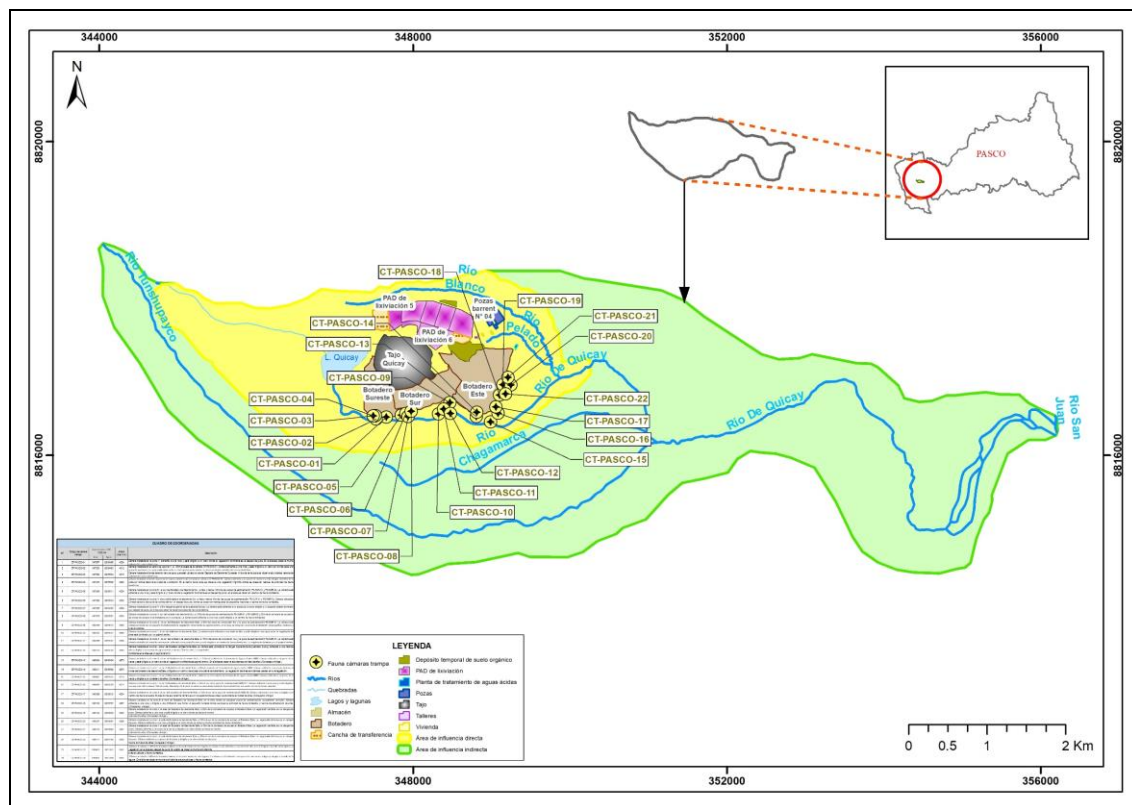


Figura 5.20. Esquema de distribución de puntos de muestreo de mamíferos mayores

Tabla 5.47. Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa en los diferentes hábitats del área de estudio.

N.º	Código de cámara trampa	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Norte	Este		
1	CT-PASCO-01	347657	8816485	4308	Cámara instalada en la zona V, adherido a una roca y está dirigido a un claro donde la vegetación dominante es el césped de puna. En el área se observa mucha actividad de fauna doméstica.
2	CT-PASCO-02	347529	8816463	4312	Cámara instalada en el centro de la zona V, a 130m al oeste de la cámara CT-PASCO-01, cámara adherida a una roca y está dirigido a un claro por donde pasa una pequeña quebrada. La vegetación dominante es el césped de puna donde se observa mucha actividad de fauna doméstica.
3	CT-PASCO-03	347520	8816504	4315	Cámara instalada al borde derecho de una poza que está ubicado al pie del Depósito de Desmonte Suroeste. Al borde de la poza se observa abundantes rastros de actividad de fauna doméstica.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código de cámara trampa	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Norte	Este		
4	CT-PASCO-04	347493	8816502	4320	Cámara instalada al borde izquierdo de la poza donde está instalada la cámara CT-PASCO-03. Cámara adherida a un poste de madera y está dirigido al centro de la poza por donde discurre el canal de coronación. En el centro de la poza se observa una vegetación higrófila donde se observan rastros de actividad de fauna doméstica.
5	CT-PASCO-05	347849	8816511	4305	Cámara instalada en la zona IV, al sur del Botadero de Desmonte Sur, a más o menos 30m de las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02. La cámara está adherida a una roca y está dirigido a un claro donde la vegetación dominante es el césped de puna, en el área se observan rastros de fauna doméstica.
6	CT-PASCO-06	347908	8816534	4302	Cámara instalada en la zona IV al sur del botadero de desmonte Sur, a más o menos 40m de las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02. Cámara ubicada a 2m lado derecho del canal de coronación en un césped de puna, donde se observan madrigueras de pequeños roedores y rastros de fauna doméstica.
7	CT-PASCO-07	347936	8816493	4298	Cámara instalada en la zona IV a 5m margen izquierdo de la quebrada Quicay. La cámara está adherida a un poste de la cerca dirigido a un espacio abierto dominado por césped de puna, en el área se observa mucha actividad de fauna doméstica.
8	CT-PASCO-08	347976	8816561	4304	Cámara instalada en la zona IV sur del botadero de desmonte Sur, a 100m de las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02 y 50m de la carretera de acceso a las zonas de acceso a los botaderos sur y suroeste. La cámara está adherida a una roca y está dirigida a un camino de fauna doméstica.
9	CT-PASCO-09	348469	8816672	4290	Cámara instalada en la zona III, al sur del Botadero de Desmonte Este, a 30m del canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07. La cámara está ubicada al borde de un pequeño humedal donde la vegetación circundante es pajonal andino, en el área se observan rastros de alimentación de pequeños roedores y aves silvestres.
10	CT-PASCO-10	348324	8816527	4290	Cámara instalada en la zona III, al sur del botadero de desmonte Este. La cámara está adherida a una mata de Ichu y está dirigida a una poza seca, la vegetación del área está dominado por un pajonal andino.
11	CT-PASCO-11	348389	8816587	4288	Cámara instalada en la zona III, al sur del botadero de desmonte Este, a 150m del canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07. La cámara está ubicado aledaño del canal de coronación, adherida a una pequeña roca y está dirigido a un camino de fauna doméstica. La vegetación dominante es el pajonal andino.
12	CT-PASCO-12	348476	8816533	4294	Cámara instalada en la zona III al sur del Botadero de Desmonte Este. La cámara está ubicada en la margen izquierda de la quebrada Quicay, adherida a una mata de ichu y dirigida a un cuerpo de agua de más o menos 20m de radio. La vegetación dominante en el área es un pajonal andino.
13	CT-PASCO-13	348804	8816494	4279	Cámara instalada en la zona II, al sur del botadero de desmonte Este, a 170m de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas NCD. Cámara adherida a un poste de la cerca y está dirigido a un claro donde la vegetación dominante es pajonal andino. En el área se observa abundante actividad de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
14	CT-PASCO-14	348811	8816548	4279	Cámara instalada en la zona II, al sur del botadero de desmonte Este, a 60m de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Cámara adherida a una roca mediana al borde del botadero de desmonte Este y

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

N.º	Código de cámara trampa	Coordenada Inicial UTM WGS 84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Norte	Este		
					dirigida a un camino de acceso a la planta de tratamiento. La vegetación del área son plantas usadas en la revegetación.
15	CT-PASCO-15	348987	8816425	4270	Cámara instalada en la zona II, al sur del Botadero de Desmonte Este, a 90m al sur de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD. Cámara adherida a un poste de la cerca y dirigida a un comedero de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
16	CT-PASCO-16	349084	8816536	4274	Cámara instalada en la zona II, al sur del botadero de desmonte Este, a 50m al sur de la poza de sedimentación NCD 04. Cámara adherida a una roca y está dirigida a una poza de más o menos 10m de radio. Alrededor de la poza se observa abundante huella de fauna doméstica, así como rastros de fauna silvestre.
17	CT-PASCO-17	349056	8816615	4294	Cámara instalada en la zona II al sur del botadero de desmonte Este, a 10m al sur de la poza de sedimentación NCD 09. Cámara adherida a una roca y dirigida a un camino de fauna silvestre. El área donde se instaló la cámara es un roquedal donde se observa abundante actividad de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
18	CT-PASCO-18	349100	8816767	4297	Cámara instalada en la zona II, al este del Botadero de Desmonte Este, en el área donde se ubicaban pozas de sedimentación, actualmente cerradas. Cámara adherida a una roca y dirigida a una infiltración que forma un pequeño humedal donde se observa actividad de fauna doméstica y rastros de alimentación de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
19	CT-PASCO-19	349144	8816900	4293	Cámara instalada en la zona I, al este del botadero de desmonte Este, a 20m de la carretera de acceso al Botadero Este. La vegetación del área es un césped de puna. Cámara adherida a una roca y está dirigida a un claro donde se observa mucha actividad de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
20	CT-PASCO-20	349247	8816897	4286	Cámara instalada en la zona I, al este del botadero de desmonte Este, a 120m al sur de la carretera de acceso al Botadero Este. La vegetación del área es un césped de puna. Cámara adherida a una roca y dirigida a un claro donde se observa mucha actividad de fauna doméstica.
21	CT-PASCO-21	349210	8816993	4287	Cámara instalada en la zona I, al este del Botadero de Desmonte Este, a 50m de la carretera de acceso al Botadero Este. La vegetación del área es un césped de puna. Cámara adherida a un poste de la cerca y dirigida a un claro donde se observa mucha actividad de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
22	CT-PASCO-22	349177	8816783	4283	Cámara instalada en la zona I, al este del botadero de desmonte Este, a 80m al sur de la carretera de acceso al Botadero Este. La vegetación del área es un césped de puna. Cámara adherida a un poste de la cerca y dirigida a un claro donde se observa mucha actividad de añas (<i>Conepatus chinga</i>).
23	CT-PASCO-23	346943	8817351	4332	Cámara instalada a 700m de la unidad minera en la parte media de una laguna, la cámara está adherida a una mata de ichu y está dirigida a la orilla de la laguna, la vegetación en el área es césped de puna. En el sitio se observa mucha actividad de aves acuáticas y fauna doméstica.
24	CT-PASCO-24	346803	8817329	4333	Cámara instalada a 800m de la unidad minera en la parte media de una laguna. La cámara está adherida a un poste de una cerca antigua y dirigida a la orilla de la laguna. En el sitio se observa mucha actividad de aves acuáticas y fauna doméstica.

En las Tablas 5.48 y 5.49 se detallan las coordenadas de ubicación en donde se tomaron muestras de sangre en ganado ovino y colocación de rastreadores satelitales. La Figura 5.21 muestra la distribución de puntos de muestreo de tejido sanguíneo.

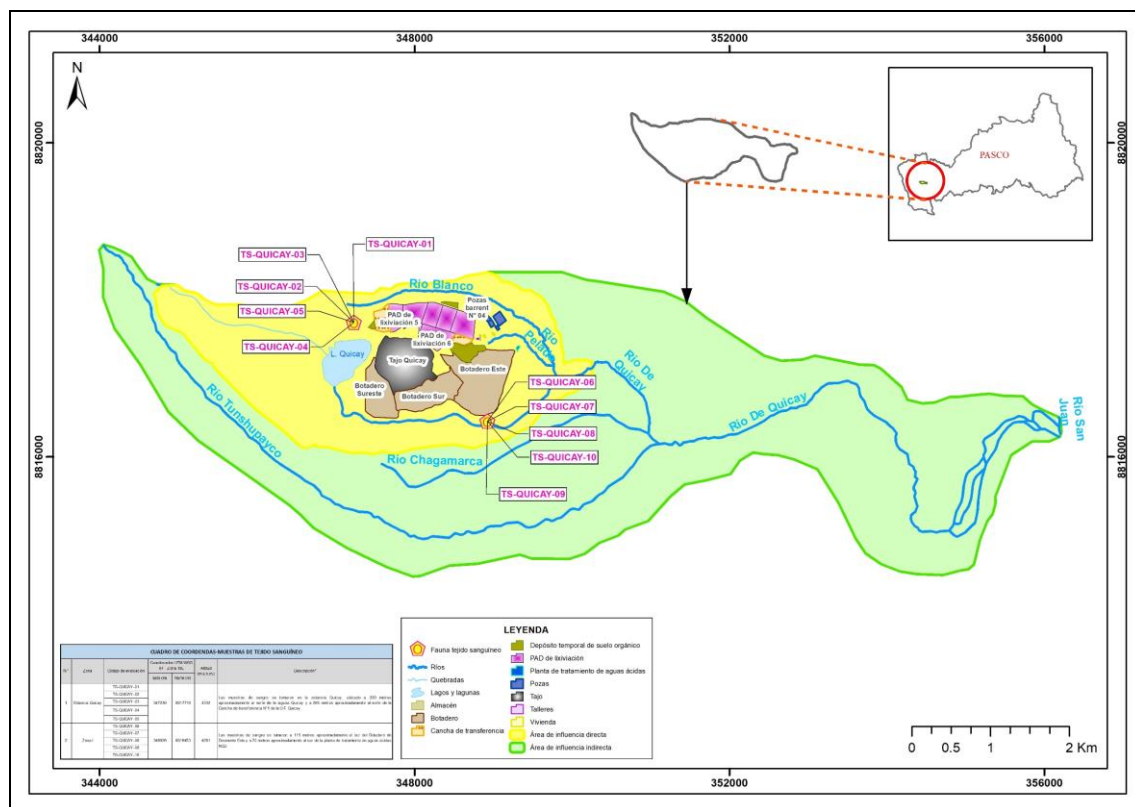


Figura 5.21. Esquema de distribución de puntos de muestreo de tejido sanguíneo

Tabla 5.48. Ubicación de sitios de toma de muestras de tejido sanguíneo

N.º	Zona	Código de evaluación	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18L		Altitud (m s. n. m.)	Fecha de inicio	Fecha final	Descripción*
			Este (m)	Norte (m)				
1	Estancia Quicay	TS-QUICAY-01	347230	8817710	4332	15/10/2020	15/10/2020	Las muestras de sangre se tomaron en la estancia Quicay, ubicado a 200 metros aproximadamente al norte de la laguna Quicay y a 265 metros aproximadamente al norte de la Cancha de transferencia N°1 de la U.F. Quicay.
		TS-QUICAY-02						
		TS-QUICAY-03						
		TS-QUICAY-04						
		TS-QUICAY-05						
2	Zona I	TS-QUICAY-06	348926	8816453	4281	15/10/2020	15/10/2020	Las muestras de sangre se tomaron a 115 metros aproximadamente al sur del Botadero de Desmonte Este y a 70 metros aproximadamente al sur de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
		TS-QUICAY-07						
		TS-QUICAY-08						
		TS-QUICAY-09						
		TS-QUICAY-10						

Tabla 5.49. Ubicación de sitios de muestreo para el uso de rastreadores satelitales

N°	Zona	Código de evaluación	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18L		Altitud (m s.n.m.)	Fecha de inicio	Fecha final	Descripción*
			Este (m)	Norte (m)				
1	Estancia Quicay	OEFA-07	347230	8817710	4332	10/10/2020	15/10/2020	Rastreadores instalados en ovejas ubicadas en la estancia Quicay, ubicado a 200 metros aproximadamente al norte de la laguna Quicay y a 265 metros aproximadamente al norte de la Cancha de transferencia N°1 de la U.F. Quicay
		OEFA-10						
		OEFA-12						
		OEFA-13						
		OEFA-19						
2	Zona I	OEFA-01	348926	8816453	4281	10/10/2020	15/10/2020	Rastreadores instalados en ovejas ubicadas a 115 metros aproximadamente al sur del Botadero de Desmonte Este y a 70 metros aproximadamente al sur de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
		OEFA-03						
		OEFA-05						
		OEFA-06						
		OEFA-08						

5.3.6.3. Métodos de evaluación

a) Anfibios y reptiles

- Búsquedas por encuentros visuales o «Visual Encounter Survey» (VES)**

Consiste en la búsqueda intensiva de anfibios y reptiles, mediante un desplazamiento constante, en la superficie del suelo, huecos, debajo de piedras, vegetación y cuerpos de agua que sirvan de refugio a estos organismos (Crump y Scott, 1994). Los VES estuvieron distanciados entre sí por al menos 50 m y fueron evaluados por 1 persona en un periodo de 30 minutos. Se tomaron datos de georreferenciación, hora de inicio y finalización de búsqueda efectiva, características y tipo de hábitat, condiciones meteorológicas y finalmente se identificaron posibles fuentes de perturbación antrópica como ganadería, o pastero y la presencia de algún componente minero.

- Transectos lineales en hábitats acuáticos**

Son unidades de muestreo de 50 m establecidos en el curso de los cuerpos de agua donde se realizan búsquedas intensivas bajo piedras, huecos, acumulaciones de algas, entre otros. Cada transecto fue evaluado por 1 persona, durante 45 a 90 minutos. Se tomaron los mismos datos considerados en los VES. Estos transectos se establecieron en alguno de los puntos de evaluación de agua superficial y sedimentos, y para los análisis de estadísticos se considerarán las características ambientales que son indicadoras de la calidad de aguas y que influyen en el desarrollo y distribución de especies de anfibios, tales como temperatura (°C), conductividad (µS/m), oxígeno disuelto (mg/L), pH y concentración de metales (Dodd, 2010).

- Toma de datos de individuos capturados**

Todos los individuos fueron capturados a mano y manipulados con guantes de nitrilo. Cada uno fue pesado con una balanza electrónica portátil de 0,1 gr de precisión, con un vernier electrónico de 0,1 mm se midió la longitud hocico – cloaca (LHC). Posteriormente se



realizó la identificación taxonómica hasta el nivel de especie y se determinó el sexo y estado de madurez (juvenil, subadulto o adulto).

- **Colecta de tejido para el análisis de metales pesados**

Para la detección de metales pesados, algunos individuos de anfibios fueron sacrificados con una solución de lidocaína al 10 %, en individuos grandes (> 10 gr) se extrajo el hígado y músculo de la parte anterior del muslo. Respecto a las especies pequeñas (< 10 gr) se consideró todo el cuerpo como una muestra, similar a lo realizado por Jofré *et al.* (2012). Las muestras fueron conservadas a una temperatura de 4 °C (Williams *et al.*, 2010), hasta su envío al laboratorio para el análisis.

También se colectaron individuos para la identificación taxonómica, estos fueron fijados en formol al 10 % y preservados en etanol al 70 %, para su posterior entrega a una institución depositaria.

b) Aves

Se realizó reconocimiento del área de estudio en el área de influencia de la unidad fiscalizable Quicay con la finalidad de escoger los lugares más adecuados para realizar la captura de aves y toma de muestras.

Para la captura de aves se utilizaron redes de niebla de 12 m x 2,5 m. Mediante esta metodología se puede manipular individuos y evaluar diferentes variables (muda, sexo, edad, etc.) que permitan estimar la condición física de las aves (Ralph *et al.*, 1996; Minam, 2015). Se utilizaron 21 redes de niebla, de las cuales, 11 estuvieron ubicadas en 5 zonas aledañas a los botaderos sur, este y suroeste de la UF Quicay, 1 en el borde de la laguna Quicay, y 10 en una zona control, ubicada aproximadamente a 2 km de la UF Quicay y 1km del centro poblado Pacoyán. Las redes fueron monitoreadas cada 30 minutos entre las 5:45 h y las 13:30 h.

Para facilitar la captura de aves, de manera cautelosa se emplearon grabaciones de cantos de las especies observadas en la zona de muestreo, las cuales fueron obtenidas de la base de datos de cantos de aves Xeno-Canto²⁷. Para la reproducción de los cantos se utilizó un reproductor de música y un pequeño parlante.

- **Toma de datos**

Para cada ave capturada se tomaron los siguientes datos: fecha, hora, localidad, ubicación de la red y nombre científico. Para la determinación de especies se usó la guía de campo Aves de Perú (Schulenberg *et al.*, 2010). Adicionalmente, se evaluó el plumaje, condición fisiológica, medidas morfométricas, osificación del cráneo y otras características que permitan conocer el sexo y edad de las aves.

Las medidas morfométricas que se tomaron fueron las siguientes: longitud de ala, longitud de cola, longitud de tarso, longitud pico-narina. Las condiciones fisiológicas que se tomaron fueron: protuberancia cloacal, parche de incubación, cantidad de grasa. Asimismo, se evaluó la muda de cuerpo, muda de vuelo, desgaste de plumas, límite de

²⁷

<http://www.xeno-canto.org/>

muda, osificación del cráneo, peso, sexo y edad (Pyle *et al.*, 1987), tal como se muestra en la Figura 5.22.

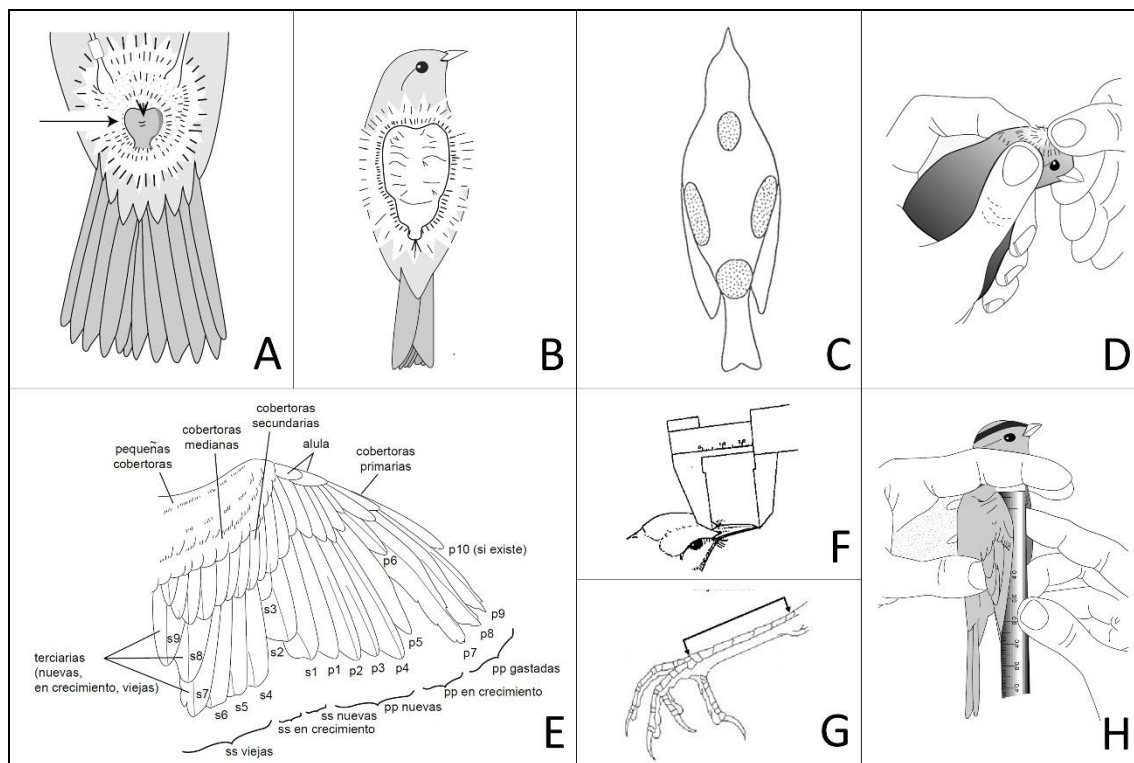


Figura 5.22. Medidas morfométricas y condiciones fisiológicas que se medirán en aves capturadas. Dónde: A: protuberancia cloacal, B: parche de incubación, C: Cantidad de grasa, D: Osificación del cráneo, E: muda de ala, F: Longitud pico-narina, G: Longitud de tarso, H: Longitud de ala. Fuente: Ralph *et al.* (1996) y Pyle *et al.* (1987).

• Colecta de plumas

A cada una de las aves capturadas se le colectaron plumas, las cuales fueron depositadas en bolsas plásticas herméticas. Para la colecta de plumas se siguió como referencia el protocolo de muestreo de plumas del American Kestrel Genoscape Project²⁸.

Luego de la toma de muestras y colecta de plumas, cada ave fue liberada en el mismo sitio en el que se le capturó, de tal manera que pudiese regresar rápidamente a su hábitat, disminuyendo así cualquier perturbación que se le pueda generar.

c) Mamíferos menores

• Captura con trampas viva tipo Sherman

Para la evaluación de mamíferos menores (roedores) se utilizó el método de trapeo sistemático con trampas de captura viva tipo Sherman²⁹, para ello se establecieron

²⁸ The American Kestrel Partnership. (2017). American Kestrel Genoscape Project. Feather Sampling Protocol. University of California. United States of America.

²⁹ Guía de inventario de la fauna silvestre / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. -- Lima: MINAM, 2015.

transectos de 300 metros (Figura 5.23). Se instalaron 25 estaciones de trampas Sherman en cada transecto, las trampas estuvieron separadas entre sí por 10 metros y fueron instaladas, colocadas en el piso, debajo de los arbustos, piedras o cualquier otro sitio donde se presume la presencia de roedores, cada estación de captura fue señalizada y marcada con cinta flagging, donde se consignó el número de cada estación de muestreo.

Para asegurar el éxito de capturas, las trampas fueron cebadas con una mezcla de avena con mantequilla de maní, esencia de vainilla, pasas, diversos granos y miel, las trampas fueron revisadas al día siguiente de instalado. Los individuos capturados fueron identificados en campo con base en conocimiento previo ayudados por literatura especializada³⁰, para la nomenclatura taxonómica en este estudio siguió a Patton (2015).

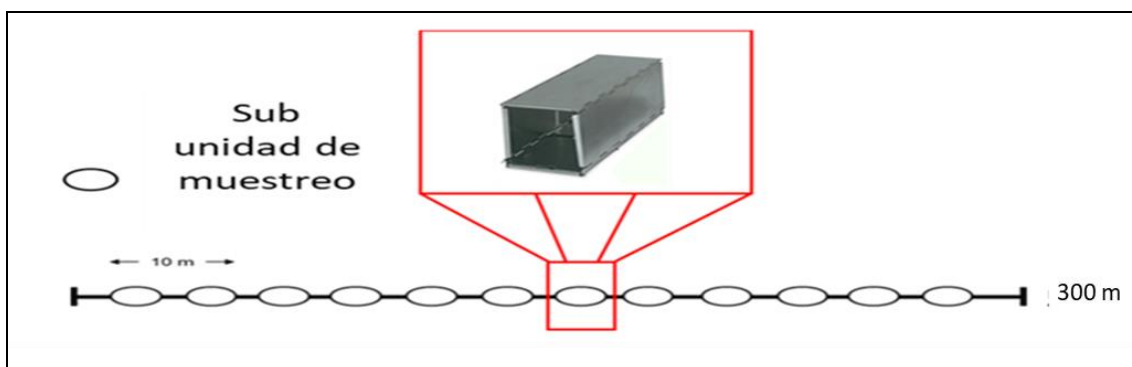


Figura 5.23. Transecto de trampas Sherman

- **Colocación de trampas de vida tipo Sherman.**

- Se preparó el cebo que constó de avena mezclada con mantequilla de maní, pasas, esencia de vainilla y miel.
- Se colocaron y cebaron todas las trampas durante el transcurso de la mañana.
- Se indicó cada estación de trampas con una cinta flagging atada y marcada con el número de estación al costado de la trampa de vida tipo sherman. Se colocaron las trampas cada una lo más nivelado posible, con la boca a nivel del suelo. La tierra en algunos casos se removió y niveló raspándola con el pie. Al colocar cada trampa. Se controló el mecanismo disparador para comprobar su ajuste y sensibilidad.
- Se colocó las estaciones de trampas cerca de madrigueras u otros lugares que provean refugio a los roedores.
- Para cada transecto de trampas se tomó coordenadas UTM inicial y final.
- Se realizó registro fotográfico de la metodología empleada.

- **Recolección de roedores capturados**

- Las trampas fueron revisadas lo más temprano posible a mañana siguiente de instalados.
- Cuando la trampa se encontró con la puerta cerrada, se alzó sin sacudirla. De pie, con el viento del lado izquierdo o derecho y la trampa tomada a una distancia igual al largo de un brazo, se empujó suave y cuidadosamente la puerta para confirmar la presencia de un roedor capturado. Si no hay captura y no hay evidencia de visita, se controló el ajuste de la trampa y se volvió a poner en la línea correspondiente.

³⁰

Pacheco, V., R. Cadenillas, E. Salas, C. Tello y H. Zeballos. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. Revista Peruana de Biología, 16(1): 5-32.



- Si la trampa contenía un individuo capturado, se colocó cuidadosamente la trampa en una bolsa de tela para sacar al roedor capturado. Una vez el roedor esté en la bolsa de tela se colocó una cinta masking para indicar el número de estación donde fue capturado.
- Después de completar el revisado y recebado las estaciones de trampas, se procedió con la identificación de los individuos capturados

- **Procesamiento de roedores capturados (toma de medidas biométricas).**

El personal que participó en la manipulación de roedores o trampas usó guantes de látex. Las medidas de los individuos capturados fueron en milímetros (mm).

- Se anotó el sexo y la condición reproductiva del individuo. Para los machos, testículo escrotal o abdominal. Para las hembras, la vagina puede estar perforada o cerrada. Los pezones lactantes o no lactantes (esto se determinó apretando suavemente un pezón entre el pulgar y el dedo índice).
- La edad del individuo puede registrarse (subjetivamente) según las medidas y características de pelaje como juvenil, adulto joven o adulto.
- Largo total (LC) se colocó el individuo sobre una superficie con la parte ventral hacia arriba y sostenerlo de modo que el cuerpo y la cola estén derechos y tirantes, pero no estirados. Se midió la distancia desde la punta de la nariz a la punta de la parte carnosa de la cola; se excluyó cualquier pelo que se proyecte más allá de la punta (Figura 5.24).
- Largo de cola (LC): Se colocó el individuo con la parte ventral hacia abajo y doblar la cola hacia arriba en un ángulo recto. Se midió desde la curvatura de la base posterior de la cola hasta la punta de la parte carnosa, excluir los pelos que se proyectan más allá (Figura 5.24).
- Largo de Pata posterior derecha (LP): Con el individuo tendido con la parte ventral hacia arriba, se colocó el dedo índice sobre la superficie dorsal de la pata y el pulgar sobre la superficie plantar y sostener la pata de modo que el tobillo forme un ángulo recto perfecto. Medir la distancia desde la parte de atrás del “talón” hasta la punta más larga de la uña. (Figura 5.24)
- Largo de Oreja (LO): Insertar la punta de una regla en la muesca de la base de la oreja y medir el largo máximo a la porción distal del pabellón de la oreja (apariencia media); excluir los pelos que se proyectan más allá de la porción carnosa (Figura 5.24).
- Los individuos capturados fueron identificados en campo con base en conocimiento previo y posible presencia en el área (Pacheco *et al.*, 2009). La nomenclatura taxonómica en este estudio siguió principalmente a Patton (2015).

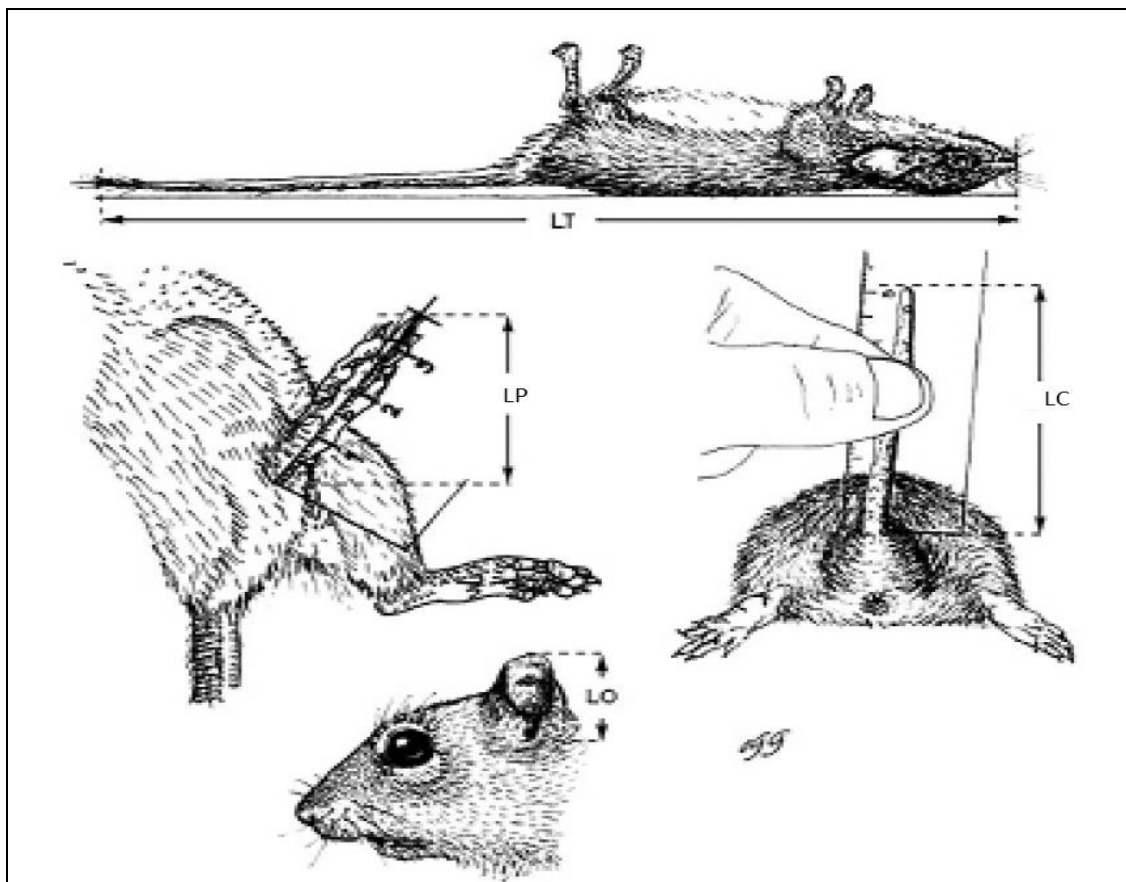


Figura 5.24. Toma de medidas biométricas de roedores (Voss & Emmons 1996).

- Se realizó el registro fotográfico del espécimen capturado en posición lateral.
- Si el roedor capturado no pudo ser identificado en campo fue sacrificado para su posterior identificación en gabinete dentro del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, la manera de preservar el espécimen fue a través de mota.

• Toma de muestras para análisis de metales pesados

Para la detección de metales pesados se sacrificó a los especímenes capturados. Los ratones fueron sacrificados de acuerdo con el protocolo de *the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists*³¹. Se extrajo tejidos (hígado, riñón y musculo) de cada roedor y se depositó en bolsas ziploc hermético y preservados a temperatura menor o igual a 4 °C 8 (Williams *et al.*, 2010).

d) Mamíferos mayores

• Instalación de cámara trampa

Para documentar de manera gráfica la diversidad y abundancia de mamíferos silvestre en el área evaluada, se instalaron 18 cámaras trampa de la marca Bushnell, Trophy Cam HD modelo Aggressor con sensores de movimiento y calor. En cada cámara se

³¹ Sikes, R.S., the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. (2016). Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy*. 97 (3): 663-688. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>.



colocó una tarjeta de memoria de 32 GB y la energía fue proporcionada por ocho pilas alcalinas AA.

Las cámaras fueron ubicadas entre los 0,5m y un metro de altura y permanecieron fijadas en rocas, matorrales y arbolitos de delgado fuste, en todos estos casos las cámaras permanecieron con una posición contraria a la salida y ocaso del sol.

- **Programación de las cámaras trampa**

Las cámaras estuvieron operativas las 24 horas del día y fueron programadas para tomar una foto seguida de un video de 10 segundos con periodos de espera de 6 segundos (una vez que la cámara realizó la primera foto, espera seis segundos para activarse nuevamente). A continuación, se presentan los datos de programación de la cámara:

- Modo: Híbrido
- Tamaño de imagen: 24 megapíxeles
- Formato de imagen: Full screen
- Numero de captura: 1 foto
- Control LED: Medio
- Tamaño de vídeo: 1920x1080
- Duración de vídeo: 10"
- Intervalo: 6"
- Nivel del sensor: Auto
- NV Shutter: Auto
- Camera Mode: 24 horas
- Sonido de video: Activado

- **Toma de muestra de sangre de animales del grupo ovino**

Se tomó muestra de sangre entera de la vena yugula del ovino, con aguja vacutainer N° 18 x1,5 G, y recepcionó en frasco estéril vacutainer de 10 ml hasta completar cantidad de 20 ml de sangre el cual fue rotulado con la identificación del animal, finalmente la muestra de sangre se colocó en caja de tecnopor acompañado de cojines de hielo para mantener temperatura de conservación.

- **Instalación de rastreadores satelitales**

Los rastreadores satelitales utilizados para este estudio son de la marca SPOT modelo TRACE y constan de un dispositivo con GPS a batería, los rastreadores SPOT utilizan un sistema vía satélite GPS para transmitir datos por medio de la red de satélite de Globalstar del cual se obtiene la posición georreferenciada del animal por medio de su latitud y longitud. Los rastreadores se alimentan de cuatro pilas recargables del tipo AAA y fueron configurados para registrar la posición cada cinco (5) minutos.

Para el propósito de nuestro estudio se instalaron rastreadores en 10 animales (cinco en ovejas que habitan en la estancia Quicay y cinco en ovejas de un sitio blanco ubicado a 9000m del PAM Quiulacocha) por un periodo de 10 días, finalizados los mismos, se recogieron los rastreadores para evaluar la integridad de su estructura y descarga de la información.

5.3.6.4. Parámetros de análisis

Para cumplir con los objetivos planteados se consideró el análisis de parámetros a nivel de comunidad de fauna silvestre (anfibios, reptiles y mamíferos), los cuales fueron: composición y riqueza de especies, abundancia (número de individuos), diversidad alfa y diversidad beta. Estos parámetros se obtuvieron de la evaluación cuantitativa y cualitativa (Tabla 5.50).

A nivel de individuos se realizó un análisis de metales en muestras de tejido animal (anfibios y roedores), plumas (aves) y tejido sanguíneo (mamíferos mayores domésticos). Los resultados (expresados en mg/kg) fueron obtenidos mediante la técnica de espectrometría ICP-MS (PE-324), a cargo del laboratorio TÉCNICA Y PROYECTOS S.A. SUCURSAL DEL PERÚ – TYPASA. También se realizó un análisis para la determinación de cianuro (expresado en mg CN/kg), mediante el método colorimétrico PNTE-LTG-93.

Tabla 5.50. Parámetros evaluados en los grupos de fauna

Parámetros		Fauna silvestre				Laboratorio
		Anfibios y reptiles	Aves	Mamíferos menores	Mamíferos mayores	
Composición de especies		x	x	x	x	Personal de OEFA
Riqueza de especies		x	-	x	x	
Abundancia		x	-	x	x	
Índices de diversidad alfa	Números de Hill	x	-	x		
	Índice de Shannon (H')	-	-	x		
Índices de diversidad beta	Índice de Jaccard	-	-	x		
	Índice de Morisita	-	-	x		
Metales totales y cianuro en tejido animal		x	-	x		Laboratorio TYPASA S.A.C.
Plumaje, medidas morfométricas, condición fisiológica, sexo, edad, osificación del cráneo		-	x	-		Personal de OEFA
Metales totales en plumas de aves		-	x	-		Laboratorio TYPASA S.A.C.
Cianuro en plumas		-	x	-	-	Laboratorio TYPASA S.A.C.
Metales totales en tejido sanguíneo					x	Laboratorio TYPASA S.A.C.

5.3.6.5. Equipos y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados para la evaluación de fauna silvestre se muestran en los reportes de campo N.º RC-030-2020-STEC (Anexo 3) y N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4).

5.3.6.6. Procesamiento de datos

Para el análisis de datos obtenidos en la evaluación del componente fauna silvestre, se realizaron los cálculos que se detallan a continuación.

a. Composición, diversidad y abundancia de especies

Se realizó el análisis de composición y diversidad debido a que en estudios previos no se registraron especies de anfibios o reptiles, siendo necesaria la caracterización de este grupo para el área de evaluación, para lo cual se realizarán los siguientes análisis:



- **Abundancia y frecuencia de especies**

Anfibios y reptiles

La abundancia es la suma total de los individuos de una especie o especies obtenida mediante un muestreo. Esta abundancia junto con la riqueza de especies obtenida de la evaluación cuantitativa se utilizó para el cálculo de los índices de diversidad alfa y beta.

Mamíferos mayores

Los datos de las cámaras trampa fueron analizados con el programa Camera Base (Tobler, 2013), una base de datos en el programa Access, diseñada para el manejo y conteo de avistamiento, así como el cálculo de la frecuencia de captura.

La frecuencia de captura es el número de cámaras en las cuales aparece una especie, el número de apariciones cuenta los eventos independientes (cada evento tiene un intervalo de 30 minutos). Se calculó la frecuencia de captura de cada especie usando el número de apariciones en 1000 días-cámara.

- **Composición de especies**

Para determinar estos dos parámetros se realizó la identificación taxonómica hasta el nivel de especie, para ello se utilizaron claves especializadas, descripciones científicas (Castillo & Aguilar, 2020; Rodríguez *et al.*, 2019; Sinsch, 1986; Sinsch & Lehr, 2010), bases de datos internacionales, así como colecciones científicas de referencia, la Colección de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Para la clasificación taxonómica, respecto a los anfibios se siguió la taxonomía utilizada por Frost (2020) y en cuanto a los reptiles la utilizada por Uetz (2020).

Para la determinación taxonómica de aves, se usó la clasificación taxonómica del South American Classification Committee (SACC) de Remsen *et al.* (2020), adoptando el criterio de inclusión modificado para Perú por Plenge (2020).

Para la determinación taxonómica de las especies de mamíferos menores registrados durante la evaluación, se utilizó bibliografía especializada, base de datos de museos nacionales, así como el apoyo de investigadores adscritos a diversas universidades y experiencia previa. Para la clasificación taxonómica se siguió la taxonomía propuesta por Patton (2015) y las especies endémicas de mamíferos se determinaron utilizando la publicación de Pacheco *et al.* (2009).

- **Diversidad de especies**

Diversidad alfa

Número efectivo de especies o números de Hill es una medida estandarizada de los índices de diversidad clásicos, los cuales tienen propiedades únicas para aplicaciones específicas. De manera que los índices netos de diversidad (Riqueza S, Shannon H' y Simpson 1- λ .) pueden ser expresados en valores de una diversidad real o verdadera de una comunidad virtual en la que todas las especies tuvieran la misma abundancia relativa (Hill, 1973; Jost, 2007). Este índice de diversidad (qD) muestra una medida del número de especies efectivas cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa (Hill, 1973; Jost, 2007). Valores diferentes del exponente q en cada cálculo da un peso diferencial a la abundancia relativa de especies (Jost *et al.*, 2011). El valor de 0D corresponde a la riqueza de especies, 1D muestra el número de especies comunes y 2D representa el número de las especies dominantes y más abundantes (Chao *et al.*, 2014).

Se calcula a partir de la siguiente fórmula (Jost, 2006):

$$qD = \left(\sum_{i=1}^s p_i^q \right)^{\frac{1}{(1-q)}}$$

Dónde:

qD: Diversidad verdadera

pi: Abundancia de la especie i dividida entre la suma total de abundancias de las S especies que integran la comunidad

q: Exponente de la diversidad

Estos análisis se realizaron en el paquete estadístico INext 2.0.12 (Hsieh *et al.*, 2016) con un bootstrap de 1000 repeticiones y un intervalo de confianza del 95%, en el programa R (R Core Team, 2018).

Diversidad beta

Para determinar el recambio de especies de anfibios entre las zonas de evaluación se calculó el índice cuantitativo de similitud de Morisita

El índice de similitud de Morisita expresa cuan semejantes son 2 muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Este índice está definido por:

$$Morisita_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^s (x_{ij} x_{ik})}{(\lambda_1 + \lambda_2) \sum_{i=1}^s x_{ij} \sum_{i=1}^s x_{ik}}$$

Dónde:

X_{ij} , X_{ik} : Número individuos de la especie i en las muestras j y k

N_j : $\sum X_{ij}$: Total de individuos en la muestra j

N_k : $\sum X_{ik}$: Total de individuos en la muestra k

• Curva de acumulación de especies

Se realizó una curva de acumulación en base al número de transectos evaluados, calculando el modelo que mejor se ajusta a los datos para determinar la eficiencia del muestreo, por lo que se midió comparando el número de especies observadas versus el número de especies esperadas. Los modelos predicen el número esperado de especies, si se incrementa el esfuerzo de muestreo, los cuales se calcularon mediante procesos estocásticos de nacimientos puros «Species Accumulation» (Días-Frances y Soberón, 2005). En la Tabla 5.51, se detallan las fórmulas de cálculo de los modelos de clench, exponencial y logarítmico.

Tabla 5.51. Fórmulas de los modelos para las curvas de acumulación de especies

Modelo	Fórmula	Formula de Asíntota (Especies esperadas)
Exponencial	$(a/b) (1 - e^{-bt})$	a/b



Modelo	Fórmula	Formula de Asíntota (Especies esperadas)
Clench	$at/(1+bt)$	a/b
Logarítmico	$(1 - e^{-b})^{-1} \log (1 + (1 - e^{-b}) at)$	-

Donde: t representa el esfuerzo de muestreo y a y b los parámetros de ajuste de la curva

b. Determinación de especies endémicas y amenazadas de fauna silvestre

En cuanto a los anfibios y reptiles, las especies endémicas se determinaron mediante la revisión de bibliografía especializada como las descripciones de las especies o aquellas que indiquen la distribución o ampliación de rango. Adicionalmente se consultarán bases de datos en línea como «Reptile Database» (Uetz *et al.*, 2020), «Amphibian species of the world» (Frost, 2020), y la base de datos de distribución de especies de la «The IUCN Red List of Threatened species»³² (UICN, 2020).

Para aves, las especies endémicas y migratorias de Perú se determinaron según Schulenberg *et al.* (2010) y Plenge (2019), las especies endémicas de los biomas según Stolz *et al.* (1996), y las especies endémicas a algún Área de Endemismo de Aves (EBA, por sus siglas en inglés) se determinaron de acuerdo a la lista de EBA de BirdLife International (Stattersfield *et al.* 1998).

Las especies endémicas de mamíferos se determinaron utilizando la publicación de Pacheco *et al.* (2009) sobre diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú.

Para determinar las especies amenazadas de fauna silvestre (anfibios y reptiles, aves, y mamíferos) se consultó la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre protegidas por el estado peruano según el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI complementadas con el Libro Rojo de Fauna Silvestre Amenazada del Perú (SERFOR, 2018). También, se listaron las especies incluidas en «The IUCN Red List of Threatened species»³² (UICN, 2020), los apéndices «The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora»³³ (Cites, 2020) y las especies incluidas en los apéndices de la Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals³⁴ (CMS, por sus siglas en inglés) del 2015.

c. Determinación de la contaminación de metales pesados en los tejidos de anfibios, reptiles, mamíferos menores, mamíferos mayores

Comparación de los valores de concentración de metales y metaloides

Los valores de las concentraciones de metales en tejidos (mg/Kg) serán expresadas en medias ± 1 el error estándar de la media. Para realizar las comparaciones de concentración de metales en tejidos o plumas entre los 5 API y zona control se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis, en el caso de roedores y aves se utilizará el mismo análisis para hacer la comparación entre especies. En el caso de anfibios se realizará la prueba de Mann Whitney, para comparar las muestras de las API y y la zona control. Posteriormente se realizará un análisis de componentes principales (APC) para determinar la ordenación de grupos respecto a la concentración de metales en los tejidos. Finalmente

³² Traducido al español como Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

³³ Traducido al español como Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

³⁴ Traducido al español como Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres.

se realizó una correlación mediante el coeficiente de Spearman, entre la concentración de metales en tejidos o plumas y en los puntos de suelo donde fueron colectadas las muestras de tejido.

Para realizar estos análisis los datos de concentraciones en suelo provienen de las muestras colectadas en agosto y octubre del 2020, cuyos valores se encuentran en el reporte de resultados N.º RRE-021-2020-STEC (Anexo 6) y N.º RRE-045-2020-STEC (Anexo 7).

Prueba de Mann Whitney

Prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes. Es, de hecho, la versión no paramétrica de la habitual prueba t de Student. Se usa para comprobar la heterogeneidad de dos muestras ordinales. Se utiliza cuando se desea comparar dos muestras y determinar si pertenecen a la misma población

$$U1 = n1n2 + \frac{n1(n1 + 1)}{2} - \sum R1$$

$$U2 = n1n2 + \frac{n2(n2 + 1)}{2} - \sum R2$$

Dónde:

U1 y U2 = valores estadísticos de U Mann-Whitney.

n1 = tamaño de la muestra del grupo 1.

n2 = tamaño de la muestra del grupo 2.

R1 = sumatoria de los rangos del grupo 1.

R2 = sumatoria de los rangos del grupo 2.

Prueba de Kruskal - Whallis

Test estadístico no paramétrico que emplea rangos para contrastar la hipótesis de que “K” muestras han sido obtenidas de una misma población, es decir, compara varias poblaciones. El test de Kruskal-Wallis contrasta si las diferentes muestras están equidistribuidas y que por lo tanto pertenecen a una misma distribución (población). Planteamiento de las hipótesis:

H 0: Todas las muestras provienen de la misma población (distribución).

H 1: Al menos una muestra proviene de una población con una distribución distinta.

$$H = \frac{12}{n(n + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{ni} - 3(n + 1)$$

Dónde:

k = el número de muestras.

Ni = el número de observaciones en la i-esima muestra.

n = $\sum ni$ el número total de observaciones de todas las muestras.

Ri = la suma de los rangos en la i –esima muestra.

Análisis multivariado

El Análisis de Componentes Principales (PCA) es un método estadístico que permite simplificar la complejidad de espacios muestrales con muchas dimensiones a la vez que conserva su información. Supóngase que existe una muestra con n individuos cada uno

con p variables ($X_1, X_2, \dots, X_p$), es decir, el espacio muestral tiene p dimensiones. PCA permite encontrar un número de factores subyacentes ($z < p$) que explican aproximadamente lo mismo que las " p " variables originales.

Donde antes se necesitaban p valores para caracterizar a cada individuo, ahora bastan z valores. Cada una de estas z nuevas variables recibe el nombre de componente principal. Estos análisis se realizaron con el paquete Vegan (Oksanen *et al.*, 2017) en el programa R (R Core Team 2018).

Correlación

Para determinar si existe relación entre la concentración de metales pesados hallados en el medio físico (suelo) y los hallados en el tejido de los anfibios y mamíferos menores colectados, se realizó una comparación entre los patrones de covarianza de las matrices de los niveles de concentración de metales pesados mediante un análisis de correlación bivariada calculando el índice de Pearson en caso de datos paramétricos y Spearman, para los datos no paramétricos.

5.3.7. Análisis multiespectral

Para el análisis multiespectral se utilizaron los índices de vegetación derivados de la imagen multiespectral resultante del sobrevuelo con el sensor Parrot Sequoia.

Los datos espaciales se obtuvieron mediante la captura de información digital multiespectral con precisión milimétrica. El tratamiento de los datos se realizó mediante el Sistema de Información Arcgis 10.7, el software pix4Di mapper, Agisoft metashape.

Esta metodología se dividió en secciones, las cuales describen el área de estudio, las fuentes y formas de recopilación de la información necesaria para el análisis. En la Figura 5.25 se muestra la secuencia de pasos para el análisis de la información.

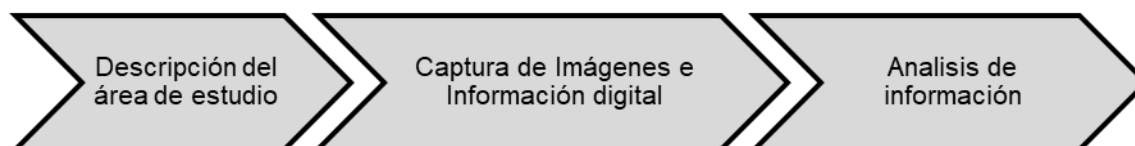


Figura 5.25. Esquemas de metodología del análisis multiespectral

5.3.7.1. Documentos técnicos empleados

Los documentos técnicos empleados en la evaluación fotogramétrica se detallan en la Tabla 5.52.

Tabla 5.52. Referencias para el levantamiento fotogramétrico y posicionamiento geodésico

Nombre del documento de referencia	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Fotogrametría multiespectral con sistema de aeronaves piloteadas a distancia				
Ley Aeronáutica Civil 27261	Todo	Decreto Supremo N.º 050-2001-MTC	MTC/DGAC	Perú

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Nombre del documento de referencia	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Fotogrametría multiespectral con sistema de aeronaves piloteadas a distancia				
Norma técnica complementaria 001-2015 - Requisitos para las operaciones de Sistemas de Aeronaves Piloteadas a Distancia	Todo	Resolución Directoral N.º 501-2015-MTC/12	DCA/DGAC	Perú
Protocolo para la operación de los sistemas de aeronaves piloteadas a distancia (RPAS)	Todo	Resolución Jefatural N.º 051-2017-CENEPRED/J.	CENEPRED	Perú
Posicionamiento geodésico				
Norma técnica para posicionamiento geodésico estático relativo con receptores del Sistema Satelital de Navegación Global	Todo	Resolución Jefatural N.º 0139-2015/IGN/UCCN	Instituto Geográfico Nacional	Perú
Norma técnica para levantamientos geodésicos verticales	Todo	Resolución Jefatural N.º 057-2016/IGN/UCCN	Instituto Geográfico Nacional	Perú
Protocolo para la operación de los sistemas de aeronaves piloteadas a distancia (RPAS)	Todo	Resolución Jefatural N.º 051-2017-CENEPRED/J.	CENEPRED	Perú

5.3.7.2. Ubicación de evaluación

El sobrevuelo RPAS con sensor multiespectral y posicionamiento geodésico comprendió el botadero de desmonte Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay, pad de lixiviación (6 fases) e instalaciones auxiliares, que se encuentran ubicados en la unidad fiscalizable Quicay, según se muestra en la Figura 5.26; asimismo, los puntos de posicionamiento geodésico se describen en la Tabla 5.53.

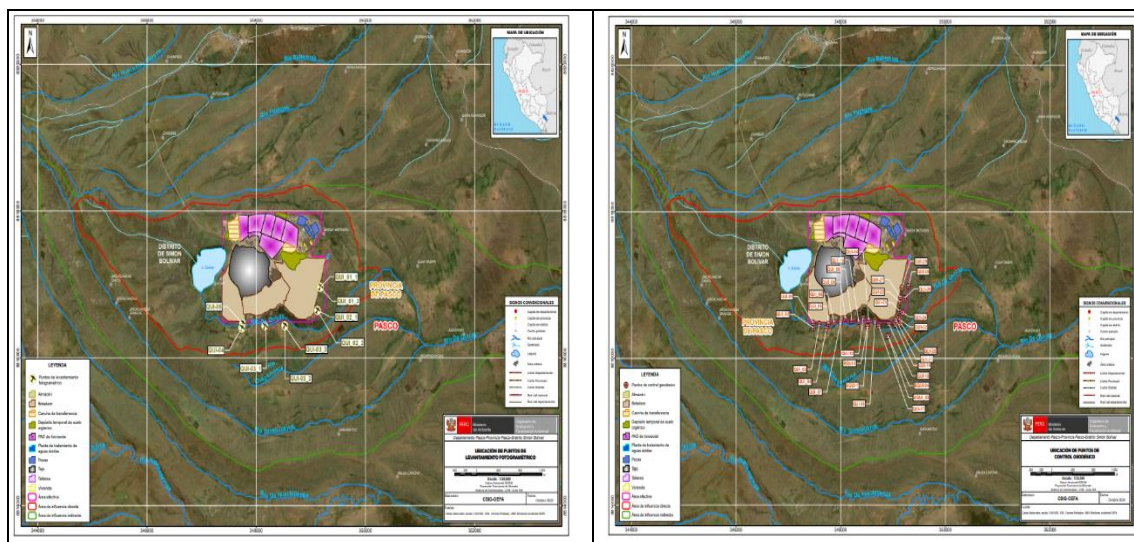


Figura 5.26. Esquema de ubicación de áreas de levantamiento aerofotogramétrico con RPAS y de puntos de posicionamiento geodésico

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 5.53. Ubicación Puntos de posicionamiento Geodésico**

Código	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L CAMPO		Altitud (m s. n. m.)	Altura Medición* (m)	Descripción
	Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)			
QUI-17	6/10/2020	14:12	348727	8816442	4298	2	Instalación de puntos de control y estación base geodésico en el API 3
QUI-15	6/10/2020	14:43	348654	8816509	4299	2	
QUI-14	6/10/2020	15:02	348532	8816523	4301	2	
QUI-12	6/10/2020	15:22	348428	8816555	4305	2	
BQUI-1	6/10/2020	15:46	348513	8816440	4322	1,67	
BQUI-2	7/10/2020	14:48	348512	8816440	4321	0,34	
QUI_10	7/10/2020	15:08	348345	8816500	4305	2	
QUI_09	7/10/2020	15:32	348212	8816519	4306	2	Instalación de puntos de control geodésicos en el API 4
QUI_08	7/10/2020	15:53	348091	8816547	4306	2	
QUI_07	7/10/2020	16:12	347995	8816498	4308	2	
QUI_06	7/10/2020	16:30	347872	8816494	4312	2	
QUI_05	7/10/2020	17:47	347767	8816475	4321	2	Instalación de puntos de control y estación base geodésico en el API 5
QUI_04	7/10/2020	17:03	347720	8816399	4325	2	
QUI_03	7/10/2020	17:20	347590	8816470	4327	2	
QUI_02	7/10/2020	17:35	347480	8816416	4329	2	
QUI-01	7/10/2020	17:49	347473	8816485	4328	2	Instalación de puntos de control geodésicos en el API 1
BQUI_03	9/10/2020	14:46	348902	8816309	4315	0,34	
QUI-30	9/10/2020	15:11	349291	8816984	4284	2	
QUI-29	9/10/2020	15:35	349170	8816963	4303	2	
QUI-27	9/10/2020	16:05	349143	8816835	4303	2	Instalación de puntos de control y estación base geodésico en el API 2
QUI-26	9/10/2020	16:22	349221	8816822	4296	2	
QUI-25	10/10/2020	16:08	349136	8816766	4297	2	
QUI-23	10/10/2020	16:34	349123	8816647	4293	2	
QUI-24	10/10/2020	16:39	349185	8816624	4288	2	
QUI-22	10/10/2020	16:54	349105	8816543	4288	2	
QUI-20	10/10/2020	17:10	349143	8816483	4285	2	
QUI-19	10/10/2020	17:26	349042	8816463	4291	2	
QUI-21	10/10/2020	17:53	349054	8816530	4294	2	Instalación de puntos de control y estación base geodésico en el API 2
QUI-18	10/10/2020	18:13	348917	8816469	4292	2	
BQUI-04	10/10/2020	15:43	348902	8816310	4316	0,34	

La precisión de la medición de las coordenadas fue de ± 1 m

* Altura desde la base hasta el centro del tope protector

5.3.7.3. Parámetros

Los parámetros considerados fueron imágenes multiespectrales y RGB. La información de los datos obtenidos se muestra en la Tabla 5.54.

Tabla 5.54. Ubicación áreas de levantamiento aerofotogramétrico con RPAS*

Código de grilla	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Altitud (m s. n. m)	Descripción
	Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
QUI_05	8/10/2020	11:00	347750	8816474	4314	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 5, al sur del Botadero Suroeste, en la margen izquierda del río Quicay
QUI_04	8/10/2020	11:35	347735	8816408	4314	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 4, al sur del Botadero Sur, aledaño a las pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PSSUR-02
QUI_03_1	8/10/2020	12:10	348155	8816432	4296	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 3, al sur del Botadero Este, aledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
QUI_03_2	8/10/2020	12:30	348521	8816435	4301	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 3, al sur del Botadero Este, aledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
QUI_03_3	8/10/2020	12:50	348521	8816435	4301	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 3, al sur del Botadero Este, aledaño al canal de coronación Sur y la poza de sedimentación PS-SUR-07
QUI_01_1	10/10/2020	10:30	349173	8816964	4342	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 1, al sur del Botadero Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
QUI_01_2	10/10/2020	10:45	349173	8816964	4342	2 Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 1, al sur del Botadero Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
QUI_02_1	10/10/2020	11:05	349122	8816645	4334	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 2, al sur del Botadero Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.
QUI_02_2	10/10/2020	11:20	349122	8816645	4334	Vuelos con drone utilizando cámara multiespectral, ubicado en el API 2, al sur del Botadero Este, en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD

*La precisión de las coordenadas en todos los puntos de muestreo fue de ± 3 m.

5.3.7.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para el levantamiento fotogramétrico se detallan en el reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC (Anexo 4)

5.3.7.5. Procesamiento de datos

5.3.7.5.1. Procesamiento de puntos de control geodésico

Luego de descargar la información de los georreceptores, los archivos son convertidos a formato Rinex (acrónimo de *receiver independent exchange*), el posproceso se realizó con el software Trimble Business Center (TBC), que es un sistema de posproceso diferencial

GPS (DGPS) que permite la solución de puntos individuales GPS o de redes geodésicas complejas, observados por receptores de datos Rinex que provienen de otros equipos.

5.3.7.5.2. Preprocesamiento de imágenes del Sensor Parrot Sequoia

El proceso comenzó con la depuración de las fotografías espectrales obtenidas en campo, que consistió en hacer una selección estratégica, con el fin de eliminar las que están fuera del área de estudio o que no cumplan con las características mínimas para el postprocesamiento, con el objetivo de reducir el tiempo de procesamiento.

Tener en cuenta que, el sensor Sequoia es un accesorio independiente al funcionamiento del dron, por lo que este empieza a capturar imágenes mucho antes de iniciar el plan de vuelo del dron, sin embargo, las imágenes capturadas antes del plan no corresponden al área de estudio y además perjudican el procesamiento.

Por lo tanto, se depuraron fotos fuera del área de interés de vuelo que captó el sensor Sequoia, debido a que este sensor tuvo una programación de vuelo por intervalo de tiempo de una toma cada segundo y medio, como dicho sensor es independiente fue acoplado al dron, empezando a capturar información antes de iniciar el plan de vuelo establecido, dando como resultado una serie de imágenes que no aportan al procesamiento.

Terminada la depuración, se procedió a importar las imágenes seleccionadas al software Pix4D, para lo cual se utilizó la plantilla «Ag Multiespectral».

El «Ag Multiespectral» ejecuta los siguientes pasos:

- Como paso inicial el algoritmo de la plantilla define puntos clave, los cuales fueron utilizados para realizar comparación y emparejamiento entre las imágenes del proyecto.
- El emparejamiento de imágenes se realizó mediante la comparación de los puntos clave. En este proceso se reconstruye la geometría mediante la solución de Pix4D Mapper para la metodología de *structure from motion* (Referencia).
- Después de reconstruir la geometría se realizó la calibración de las imágenes multiespectrales mediante la importación de imágenes de calibración de irradiación solar tomadas en campo antes de la ejecución del plan de vuelo.
- Una vez calibradas las imágenes se realizó la georreferenciación mediante la identificación de los puntos de control en las imágenes.
- Por segunda vez se realiza el emparejamiento, pero utilizando las imágenes calibradas georreferenciadas.
- Terminado el emparejamiento se construyó la nube de puntos densa y posteriormente el Modelo de Elevación a Superficie (DSM) con el cual se orto-rectificaron las imágenes para finalmente construir el orto-mosaico multiespectral, producto sobre el cual se puede realizar el cálculo de índices radiométricos.

Como resultado se obtuvieron ortomosaicos separados de las bandas espectrales green, red, red_edge, nir de resolución espacial de 0,12 metros. En la Figura 5.27 se presenta los ortomosaicos, manera de ejemplo.

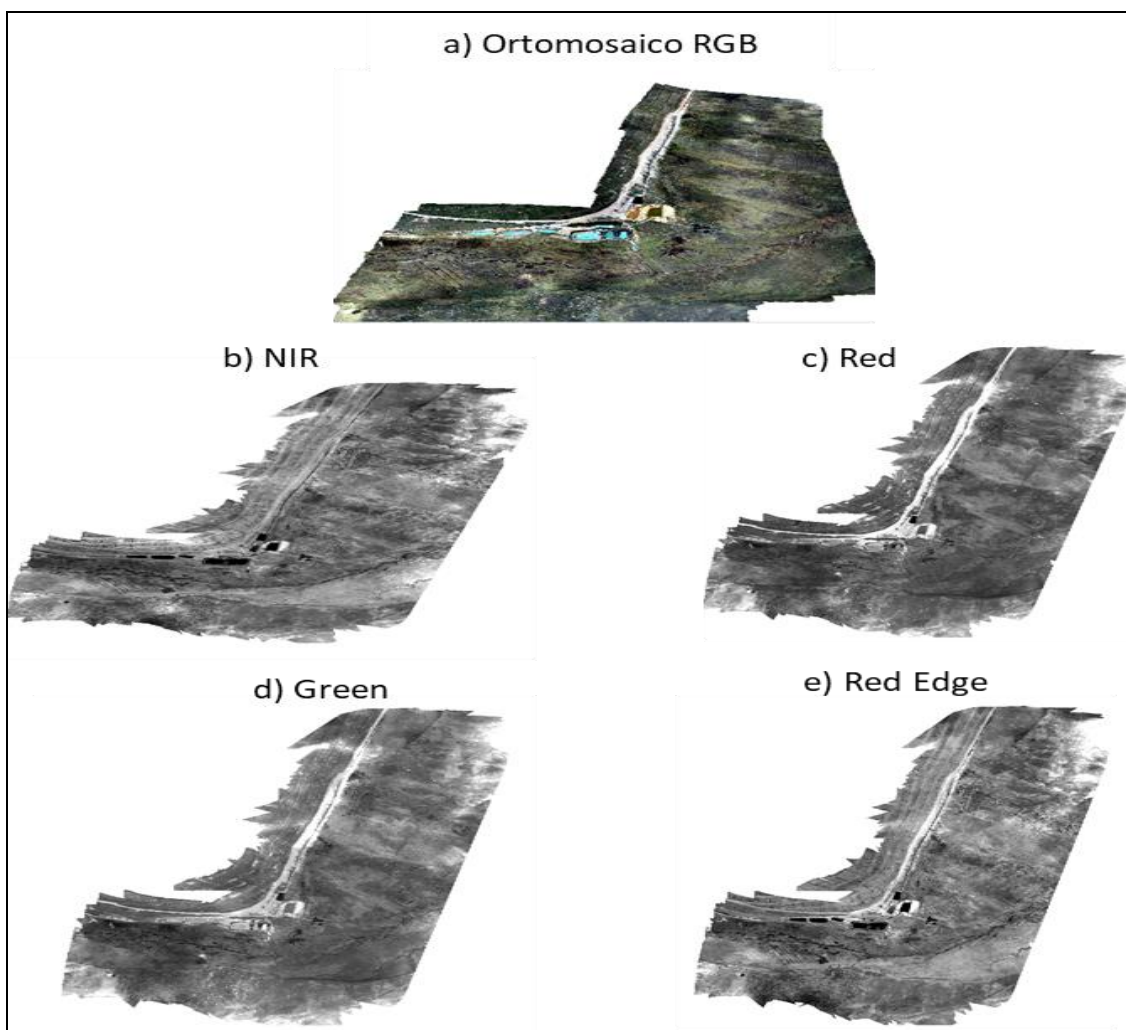


Figura 5.27. a) Ortofoto RGB, b) NIR c) Red, d) Green y e) Red Edge

5.3.7.5.3. Generación de índices de vegetación

Se optó por seleccionar 2 índices de vegetación para el análisis teniendo en consideración las bandas espectrales en las que trabajan los sensores Parrot Sequoia. Los índices de vegetación seleccionados para la presente EAC han sido el NDVI y NDRE (Figura 5.28); para ello, se basó en estudios y trabajos analizados en revisiones bibliográficas.

Los índices de vegetación son valores digitales, que tienden a medir la biomasa o vigor vegetal. Usualmente el índice de vegetación es producto de varios valores espectrales que son sumados, divididos, o multiplicados en una forma diseñada para producir un número que indique la cantidad o vigor de vegetación dentro de un píxel. Los valores de índices de vegetación más cercanos a uno identifican píxeles cubiertos por proporciones substanciales de vegetación saludable, mientras que valores próximos a cero corresponden a zonas de pasto seco o suelo.

NDRE (Índice Normalizado Diferencial de Borde Rojo): Este índice por otra parte, difiere con respecto al NDVI ya que se utilizan bandas a lo largo del borde rojo en lugar de los principales picos de absorción y reflectancia utilizados para el cálculo del NDVI, permitiendo así discriminar las unidades de observación sin que el indicador alcance niveles de saturación.

$$NDRE = (NIR-RED \text{ EDGE}) / NIR+RED \text{ EDGE})$$

Dónde:

NDRE = Índice Normalizado Diferencial de Borde Rojo

NIR = Infrarrojo cercano RED

RED EDGE= Borde rojo

NDVI (Índice Normalizado Diferencial de Vegetación): Es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial y de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja

Se calcula a partir de mediciones de reflectancia de la siguiente manera:

$$NDVI = (NIR-RED) / NIR+RED)$$

Dónde:

NDVI = Índice Normalizado de Vegetación

NIR = Infrarrojo cercano.

RED = Rojo

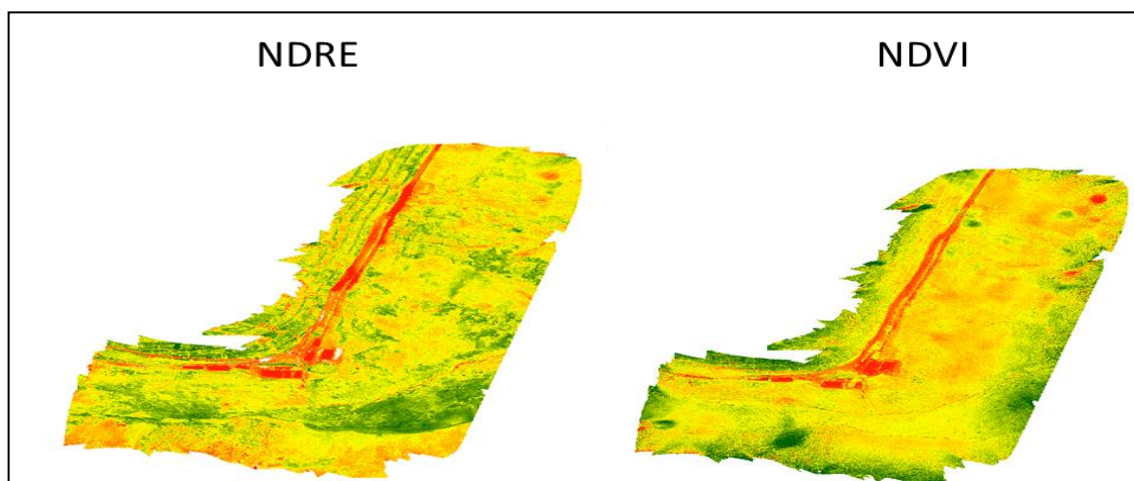


Figura 5.28. Índices NDRE y NDVI

5.3.7.6. Criterios de evaluación

5.3.7.6.1. Captura de Imágenes e Información digital

Para el estudio se preprocesaron las imágenes del sensor Parrot sequoia de alta resolución espacial capturadas mediante el dron.

- La imagen de alta resolución espacial (0,13 metros) corresponde a un Ortomosaico multiespectral de 4 bandas (GREEN, RED, RED_EDGE y NIR) capturados en campo, del 5 al 11 de octubre de 2020, con el que se generaron índices de vegetación NDRE y NDVI.



5.3.7.6.2. Imagen multiespectral del sensor Parrot Sequoia a precisión geodésica

Se realizaron sobrevuelos en las diferentes formaciones vegetales presentes en el ámbito de los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste, el tajo Quicay, pad de lixiviación (6 fases) e instalaciones auxiliares correspondientes a las grillas de código que se muestran en la Tabla 5.55, siguiendo el «protocolo para la operación de los sistemas de aeronaves piloteadas a distancia (RPAS)³⁵».

El área cubierta aproximada fue de 56,7306 ha a una altura de vuelo sobre el terreno de 80 m (condiciones del equipo por la altitud y peso de la cámara multiespectral acoplada), el cual cubrió toda el área y zonas aledañas. El horario fue diurno entre las 10:00 horas a 13:00 horas considerando la actividad fotosintética de la planta, incidencia solar, velocidad de vientos, nubosidad, altitud, etc.

Se posicionaron puntos de control geodésico previos a la ejecución del vuelo, teniendo en consideración la norma técnica para el procesamiento global estático con receptores GNSS³⁶ y el levantamiento geodésico vertical³⁷.

5.3.7.6.3. Ejecución del vuelo fotogramétrico

a. Planificación de vuelo

El plan de vuelo se realizó tomando en cuenta la superficie a volar, teniendo en consideración el magnetismo terrestre, previsión meteorológica, revisión de índice Kp, comprobación del espacio aéreo, velocidad del viento, relieve del terreno, altura de la vegetación promedio y obstáculos presentes en la zona.

b. Medición de puntos DGPS por método estático

Se realizó la medición de puntos a partir de la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), aplicando el método estático con un equipo diferencial.

La medición de los puntos se realizó con el método estático, el cual se utilizó para obtener coordenadas de un punto de manera precisa y confiable (Pachas, 2009). El procedimiento consistió en ubicar dos estaciones de recepción simultáneamente, Base y Rover. Se permaneció en el punto por aproximadamente una hora para el proceso de grabación de los datos en campo transmitido desde los satélites (el tiempo de medición dependió de la distancia entre receptores, la configuración geométrica de los satélites y las condiciones de obstrucción que se presenten en la zona), este proceso se repitió para los demás puntos de medición.

La captura de datos se hizo cada 5 segundos, el ángulo de medición fue de 15° sobre el horizonte y el tiempo de medición fue de aproximadamente una hora en cada estación.

Se determinó el punto donde se colocó el equipo base o estación de referencia, y posteriormente, se precisó el sitio más idóneo para colocar el nuevo punto a medir, es decir, la estación donde se colocó el equipo Rover. Para este trabajo se tomó 4 puntos de estación base y 26 puntos de control, tal como se describe en la Tabla 5.53.

35 Resolución Jefatural N.º 051-2017-CENEPRED/J.

36 Resolución Jefatural N.º 139-2015/IGN/UCCN

37 Resolución Jefatural N.º 057-2016/IGN/UCCN



Los puntos a los cuales se les determinó sus coordenadas quedaron materializados según se describe en la Tabla 5.53, teniendo en cuenta que para la selección del sitio se consideró un área despejada, geoespacialmente identificable y que no existieran instalaciones de gran altura en las adyacencias.

Se posicionó y niveló el trípode y se colocó el equipo DGPS sobre su base nivelante, haciendo coincidencia del punto a través de la plomada óptica. Este paso se realizó para preparar el equipo antes de iniciar la medición tanto en la estación base como en las estaciones Rover; este procedimiento se realizó una en la estación base y en los tres puntos a determinar sus coordenadas (estaciones Rover).

Después del encendido de los equipos, que por lo general tardan unos minutos en rastrear los satélites, una vez que capten los satélites se verificaron los parámetros de medición, se midió la altura de la antena (estos datos fueron anotados en una libreta de campo) y se programaron para que comiencen a grabar, es indispensable que haya simultaneidad en las mediciones, es decir, que ambos equipos estén midiendo al mismo tiempo.

El apagado de los equipos una vez culminado el tiempo de medición; se realizó al finalizar el día, puesto que para la medición de los otros puntos no se necesita apagar el equipo y continuar con la medición vinculando a la estación base.

Posteriormente se descarga la información del DGPS Base, en los formatos por defecto (.job y .T02) para su posterior posprocesamiento.

Como resultados se obtuvieron coordenadas de 26 puntos tomados, medidos en el Datum WGS84, a través de la aplicación del software de posproceso Trimble Business Center (TBC); estos puntos GPS servirán de apoyo para la ejecución del Ortomosaico en RGB y multiespectral.

Posteriormente se colocaron las dianas y estacas para la identificación en el vuelo.

c. Lista de Chequeo

La lista de chequeo es una herramienta fundamental para el control de los procesos de campo, prevuelo y posvuelo; donde:

- Se verificó que las baterías estuvieran con la carga adecuada
- Se verificó que los *powerbank* estuvieran con la carga adecuada
- Se verificó que las baterías del control remoto del dron estuvieran con la carga adecuada.
- Se aseguró que el dispositivo para el seguimiento de vuelo estuviera cargado y con todos los aplicativos necesarios instalados
- Se verificó que el dron tuviera la tarjeta SD vacía.
- Se verificó que se cuente con un juego de hélices de repuesto
- Se realizó la inspección de prevuelo para determinar que el dron se encontrase en condiciones seguras para operar

d. Reconocimiento de Sitios de Interés y Establecimiento de áreas de despegue y Aterrizaje.

Se realizó el vuelo previo atendiendo primordialmente a las alturas de los árboles con respecto al punto de despegue con la finalidad de programar la altura de la maniobra *Return to Home* (RTH) con mejor criterio.



Se realizó algunos ajustes del plan de vuelo previsto, principalmente en los tiempos y altura de vuelo establecidos en gabinete, debido a los obstáculos presentes y considerando la altitud de la zona en respuesta al funcionamiento del dron.

e. Vuelo del Sistema de Aeronave Piloteada Remotamente

Para iniciar con la ejecución del vuelo se procedió con el armado del dron teniendo en consideración todos los pasos previos de seguridad, verificando la configuración de todo el sistema mediante el DJI GO 4 realizando las correcciones y pruebas necesarias.

Posteriormente se instaló la cámara multiespectral Parrot Sequoia, la cual se programó para capturar imágenes en intervalos de un segundo y medio, ésta se instaló usando un adaptador correspondiente al modelo del dron. Finalmente se instaló todos los demás accesorios propios del dron, realizando la configuración y encendido de la cámara.

El tamaño del área para cada grilla estimado para el sobrevuelo fue de 4 ha en un tiempo aproximado entre 6 a 7 minutos entre el ascenso y descenso del dron, teniendo en cuenta una altura de 80 m sobre el terreno.

Se tomó información en campo de la hora de vuelo, cobertura de nubes y velocidad del viento.

f. Validación de información obtenida de misiones de vuelo

Una vez finalizado la misión de vuelo, se procedió a la verificación de la información fotográfica de las cámaras en los equipos, donde se verificó la calidad de las imágenes RGB y multiespectral para posteriormente descargarlas y procesarlas.

g. Lista de chequeo posvuelo

Finalizada la misión de vuelo programada de todas las áreas de interés, se procedió a verificar todo el equipamiento del dron utilizado observando que estuviera completo y en buenas condiciones, para su posterior guardado y traslado.

6. RESULTADOS

6.1. Objetivo específico 1: Determinar la composición de los botaderos Este, Sur y Suroeste, el tajío Quicay y el pad de lixiviación, la movilidad de elementos de interés y definir sus mecanismos de transporte hacia receptores ambientales del área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay

6.1.1. Resultados de la caracterización geoquímica y mineralógica de los componentes mineros de la UF Quicay

Para la caracterización geoquímica se extrajeron muestras simples de material de componente minero del tajío Quicay (T-02, CM-T1 y CM-T2), botadero de desmonte Sur (BS-01, BS-02, CM-DS2 y CQTV18), botadero de desmonte Suroeste (BW-01, BW-02, BW-03 y CQTV17), botadero de desmonte Este (BE-01, BE-02, BE-03 y CQTV20) y Pad de Lixiviación (P-01, P-02 y CM-PL1); cuyos parámetros fisicoquímicos se detallan a continuación:

6.1.1.1. Metales totales

En el botadero de desmonte Sur, las muestras simples extraídas muestran una mayor concentración de hierro y aluminio en comparación a los demás metales mayoritarios (Figura 6.1a). En cuanto a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico que los demás metales (Figura 6.1b); en tanto elementos traza se encuentran representados por el fósforo, bario, manganeso, vanadio, plomo, estroncio y cobre en comparación a los demás analitos (Figura 6.1c).

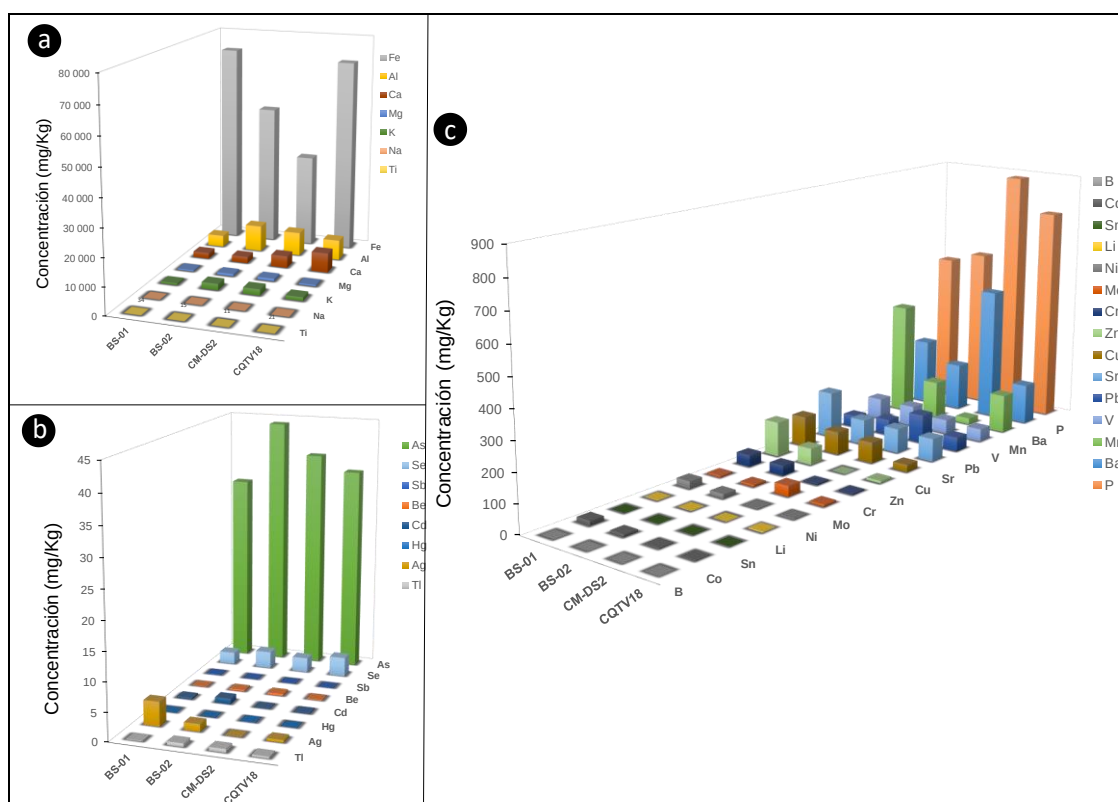


Figura 6.1. Metales totales de material de componente en el botadero de desmonte Sur en **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

En el botadero de desmonte Suroeste, las muestras simples extraídas presentan una mayor concentración de hierro y aluminio en comparación a los demás metales mayoritarios (Figura 6.2a). Respecto a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico que los demás metales (Figura 6.2b); en tanto elementos traza se encuentran representados por el fósforo, bario, manganeso, vanadio, plomo, estroncio y cobre en comparación a los demás metales (Figura 6.2c).

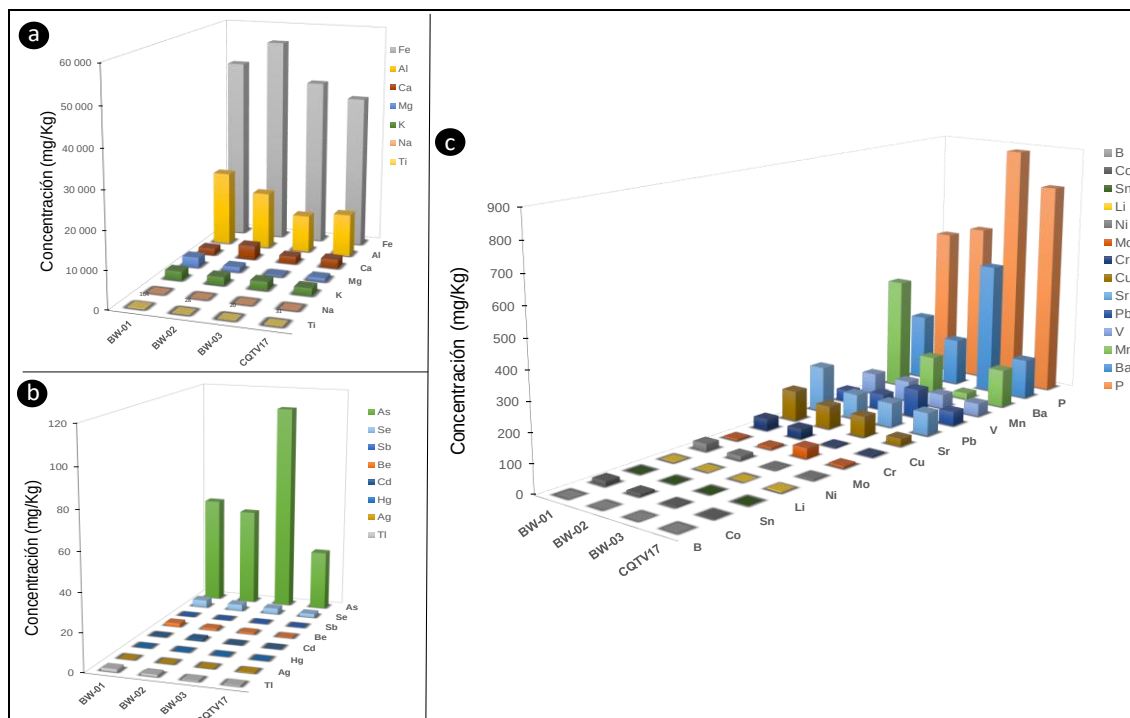


Figura 6.2. Metales totales de material del botadero de desmonte Suroeste en **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

En el tajo Quicay, las muestras simples extraídas manifiestan una mayor concentración de hierro y aluminio en comparación a los demás metales mayoritarios (Figura 6.3a). En relación a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico y selenio que los demás metales (Figura 6.3b); en tanto elementos traza se encuentran representados por el bario, fósforo, estroncio, plomo, vanadio y molibdeno en comparación a los demás metales (Figura 6.3c).

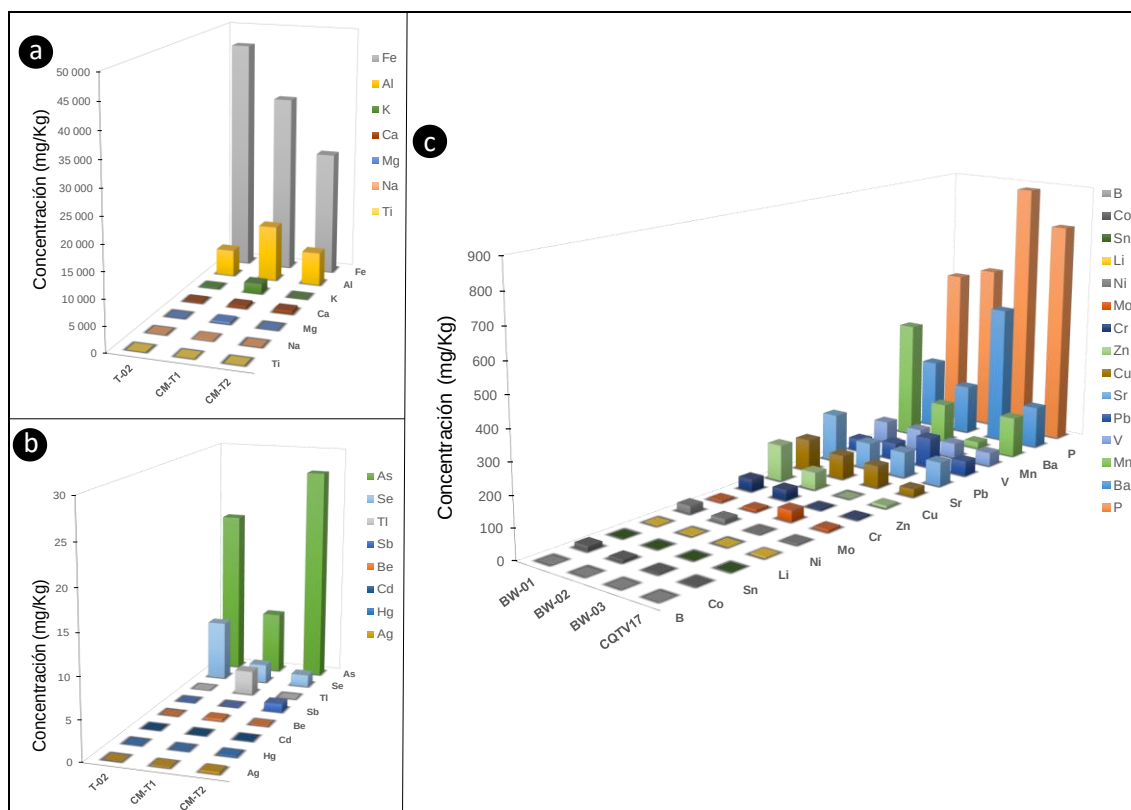


Figura 6.3. Metales totales de material de componente en el tajo Quicay en **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

En el botadero de desmonte Este las muestras simples extraídas, muestran una mayor concentración de hierro, calcio y aluminio en comparación a los demás metales mayoritarios (Figura 6.4a). En cuanto a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico y selenio que los demás metales (Figura 6.4b); en tanto, elementos traza se encuentran representados por el estroncio, fósforo, bario, plomo, manganeso, vanadio y cobre en comparación a los demás metales traza (Figura 6.4c).

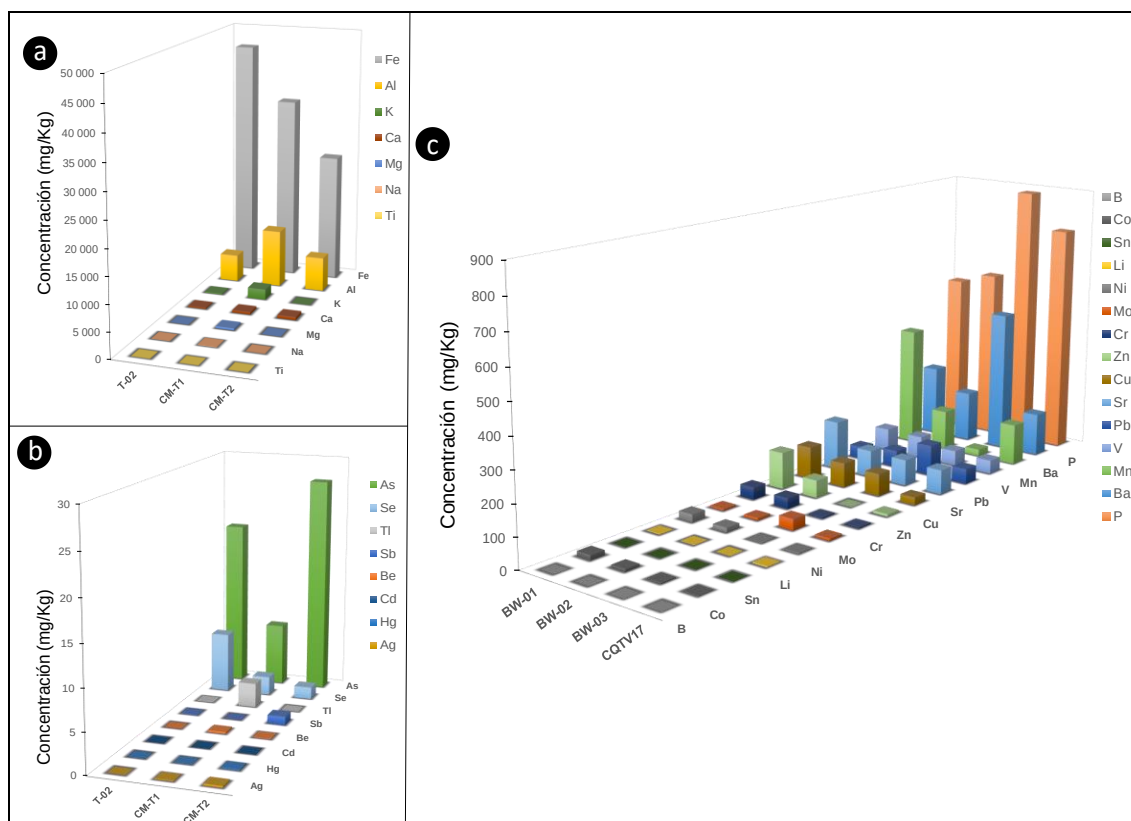


Figura 6.4. Metales totales de material de componente en el botadero de desmonte Este en **a)** elemento mayores **b)** elemento menores y **c)** elementos traza

En el pad de lixiviación, las muestras simples extraídas presentan una mayor concentración de hierro y aluminio en comparación a los demás metales mayoritarios (Figura 6.5a). Respecto a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico que los demás metales (Figura 6.5b); en tanto que los elementos traza se encuentran representados por el fósforo, plomo, bario, estroncio, molibdeno y vanadio en comparación a los demás metales (Figura 6.5c).

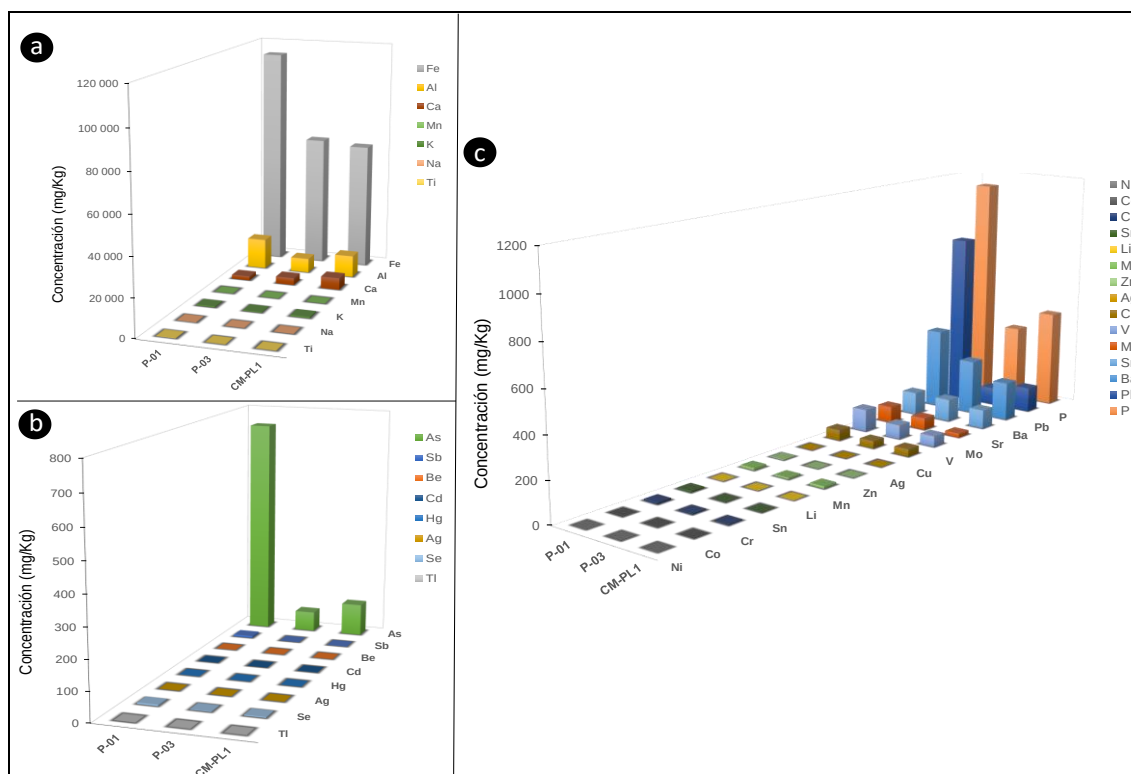


Figura 6.5. Metales totales de material de componente del pad de lixiviación en **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

6.1.1.2. Shake flask aniones-metales

En el ámbito de la UF Quicay, las muestras simples extraídas de material de componente minero del tajo Quicay (T-02 y CM-T1), botadero de desmonte Sur (BS-01 y BS-02), botadero de desmonte Suroeste (BW-01, BW-02 y BW-03), botadero de desmonte Este (BE-01 y BE-02) y pad de lixiviación (P-01 y P-02) muestran una mayor movilidad del anión sulfatos en comparación a cloruros, nitratos y nitritos (Figura 6.6).

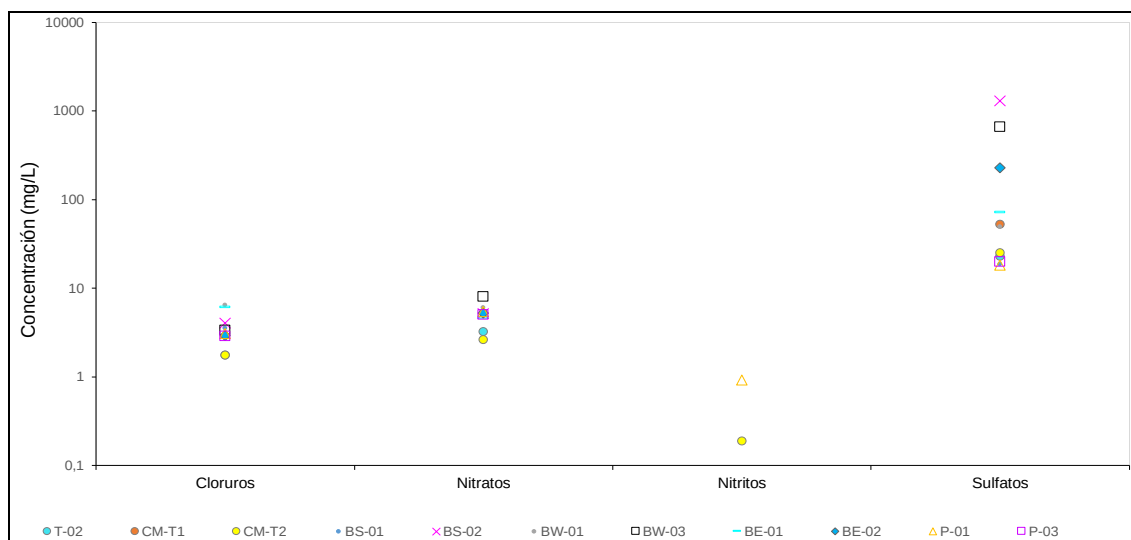


Figura 6.6. Shake flask aniones en material de componente del tajo Quicay, botadero de desmonte Sur, Suroeste, Este y pad de lixiviación

El tajo Quicay, de acuerdo a la prueba *shake flask* metales, muestra una mayor movilidad de i) aluminio y hierro dentro de los elementos mayores (Figura 6.7a), ii) selenio dentro de los elementos menores (Figura 6.7b) y iii) manganeso, cobre, cobalto y estroncio dentro de los elementos traza (Figura 6.7c). Cabe precisar que, los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

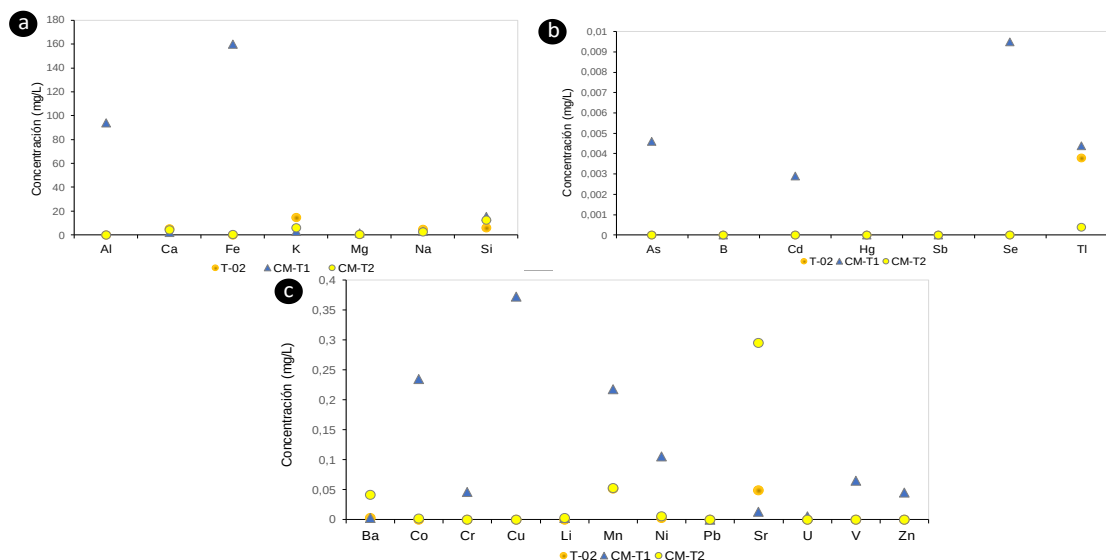


Figura 6.7. *Shake flask* metales en tajo Quicay en relación a los **a)** elementos mayores y **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

El botadero de desmonte Sur, según la prueba *shake flask* metales, presenta una mayor movilidad de i) calcio dentro de los elementos mayores (Figura 6.8a), ii) selenio y antimonio dentro de los elementos menores (Figura 6.8b) y iii) manganeso y estroncio dentro de los elementos traza (Figura 6.8c). Cabe precisar que, los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

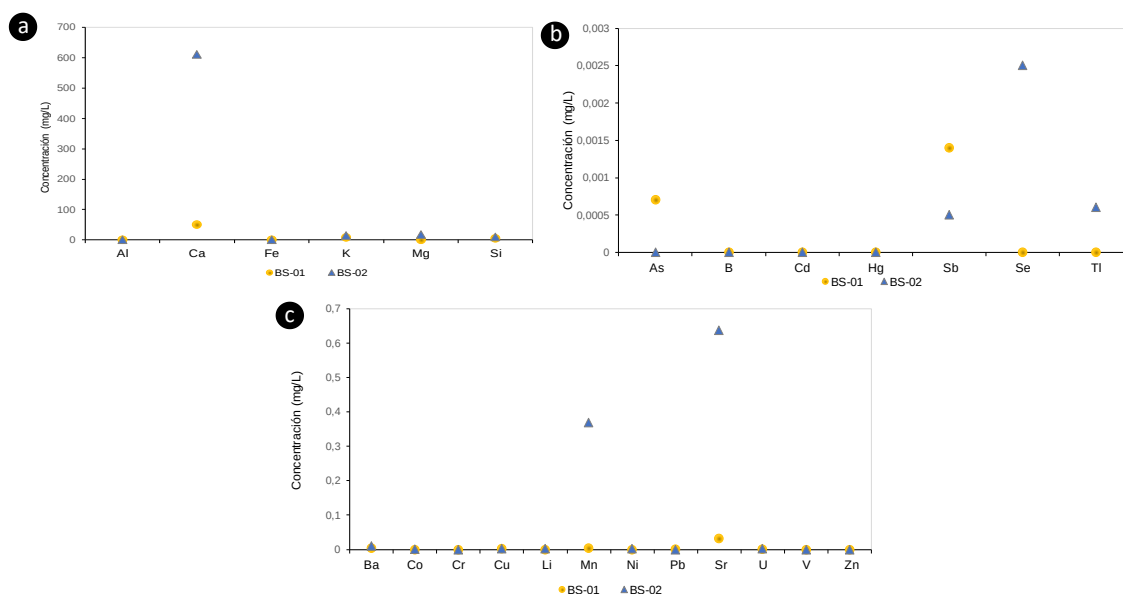


Figura 6.8. *Shake flask* metales en el botadero de desmonte Sur en relación a los **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

El botadero de desmonte Suroeste, conforme a la prueba *shake flask* metales, muestra una mayor movilidad de i) calcio dentro de los elementos mayores (Figura 6.9a), ii) cadmio, arsénico, y talio, dentro de los elementos menores (Figura 6.9b) y iii) manganeso, estroncio, cobre y zinc dentro de los elementos traza (Figura 6.9c). Cabe precisar que, los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

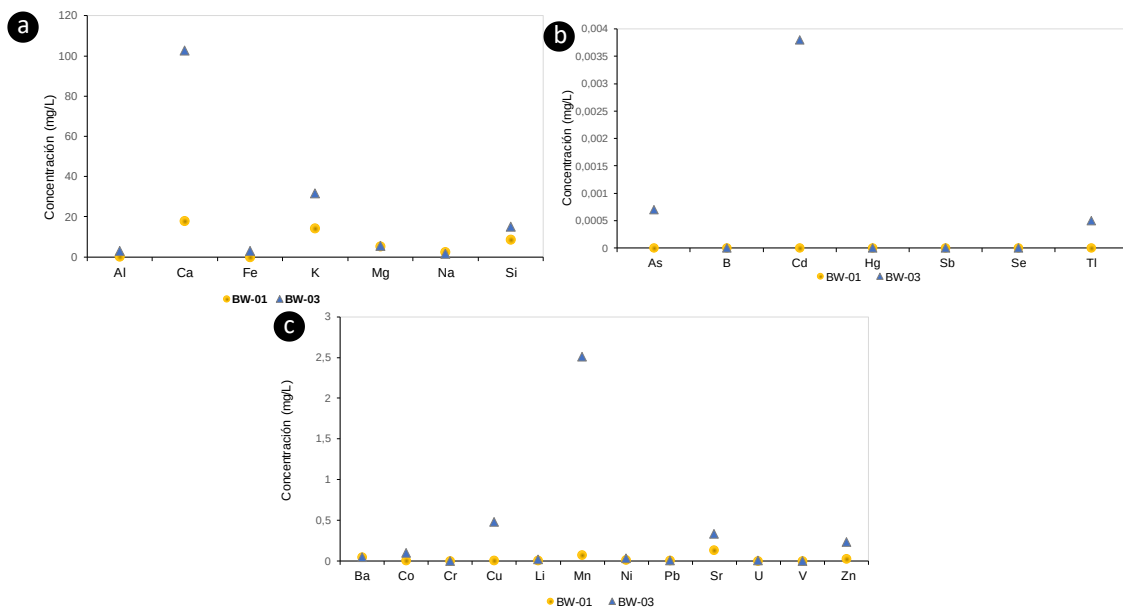


Figura 6.9. *Shake flask* metales en el depósito de Suroeste en relación a los **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

El botadero de desmonte Este, de acuerdo a la prueba *shake flask* metales, muestra una mayor movilidad de i) calcio dentro de los elementos mayores (Figura 6.10a), ii) arsénico, antimonio, selenio y talio, dentro de los elementos menores (Figura 6.10b) y iii) manganeso y estroncio dentro de los elementos traza (Figura 6.10c). Señalar que, los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

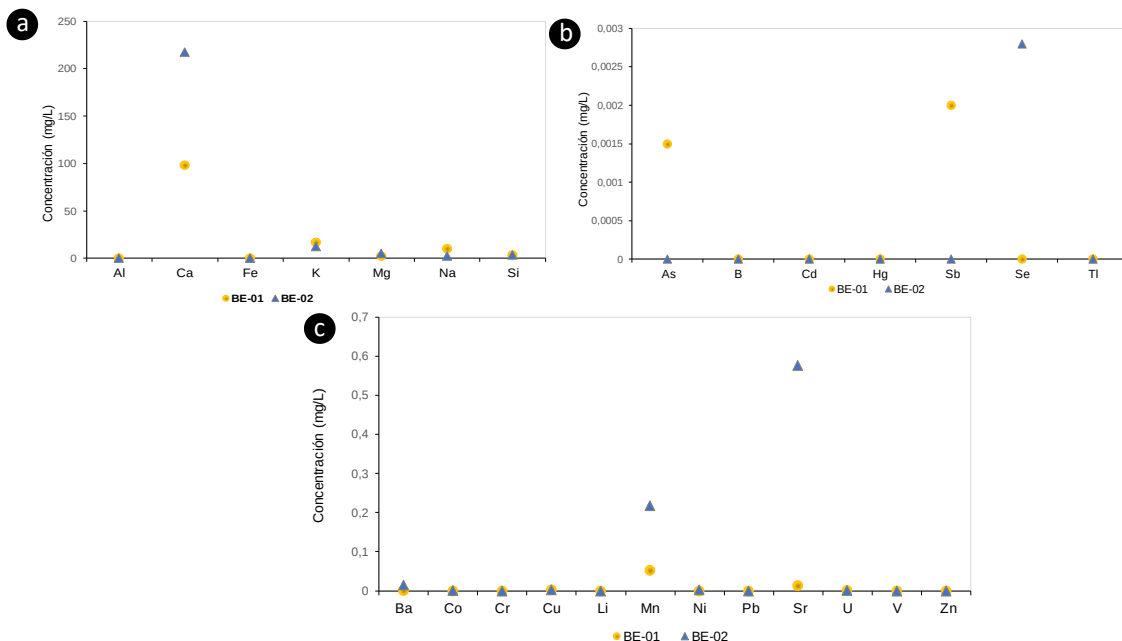


Figura 6.10. *Shake flask* metales en el depósito de desmonte Este en relación a los **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

El pad de lixiviación, según la prueba *shake flask* metales, manifiesta una mayor movilidad de i) calcio dentro de los elementos mayores (Figura 6.11a), ii) arsénico y antimonio, dentro de los elementos menores (Figura 6.11b) y iii) estroncio dentro de los elementos traza (Figura 6.11c). Cabe precisar que, los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

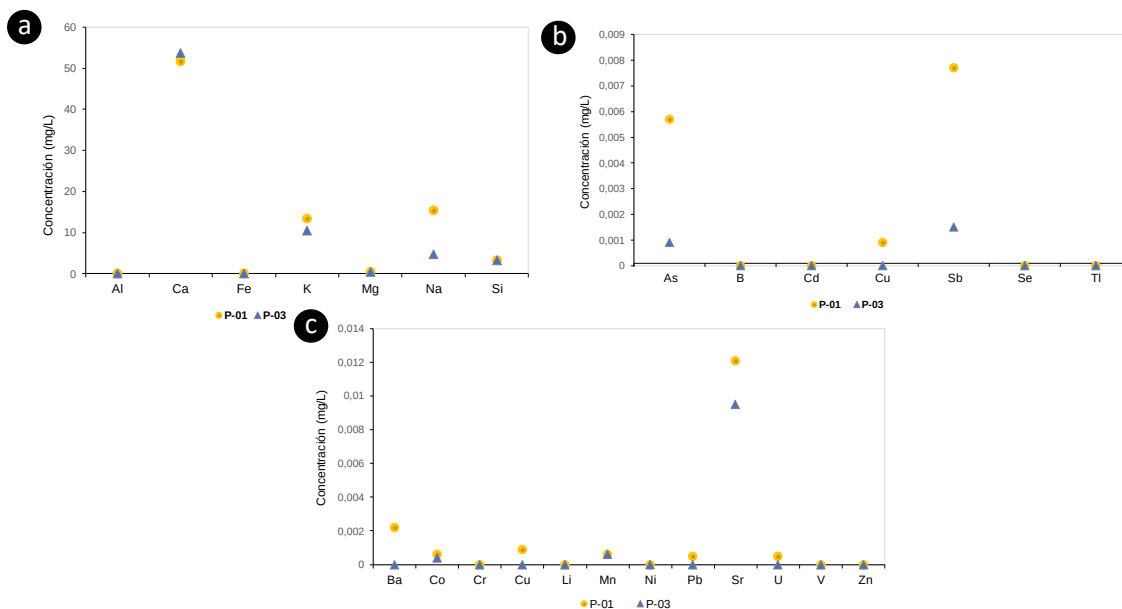


Figura 6.11. *Shake flask* metales en el pad de lixiviación en relación a los **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

6.1.1.3. Prueba ABA

Las muestras simples extraídas de material de componente minero del tajo Quicay (T-02 y CM-T1), botadero de desmonte sur (BS-01 y BS-02), botadero de desmonte Suroeste (BW-01, BW-02 y BW-03), botadero de desmonte Este (BE-01 y BE-02) y pad de lixiviación (P-01 y P-02), según el primer y segundo criterio para evaluar la prueba estática de balance ácido-base (ABA), son potenciales generadores de acidez (Figura 6.12 y 6.13).

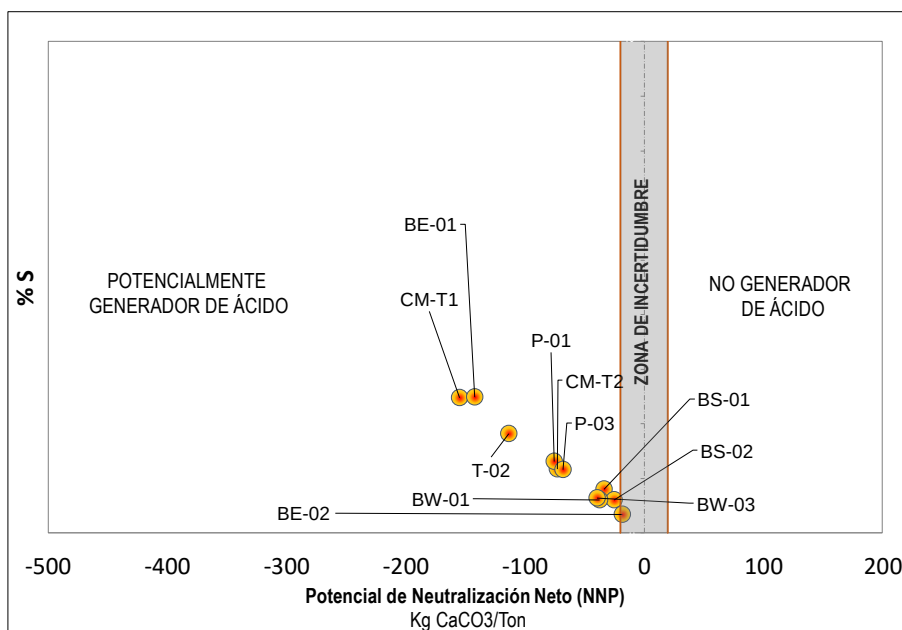


Figura 6.12. Resultados de la prueba ABA según el primer criterio de evaluación en los componentes mineros de la UF Quicay

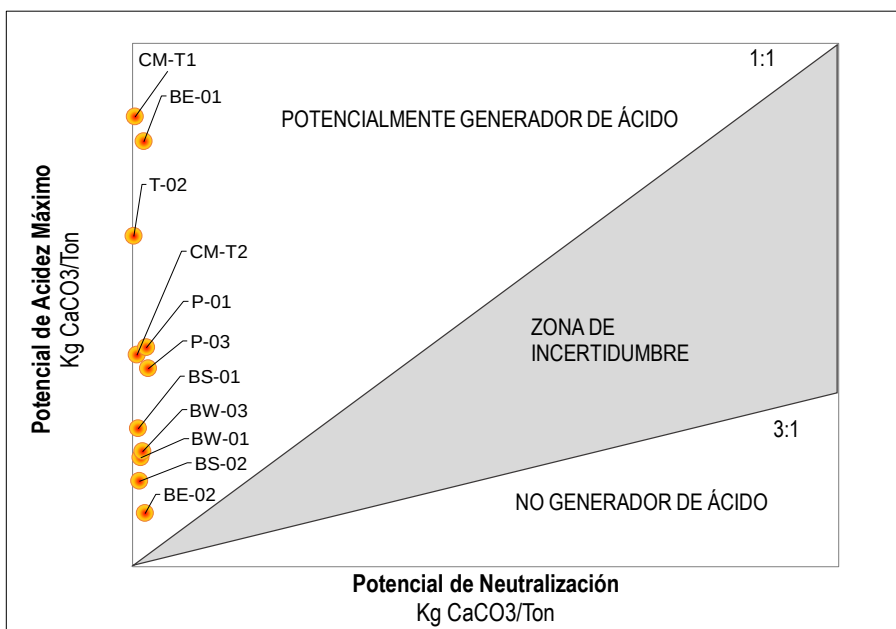


Figura 6.13. Resultados de la prueba ABA según el segundo criterio de evaluación en los componentes mineros de la UF Quicay

6.1.1.4. Análisis mineralógico por microscopía electrónica de barrido

La muestra simple extraída en el tajo Quicay (T-02) posee mayor cantidad de minerales compuestos de hierro (hematita y magnetita); en tanto que, existen minerales como la galena y jordanita que tiene mayor predominio en su composición de plomo. Asimismo, el bario se encuentra en la baritina (Figura 6.14).

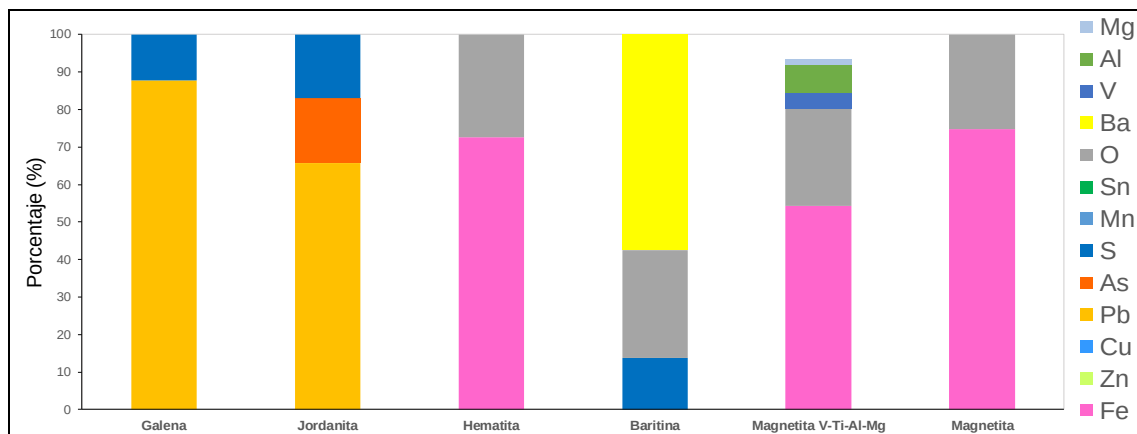


Figura 6.14. MEB en el tajo Quicay

La muestra simple extraída del depósito de desmonte Suroeste (BW-03) posee mayor cantidad de minerales compuestos de hierro (hematita, goethita, ilmenita, pirita y magnetita); en tanto que, existen minerales como rutilo e ilmenita que tiene mayor predominio en su composición de titanio. Asimismo, el plomo se encuentra en la galena (Figura 6.15).

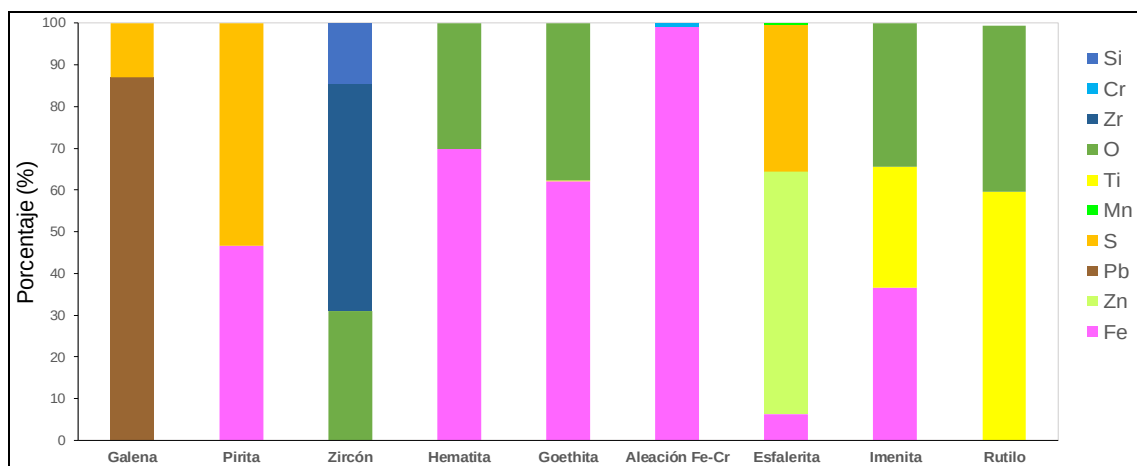


Figura 6.15. MEB en el depósito de desmonte Suroeste

La muestra simple extraída en el pad de lixiviación (P-01) posee mayor cantidad de minerales compuestos de hierro (hematita, goethita, arsenopirita y pirita); en tanto que, existen minerales como rutilo que tiene mayor predominio en su composición de titanio. Asimismo, el plomo se encuentra en la galena, jordanita y boulangerita (Figura 6.16).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

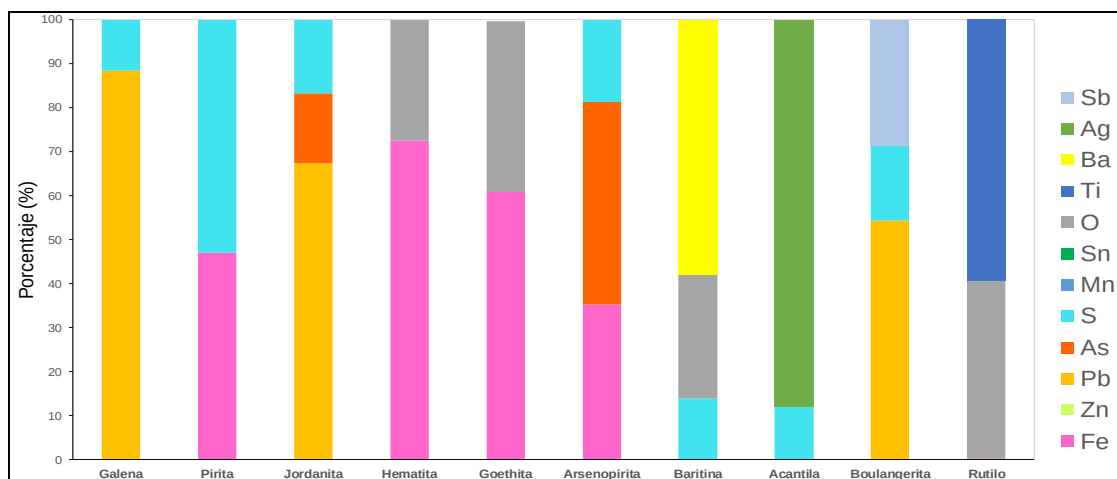


Figura 6.16. MEB en el pad de lixiviación

La muestra compuesta extraída del botadero de desmonte Este (BE-03) posee mayor cantidad de minerales compuestos de hierro (hematita, goethita, esfalerita, magnetita y pirita); en tanto que, existen minerales como rutilo que tiene mayor predominio en su composición de titanio. Asimismo, el plomo se encuentra en la galena (Figura 6.17).

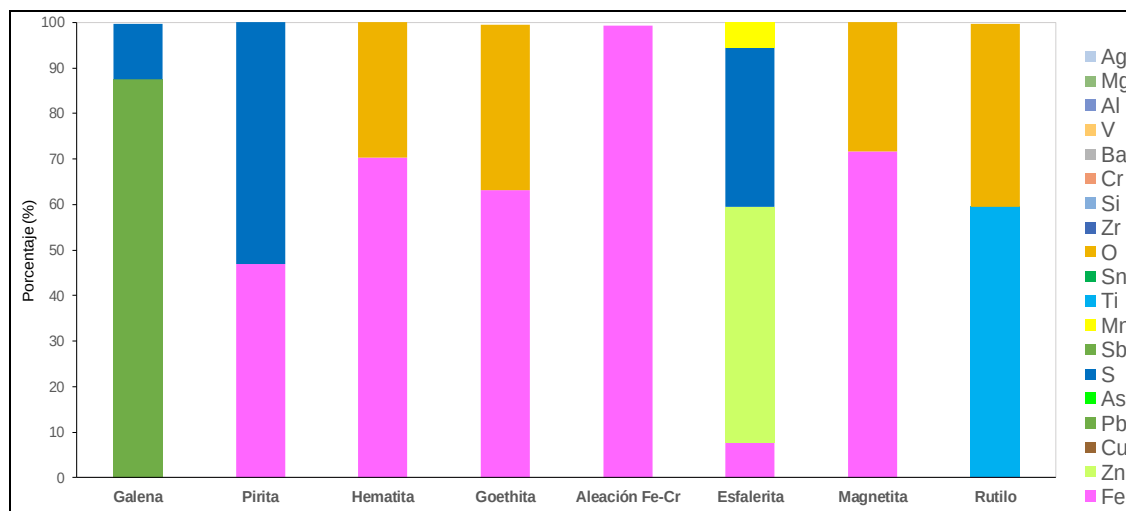


Figura 6.17. MEB en el botadero de desmonte Este

La muestra compuesta extraída del depósito de desmonte Sur (BS-01) posee mayor cantidad de minerales compuestos de hierro (pirita, hematita y goethita); en tanto que, existen minerales como rutilo que tiene mayor predominio en su composición de titanio. Asimismo, el plomo se encuentra en la galena (Figura 6.18).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

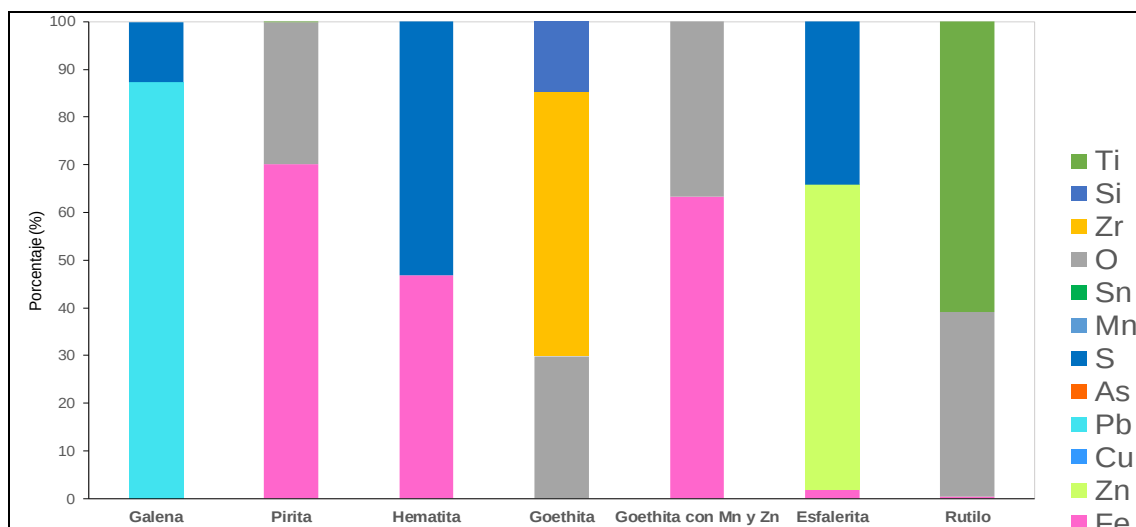


Figura 6.18. MEB en el depósito de desmonte Sur

6.1.1.5. Extracción secuencial de metales mediante metodología de Dold

Se realizó la extracción secuencial de metales mediante la metodología de especialización de Dold (2003), el análisis permite caracterizar la potencial movilidad y biodisponibilidad de 12 elementos presentes en T-02, BS-01, BW-03, BE-02 y P-01.

Según la Figura 6.19, la muestra T-02 muestra al azufre, calcio, hierro y aluminio en todas las fracciones.

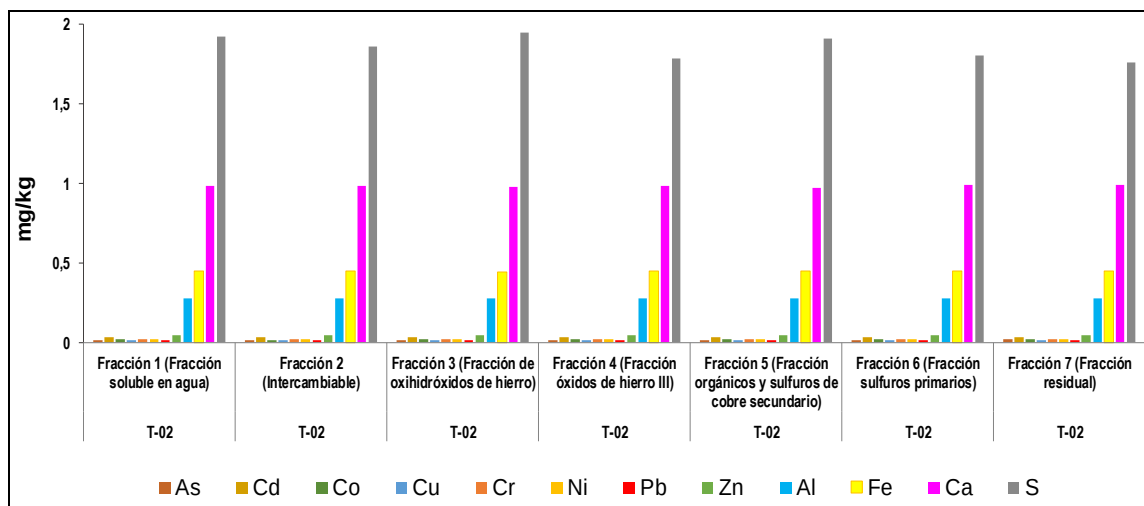


Figura 6.19. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra T-02, correspondiente al tajo Quicay de la UF Quicay

Según la Figura 6.20, la muestra BS-01 presenta al calcio, hierro y aluminio en todas las fracciones, mostrando mayor concentración en la fracción 6 (sulfuros primarios) y fracción 7 (fracción residual). En tanto que, el azufre, cromo, plomo, cobre, níquel, cobre, cadmio, arsénico se encuentra en la fracción 2 (intercambiable) y calcio, hierro, aluminio, zinc, cobre, arsénico se encuentran en la fracción 1 (soluble en agua).

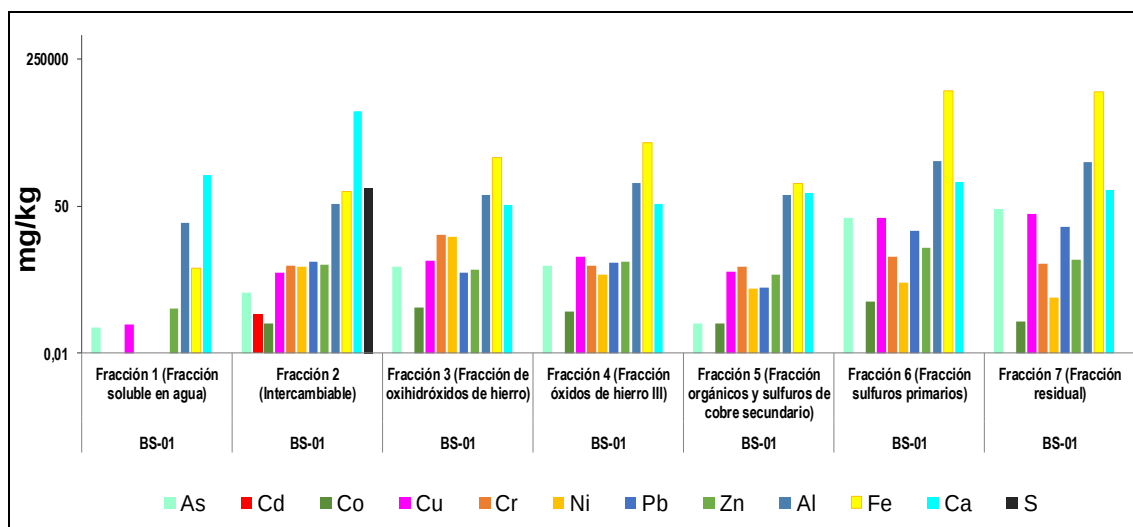


Figura 6.20. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra BS-01, correspondiente al botadero de desmote Sur de la UF Quicay

La muestra BW-03 manifiesta al calcio, hierro, cobre, aluminio y zinc en todas las fracciones, mostrando mayor concentración en la fracción 4 (oxihidróxidos de hierro) fracción 5 (orgánicos y sulfuros de cobre secundario), fracción 6 (sulfuros primarios) y fracción 7 (residual). En tanto que, el calcio, hierro, cobre, aluminio, zinc, níquel, cromo, cobre, arsénico se encuentra en la fracción 2 (intercambiable) y fracción 1 (soluble en agua), tal como se visualiza en la Figura 6.21

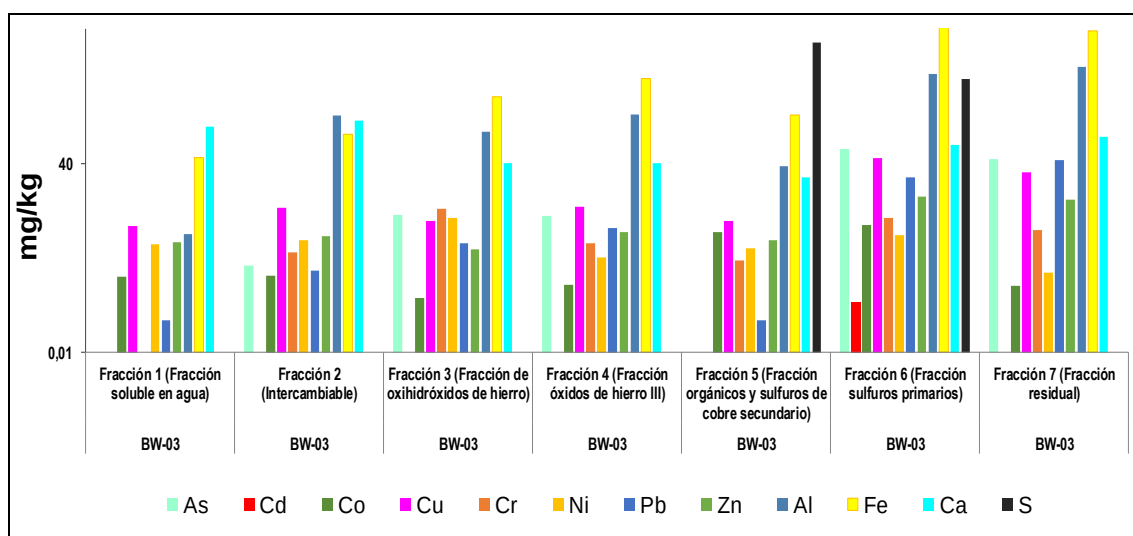


Figura 6.21. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra BW-03, correspondiente al botadero de desmote Suroeste de la UF Quicay

De acuerdo a la Figura 6.22, la muestra BE-03 presenta al calcio y hierro en todas las fracciones, mostrando mayor concentración en la fracción 4 (oxihidróxidos de hierro), fracción 5 (orgánicos y sulfuros de cobre secundario), fracción 6 (sulfuros primarios) y fracción 7 (residual). En tanto que, el calcio, hierro, aluminio, zinc, níquel, cromo, cobre, cobalto, arsénico se encuentra en la fracción 2 (intercambiable) y el azufre, calcio, aluminio, zinc, níquel, cobalto en la fracción 1 (soluble en agua).

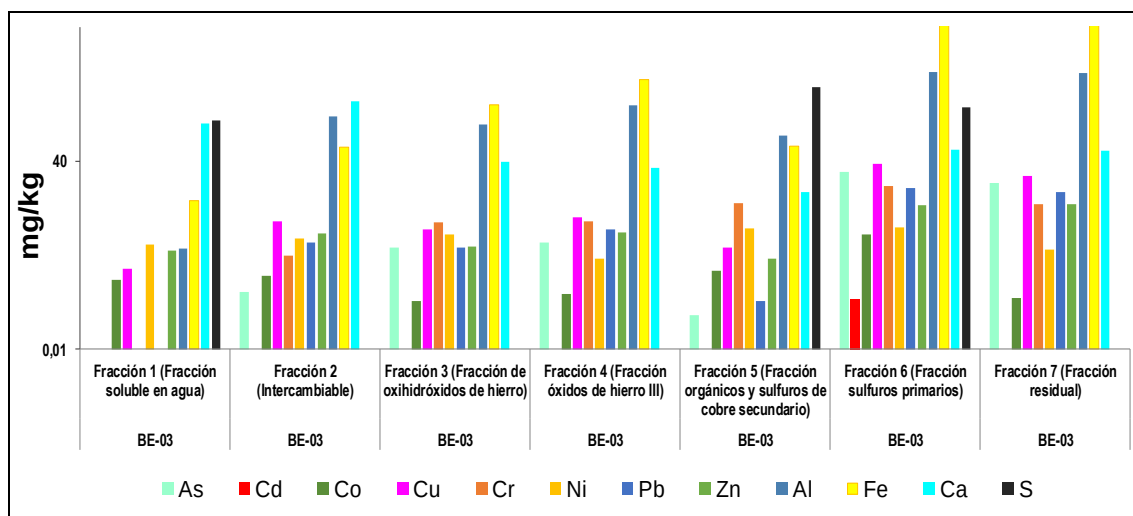


Figura 6.22. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra BE-03, correspondiente al botadero de desmote Este de la UF Quicay

La muestra P-01 presenta al hierro, calcio, aluminio, plomo, níquel, cromo, cobre en todas las fracciones, mostrando mayor concentración en la fracción 4 (oxihidróxidos de hierro), fracción 5 (orgánicos y sulfuros de cobre secundario), fracción 6 (sulfuros primarios) y fracción 7 (residual). En tanto que, el calcio, hierro, aluminio, zinc, plomo, níquel, cromo, cobre, cobalto, arsénico se encuentra en la fracción 2 (intercambiable) y el azufre, calcio, aluminio, plomo, níquel, cobre, arsénico en la fracción 1 (soluble en agua), ver Figura 6.23

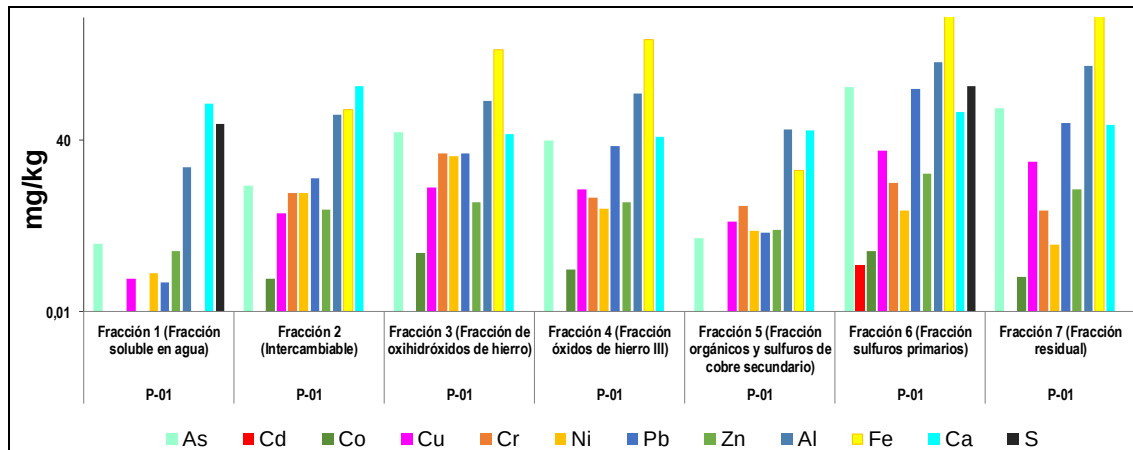


Figura 6.23. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra P-01, correspondiente al pad de lixiviación de la UF Quicay

6.1.1.6. Análisis mineralógico por difracción de rayos X

Para la caracterización mineralógica por difracción de rayos X se extrajeron muestras simples de material de componente minero del tajo Quicay (T-02, CM-T1 y CM-T2), botadero de desmote Sur (BS-01, BS-02 y CM-DS2), botadero de desmote Suroeste (BW-01, BW-02, BW-03 y CQTV17), botadero de desmote Este (BE-01, BE-02, BE-03 y CQTV20) y pad de lixiviación (P-01, P-02 y CM-PL1). En la Tabla 6.1, todas las muestras poseen mayor porcentaje de cuarzo, seguidamente de mineral de arcilla como caolinita, alunita, pirofilita (BS-01, CMD-DS2 y BE-03) y óxidos de hierro como goethita y hematita.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.1.** Análisis mineralógico por difracción de rayos X en material de componente minero de la U.F Quicay

Código			T-02	CM-T2	BS-01	CM-DS2	BW-02	BW-03	BE-03	P-01
Componente minero			Tajo Quicay		Botadero de desmonte Sur		Botadero de desmonte Suroeste		Botadero de desmonte Este	Pad de Lixiviación
Nombre del mineral	Formula general	Unidad								
Cuarzo	SiO2	%	64	59	59	58	60	67	46	65
Pirofilita	Al2Si4O10(OH)2	%	--	--	6	10	--	--	21	--
Caolinita	Al2Si2O5(OH)4	%	2	19	3	13	27	15	13	5
Goethita	FeO(OH)	%	3	2	7	--	5	2	6	4
Alunita	(K,Na)Al3(SO4)2(OH)6	%	27	18	11	6	--	8	5	21
Mica (Muscovita)	KAl2(Si3Al)O10(OH,F)2	%	--	--	5	7	3	4	4	--
Hematita	Fe2O3	%	2	--	3	< L.D.	--	< L.D.	2	2
Rutilo	TiO2	%	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	--	< L.D.	< L.D.	< L.D.
Calcita	CaCO3	%	--	--	3	< L.D.	--	--	< L.D.	--
Yeso	CaSO4,2(H2O)	%	--	--	--	2	2	< L.D.	--	--
Anatasa	TiO2	%	--	--	--	--	< L.D.	< L.D.	--	--
Pirita	FeS2	%	--	--	--	< L.D.	--	--	--	--
Beudantita	PbFe3(AsO4)(SO4)(OH)6	%	--	--	--	--	--	--	--	< L.D.
Zunyita	Al13Si5O20(OH,F)18Cl	%	--	--	< L.D.	--	--	--	--	

Fuente: Informes de ensayo BIZALAB S.A.C

< L.D.: Mineral identificado cuya cuantificación está por debajo del 1 %

(--): No existe dato

6.1.2. Agua residual industrial

El muestreo de agua residual industrial (en adelante, ARI) se realizó en 2 etapas, del 10 al 11 de agosto y el 15 de octubre de 2020. Se muestreó un total de 13 puntos, de los cuales 12 puntos fueron de agua residual industrial (ARI-01, ARI-03, ARI-02, ARI-12, ARI-13, ARI-14, ARI-04, ARI-05, ARI-06, ARI-07, ARI-15 y ARI-16) y un punto de efluente industrial (E-NE), ubicados dentro del área efectiva de la UF Quicay.

Los resultados de agua residual industrial no se compararon con ningún estándar de calidad; así mismo, respecto al efluente industrial se comparó con los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM (en adelante, LMP 2010), sin embargo los resultados no superaron los valores establecidos en los LMP 2010. Los resultados de todos los parámetros evaluados se encuentran en los reportes de resultados N.º RRE-021-2020-STEC y N.º RRE-045-2020-STEC, que se presentan en los Anexos 6 y 7

6.1.3. Tomografía de resistividad eléctrica (TRE)

Como parte del estudio de prospección geofísica, se ejecutaron 15 líneas de tomografía de resistividad eléctrica 2D, distribuidos en el ámbito de los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste de la UF Quicay (L-01, L-02, L-03, L-04, L-05, L-06, L-07, L-08, L-09, L-10, L-11, L-12, L-13, L-14, L-15),

La mayoría de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica se realizaron depósitos cuaternarios consolidados y semiconsolidados; además, de afloramientos ígneos volcánicos porfíricos/tobaceos de naturaleza andesítica/dacita (Figura 6.24).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

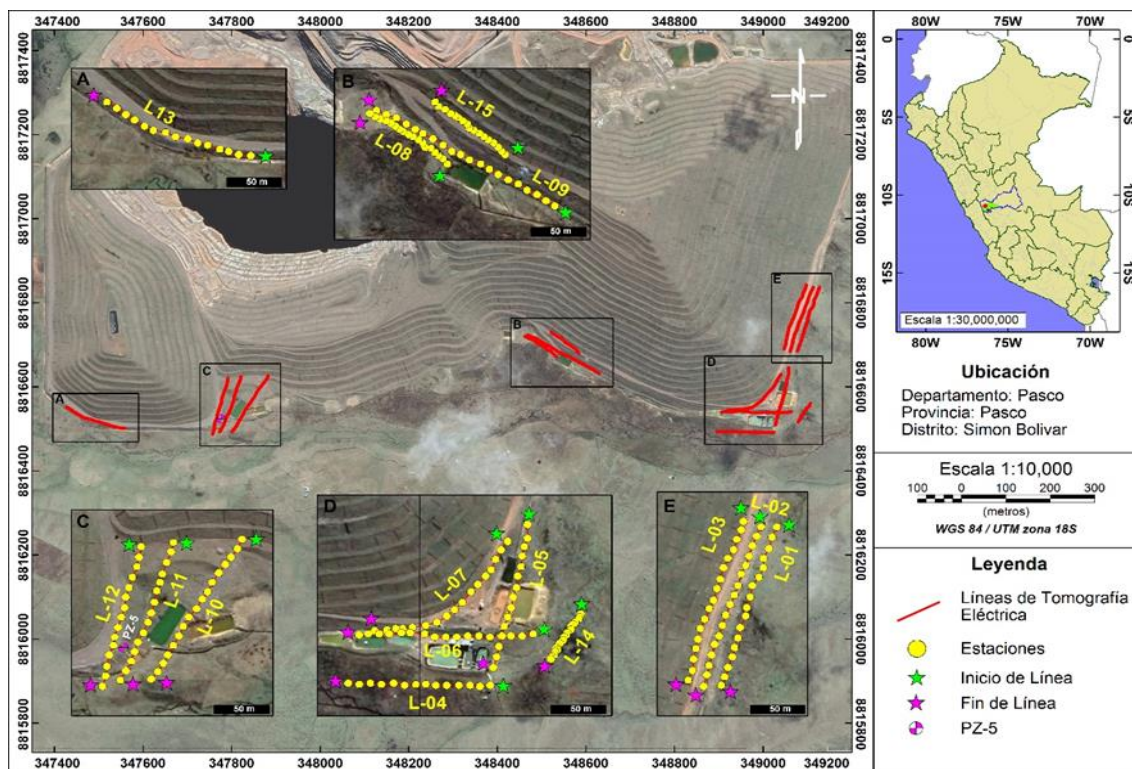


Figura 6.24. Ubicación de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica en los botaderos de desmonte Este, Sur y Suroeste de la UF Quicay

La interpretación de las secciones de tomografía de resistividad eléctrica consistió en diferenciar zonas (A, B y C) en función a valores de resistividades similares. Las características y resultados se presentan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Características de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica ejecutadas en el ámbito de los botaderos de desmonte este, sur y suroeste de la unidad económica administrativa Quicay

Ubicación	Línea de tomografía	Longitud (m)	Separación de electrodos (m)	Profundidad promedio de investigación (m)	Rango de resistividades Ohm.m		
					Zona A	Zona B	Zona C
Sector este del botadero de desmonte Este	L-01	160	10	43	16,1 a 50	51 a 138	139 a 523,5
	L-02	160	10				
	L-03	160	10				
Sector sur del botadero de desmonte Este	L-04	130	10	43	10 a 50	51 a 172	NA
	L-05	140	10	43			
	L-06	160	10	43			
	L-07	160	10	43			
	L-14	51	3	12	23,9 a 50		173 a 531,7
Sector este del botadero de desmonte Sur	L-08	85	5	21	24 a 50	51 a 190	191 a 527
	L-09	190	10	43			
	L-15	80	5	21			
Sector sur del botadero de desmonte Sur	L-10	160	10	43	8 a 50	51 a 190	191 a 966
	L-11	140	10	43			
	L-12	140	10	43			



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Ubicación	Línea de tomografía	Longitud (m)	Separación de electrodos (m)	Profundidad promedio de investigación (m)	Rango de resistividades Ohm.m		
					Zona A	Zona B	Zona C
Sector sur de los botaderos de desmonte Sur	L-13	140	10	43	20 a 50	51 a 140	141 a 345

NA: No aplica

6.1.3.1. Interpretación de la tomografía de resistividad eléctrica

6.1.3.1.1. Sector este del botadero de desmonte Este

Las secciones de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-01, L-02 y L-03 (Figura 6.25) presentó 3 zonas (A B y C). La zona A presentó resistividades en el rango de 16,1 a 50 Ohm.m, relacionado a depósitos cuaternarios semiconsolidados conformados por material de desmonte y cobertura vegetal con cierto grado de humedad y presencia de agua entre las estaciones que van de 0 a 65,150 a 160 con profundidades de 10 metros hasta 20 desde la parte superficial de la L-01, para la L-02 entre las estaciones 0 a 100, 155 a 160 con profundidades de 10 metros hasta 20 desde la parte superficial y entre las estaciones 50 y 115 a una profundidad de 36 metros se presentó una zona con los valores similares de resistividad indicando una litología semiconsolidada, para la L-03 la zona A se presentó en la parte superficial de la sección entre las estaciones 20 a 120 con una profundidad aproximada de 3 metros.

La zona B presentó resistividades de 51 a 138 Ohm.m en la parte cercana a la superficie (0 a 10 m de profundidad) se encuentra asociado a cuaternario con gravas con cierto grado de humedad, y en la parte profunda (mayor a 10 m de profundidad) estaría relacionado rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita) fracturadas con rellenos de arcilla saturada.

Por otra parte, la zona C presentó resistividades de 139 a 523,5 Ohm.m que estaría relacionado sobre material consolidado en la superficie con menor grado de humedad y en las partes de mayor profundidad relacionado a roca volcánicas porfíricas (andesita/dacita).

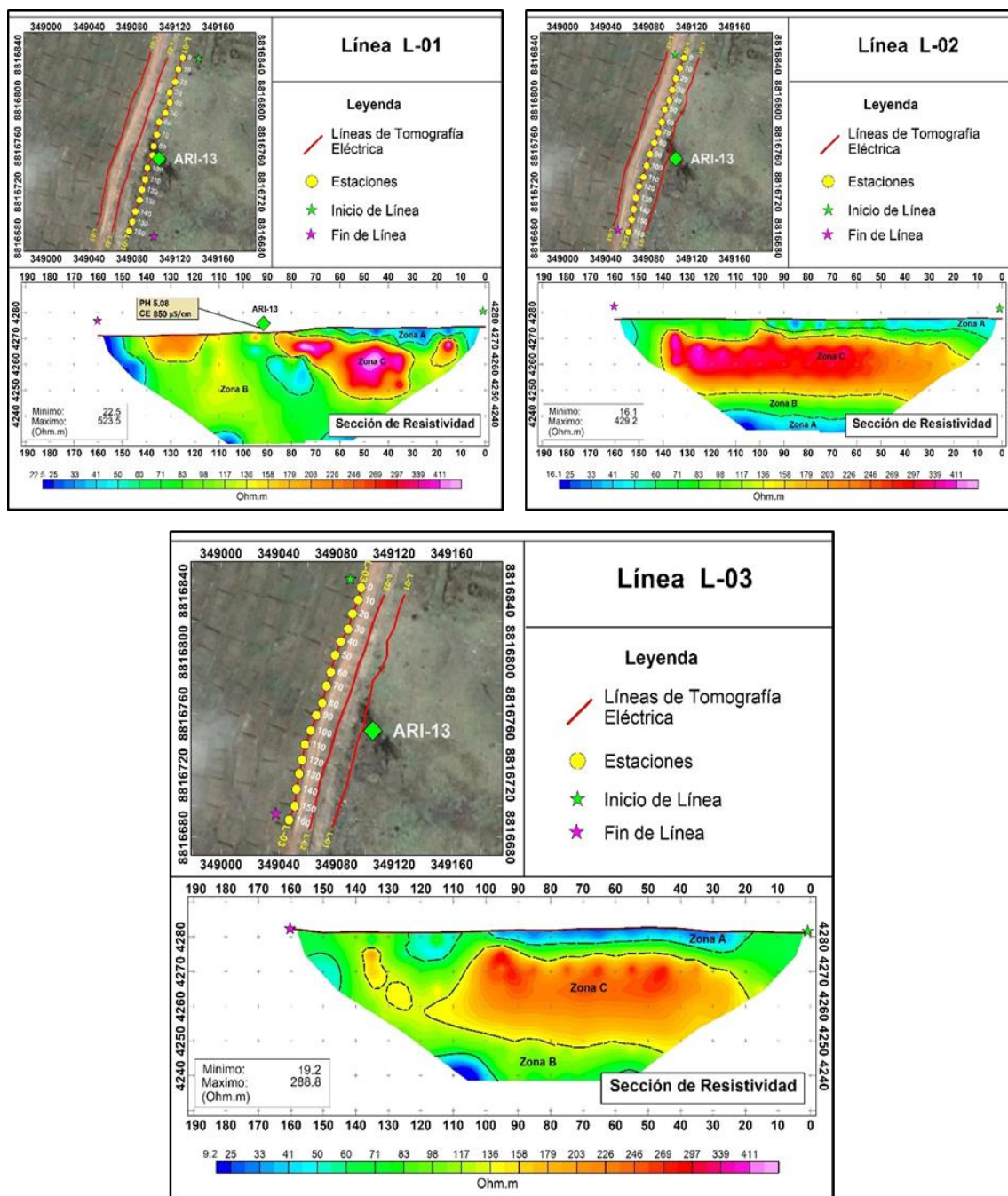


Figura 6.25. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-01, L-02 y L-03

6.1.3.1.2. Sector sur del botadero de desmote Este

Las secciones de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-04, L-05, L-06, L-07, L-14 (Figura 6.26) presentó 2 zonas (A y B). La zona A presentó resistividades entre 10 a 50 Ohm.m, lo cual correspondería a cuaternarios no consolidados, depósitos de desmote, ubicado desde la parte superficial y alcanzando profundidad máxima de 43 metros aproximadamente entre tramos variables como se muestra en las imágenes de las secciones. Asimismo, se precisa que, dentro de esta zona, entre las estaciones 20 a 90 de la L-05, de la estación 100 a 160 de la L-06, 40 a 60 y 100 a 140 a una profundidad de 10



a 15 metros aproximadamente se presentó resistividades entre 10,11 y 17 Ohm.m probablemente relacionado a medios saturados con lixiviados y soluciones diluidas de sales mineralizadas usualmente estos presentan valores de resistividades menores a 15 Ohm.m (Reynolds, 2011; Gasulla 1999). Y, la zona B presentó resistividades de 51 a 172 Ohm.m, en la parte cercana a la superficial asimismo a profundidades variables mostrando correspondencia en las secciones presentadas, se encuentra asociado a cuaternarios no consolidados, depósitos de desmonte con menor grado de humedad.

Por otra parte, la sección de la L-14 presentó 3 zonas (A, B y C). La zona A presentó resistividades entre 23,9 a 50 Ohm.m, lo cual correspondería a cuaternarios no consolidados, ubicado desde la parte superficial entre las estaciones 0 a 15 y alcanzando profundidad máxima de 12 metros en la estación 10 a 15; la zona B con características similares a las secciones anteriores; y la zona C con resistividades de 173 a 531,7 Ohm.m correspondería a rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

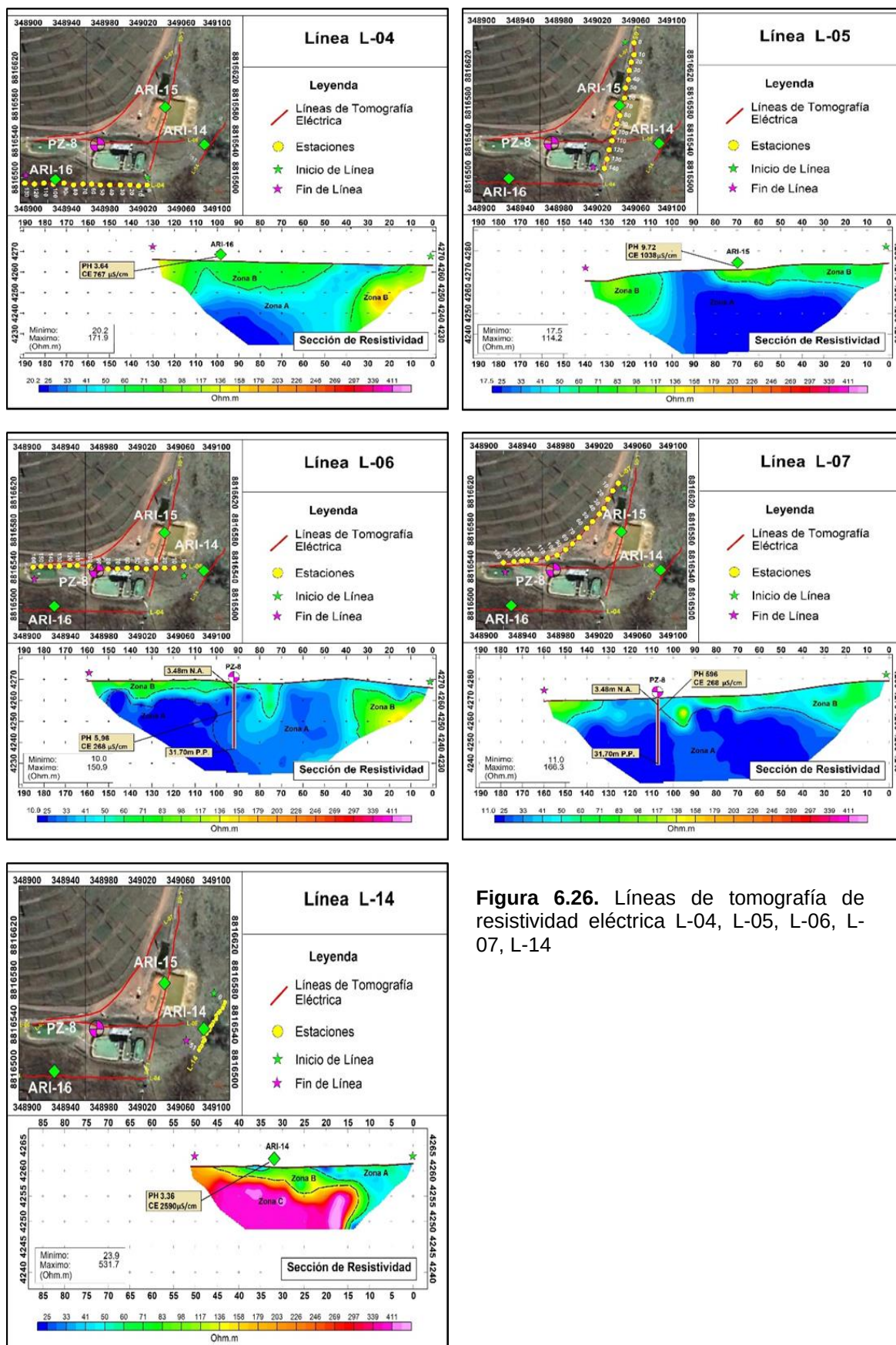


Figura 6.26. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-04, L-05, L-06, L-07, L-14



6.1.3.1.3. Sector este del botadero de desmonte Sur

Las secciones de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-08, L-09 y L-15 (Figura 6.27) presentaron 3 zonas (A, B y C). La zona A presentó resistividades en el rango de 24 a 50 Ohm.m, relacionado a depósitos cuaternarios semiconsolidados conformados por material de desmonte y con alto grado de humedad entre las estaciones que van de 0 a 15, 30 a 55 y de 70 a 85 desde la superficie con profundidades de 5, 10 metros hasta 20 metros en las estaciones mencionadas para L-08, asimismo entre las estaciones 100 a 120 desde la superficie hasta 3 metros de profundidad de la sección L-09 y para la L-15 entre las estaciones 75 a 80 presentó la misma característica de resistividad de la zona A

La zona B presentó resistividades de 51 a 190 Ohm.m en la parte cercana a la superficie (0 a 20 metros de profundidad) se encuentra asociado a cuaternario con gravas con cierto grado de humedad.

Por otra parte, la zona C presentó resistividades de 190 a 1050 Ohm.m que correspondería a material consolidado con menor grado de humedad relacionado rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita).

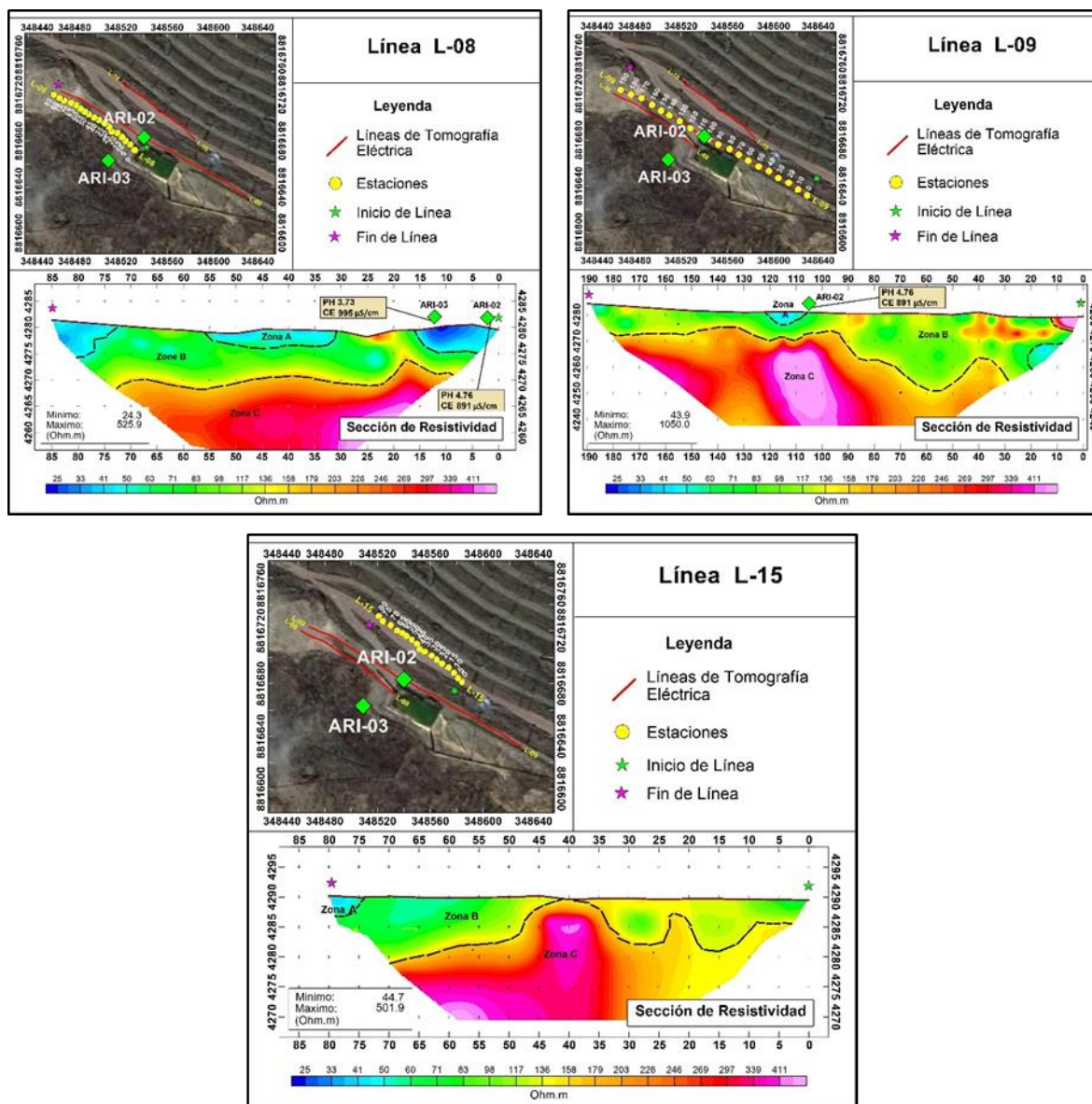


Figura 6.27. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-08, L-09 y L-15

6.1.3.1.4. Sector sur del botadero de desmonte Sur

En las secciones de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-10, L-11 y L-12 (Figura 6.28) se determinó 3 zonas (A, B y C). La zona A presentó resistividades de 8 a 50 Ohm.m, lo cual correspondería a depósitos cuaternarios semiconsolidados, constituido por desmonte, gravas, con cierta homogeneidad horizontal de fragmentos de composición variable, entre las estaciones 0 a 10, 90 a 160 a una profundidad variable entre 5 y 20 metros de la L-10, asimismo entre las estaciones 20 a 140 desde la superficie hasta profundidades variables hasta 20 metros aproximadamente en la sección de L-11, en la sección de la L-12 entre las estaciones 0 a 30 en superficie y a profundidad de 10 a 15 metros de la sección desde la estación 30 a 140 alcanzando profundidades variables hasta 43 metros aproximadamente. En esta zona se precisa que los valores 8 a 17 Ohm estaría asociado a la presencia de lixiviados y soluciones diluidas de sales mineralizadas

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

usualmente estos presentan resistividades menores a 15 Ohm.m (Reynolds, 2011; Gasulla 1999).

Y la zona B presentó resistividades de 51 a 190 Ohm.m asociado a material de depósito cuaternario con cierto grado de humedad, y en la parte profunda estaría relacionado a depósitos cuaternarios de origen glaciario, constituido por gravas, arenas y limos con fragmentos de composición variable este análisis se hace teniendo en consideración la correspondencia en las 3 secciones.

Por otro lado, la zona C presentó valores de 141 a 966 Ohm.m correspondería a material compacto en la parte superficial de la L-12 con menor grado de humedad y asociado a rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita) en profundidad de las secciones.

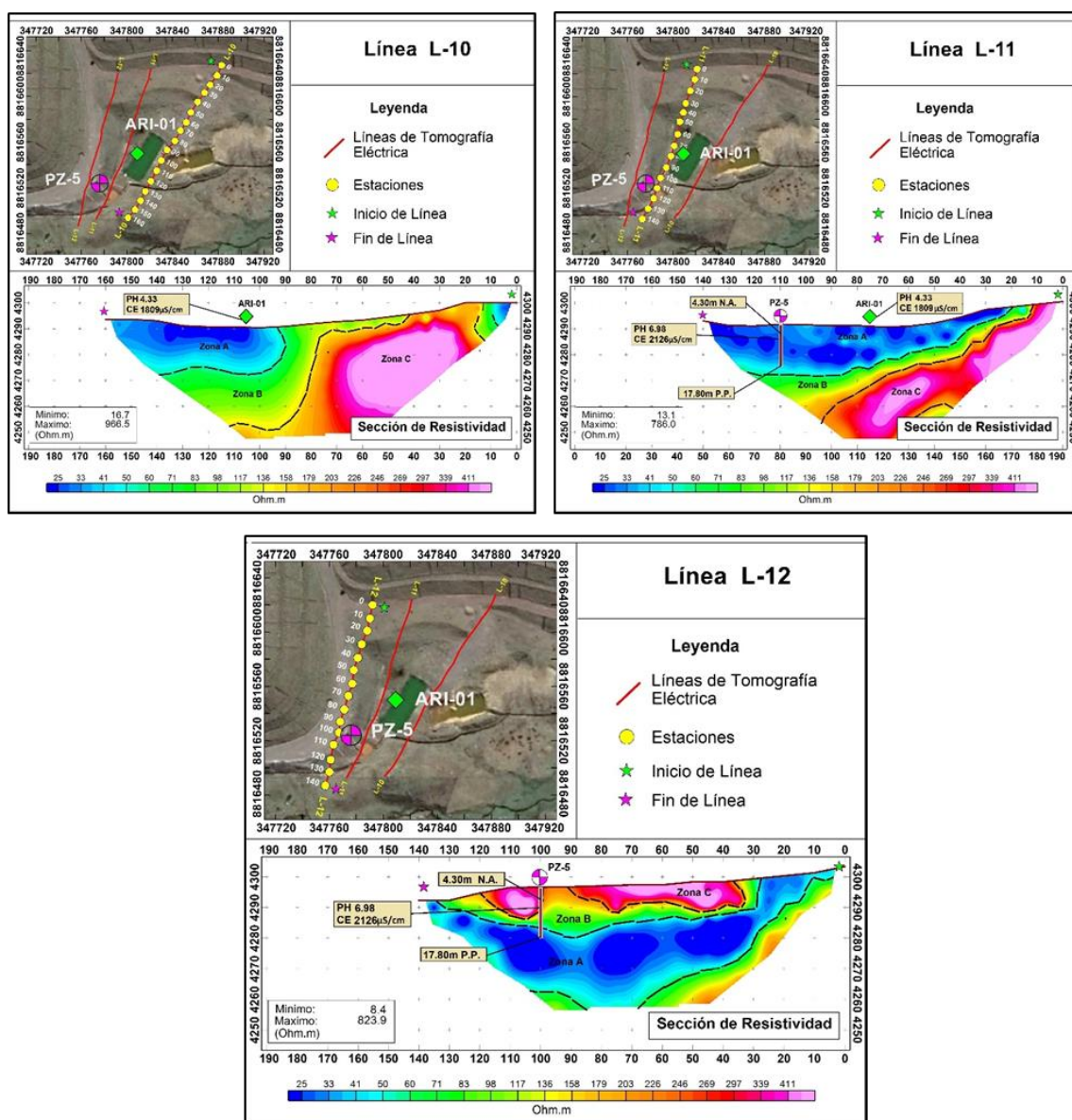


Figura 6.28. Líneas de tomografía de resistividad eléctrica L-10, L-11 y L-12

6.1.3.1.5. Sector sur del botadero de desmote Suroeste

La sección de la línea de tomografía de resistividad eléctrica L-13 (Figura 6.29) presentó 3 zonas (A, B y C). La zona A presentó resistividades entre 20 a 500 Ohm.m asociado a depósitos cuaternarios no consolidados saturados ubicado entre las estaciones 20 y 130, desde una profundidad variable 15 metros hasta los 43 metros aproximadamente.

La zona B presentó resistividades de 51 a 140 Ohm.m. En la parte superior entre las estaciones 40 a 140 se encuentra relacionado a depósitos de desmote, y en la parte profunda correspondería a depósitos cuaternarios semiconsolidados.

Por otra parte, la zona C presentó resistividades de 141 a 345 Ohm.m ubicado entre las estaciones 0 a 40, asociados a depósito de desmote con menor grado de humedad y compacto.

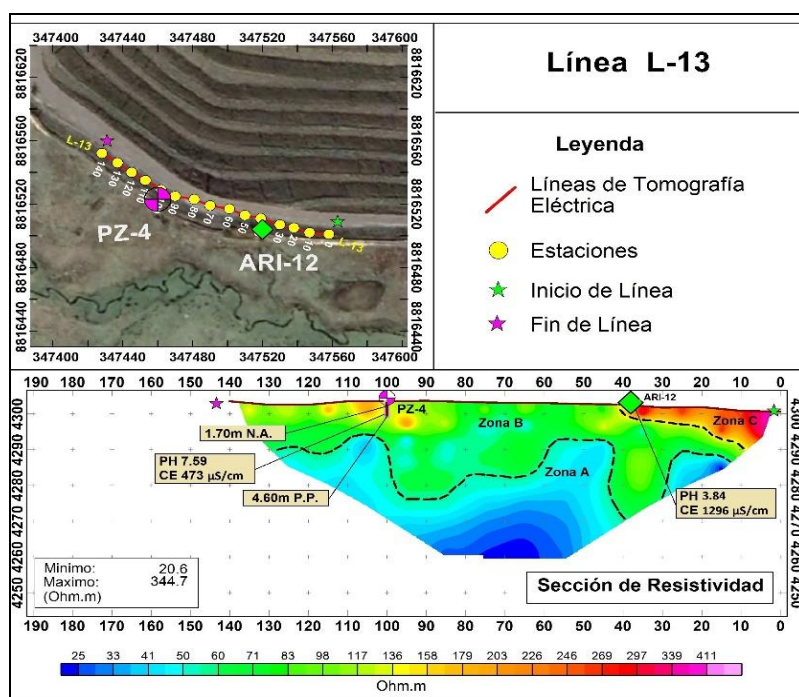


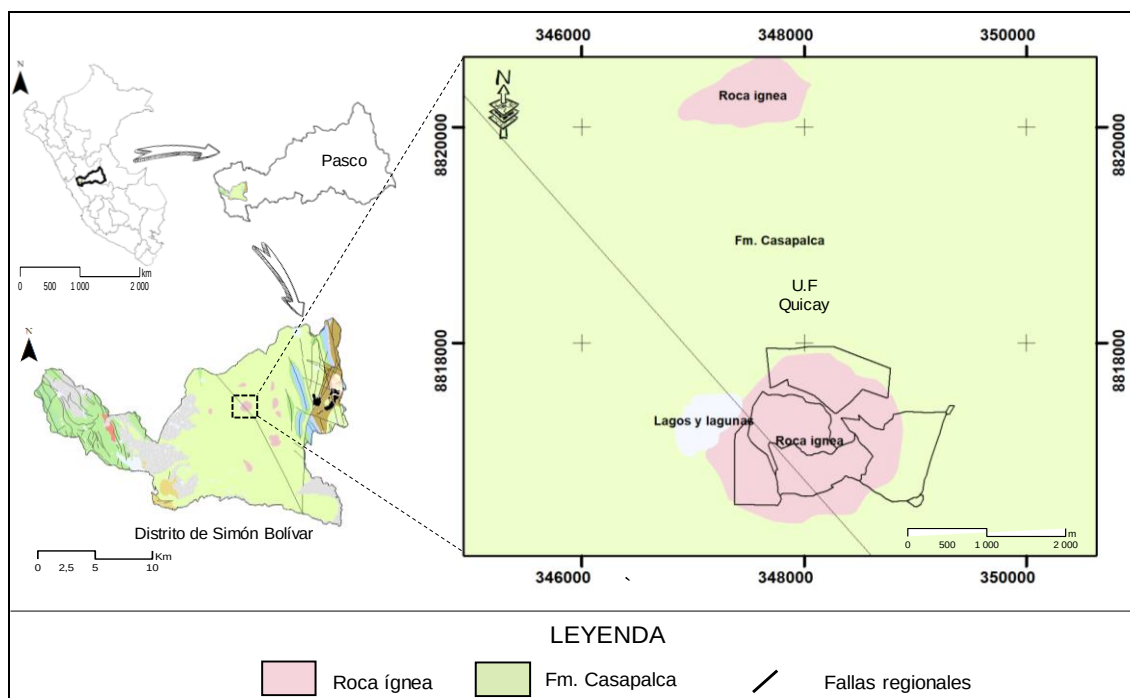
Figura 6.29. Línea de tomografía de resistividad eléctrica L-13.

6.2. Objetivo específico 2: Determinar la litogeoquímica y movilidad de los elementos de interés presentes en las formaciones rocosas y depósitos cuaternarios del sector Quicay, y definir los patrones geoquímicos de dispersión en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay

6.2.1. Resultados de la caracterización geológica

El área de estudio se localiza al oeste del distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, correspondiente a la UF Quicay (Figura 6.30).

La geología regional se encuentra representada por formaciones del paleozóico (grupo Excelsior) hasta el cuaternario. Cuya mineralización es de origen freatomagmática, desarrollada a lo largo de un diatrema con brecha abierta y bordeada por domos andesíticos.

**Figura 6.30.** Ubicación y geología regional del área de estudio

Fuente: Elaborado a partir de información geológica regional del boletín N 22K, serie A del IINGEMMET de 1996

El grupo Excélsior según Mc Laughlin (1924), denominada grupo Cabanillas (por unificar nomenclatura con las formaciones del sur del Perú) por Newell (1949), se encuentra compuesta por lutitas negras pizarrosas con intercalaciones de areniscas cuarzosas y filitas y pizarras gris oscuras a negras.

La formación Casapalca nombrado por Mc Laughlin (1924), fue redefinida y dividida por Jenks (1951) en 3 miembros; miembro inferior, conglomerado Shuco y miembro Calera. Posteriormente a ello, Ángeles *et al.* (1999), lo divide en formación Pocobamba (miembros Cacuán y Shuco) y formación Calera.

La formación Pocobamba está constituido por 2 miembros. El primero de ellos corresponde al miembro Cacuán compuesto por conglomerados con clastos subangulosos a subredondeados de diferente composición predominando su composición según los aportes y la proximidad de afloramientos preexistentes. En tanto que, el miembro Shuco, está compuesto por conglomerados y brechas sedimentarias con escasos lentes de limolitas.

La formación Calera, está compuesto por conglomerados con clastos angulosos provenientes del grupo Pucará, intercalados con lutitas y niveles delgados de tobas dioríticas.

Tal como se muestra en la Figura 6.31, estratigráficamente, en el área de estudio se encuentran aflorantes el grupo Calera cuyo espesor es de 260 a 700 m correspondiente a la formación Casapalca.

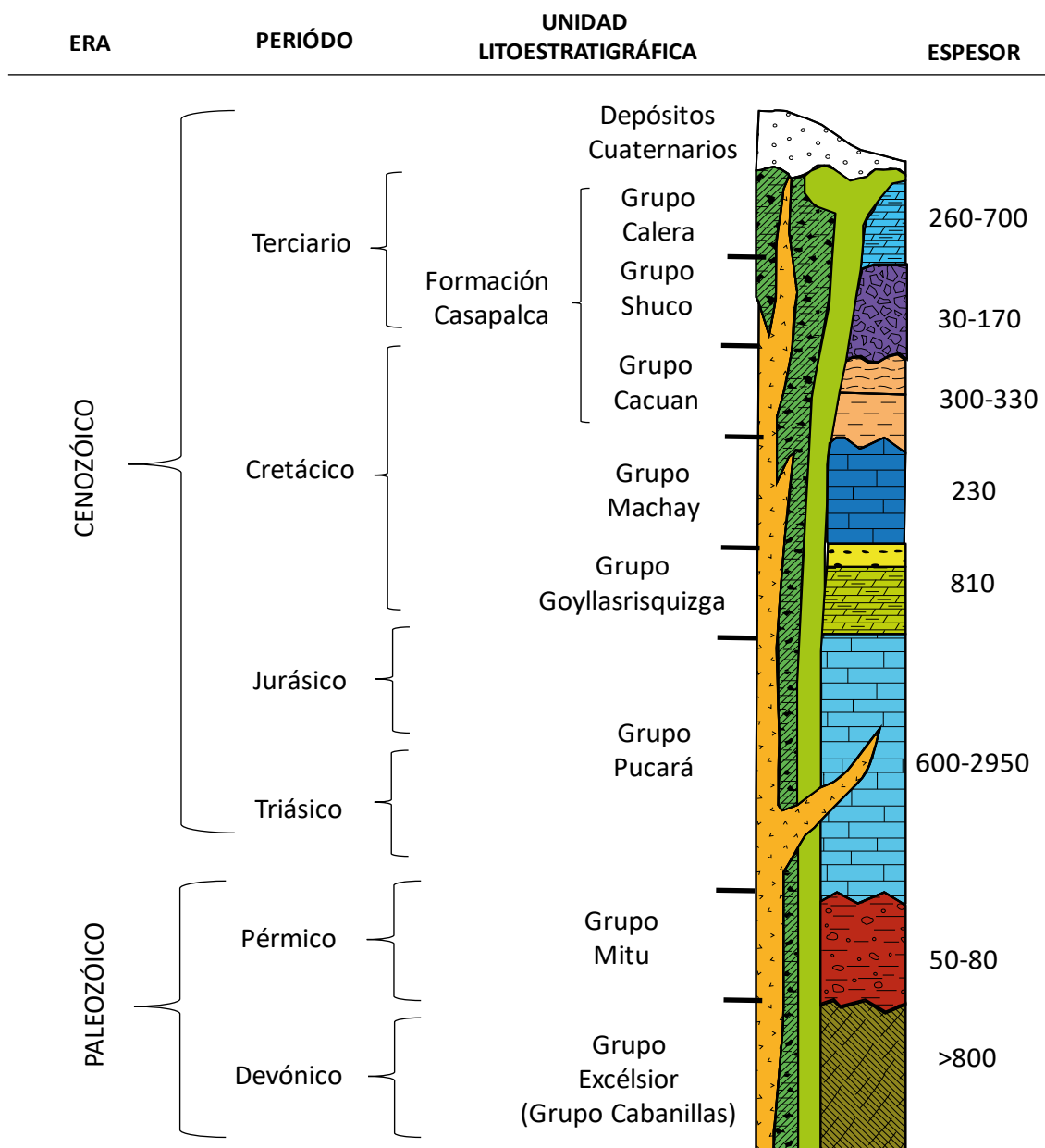


Figura 6.31. Columna estratigráfica que muestra las unidades litoestratigráficas en el ámbito de la UF Quicay

Fuente: Columna geológica del cinturón Quicay-Pacoyan

6.2.1.1. Geología local

Como se observa en la Figura 6.32, en el ámbito de influencia de la UF Quicay se encuentran depósitos cuaternarios consolidados y semiconsolidados; además, de afloramientos ígneos volcánicos porfíricos/tobaceos de naturaleza andesítica/dacita.

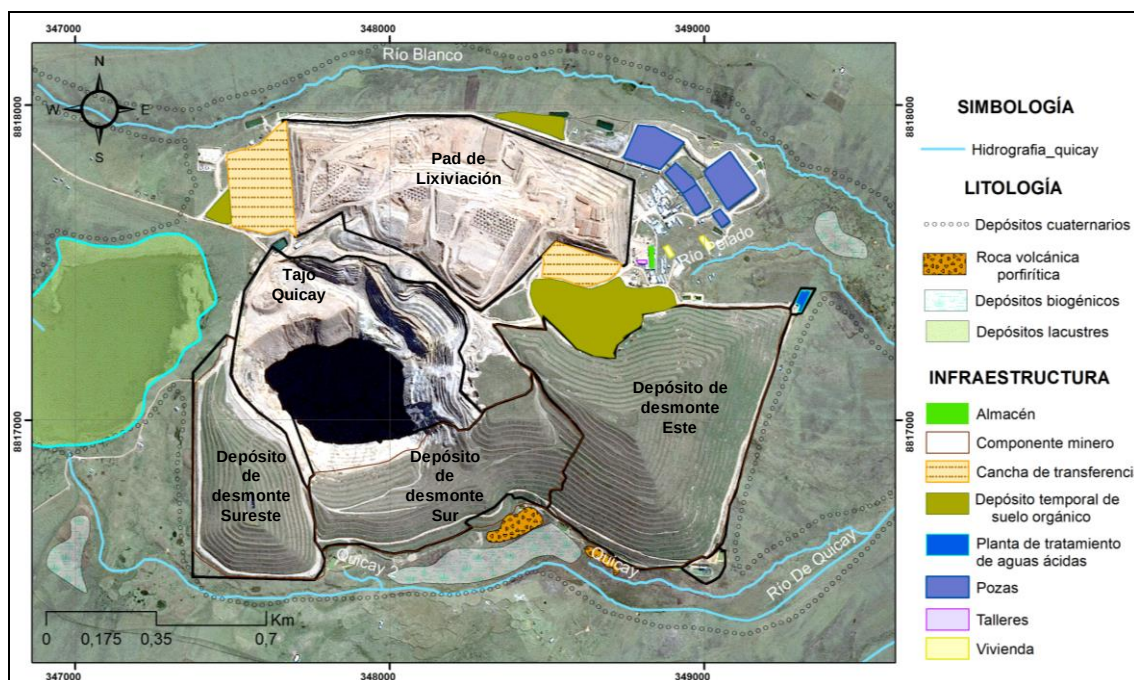


Figura 6.32. Plano geológico local de UF Quicay

a) Depósitos cuaternarios

Como se muestra en la Figura 6.33, los depósitos cuaternarios se encuentran aflorando hacia el oeste del botadero de desmonte Suroeste y tajo Quicay. Se encuentran constituidos por las siguientes secuencias: (A) cobertura vegetal, (B) depósitos cuaternarios, compuestos por gravas subangulosas heterolíticas con fragmentos menores a 3 cm y presencia de limos de coloración parda; y, (C) depósito cuaternario, compuesto por gravas heterolíticas subangulosas a angulosas cuyos tamaños son menores a 15 cm, envueltas en limos y arcillas de color amarillento.



Figura 6.33. Depósitos cuaternarios que afloran hacia el oeste del depósito de desmonte Suroeste y tajo Quicay (A: cobertura vegetal; B y C: depósitos cuaternarios)

La Figura 6.34 presenta los depósitos cuaternarios hacia el oeste del botadero de desmonte Suroeste; el cual se encuentra constituido por las siguientes secuencias: (A) cobertura vegetal y (B) depósitos cuaternarios compuestos por gravas subangulosas heterolíticas, de tamaños menor a 3 cm y presencia de limo de coloración parda.



Figura 6.34. Depósitos cuaternarios que afloran hacia el oeste del depósito de desmonte Suroeste (A: cobertura vegetal; B: depósito cuaternario)

Como se observa en la Figura 6.35, los depósitos cuaternarios hacia el sur del botadero de desmonte Suroeste; se encuentran constituidos por las siguientes secuencias: (A) cobertura vegetal, (B) depósito cuaternario, compuesto de gravilla heterolítica heterométrica parda; y, (C) depósitos cuaternarios, compuesto por gravas heterolíticas angulosas (<5 cm), envueltas por limos de color pardo amarillento y arcillas.



Figura 6.35. Afloramiento de rocas volcánicas porfiríticas ubicados hacia el sur del depósito de desmonte Suroeste (A: cobertura vegetal; B y C: depósitos cuaternarios)

b) Depósitos biogénicos

Los depósitos biogénicos se encuentran hacia el sur del botadero de desmonte Sur, Suroeste y Este. El material que la constituye son arcillas y limos biogénicos, con una cantidad variable de raíces y cobertura vegetal (Figura 6.36).



Figura 6.36. Afloramiento de depósitos biogénicos ubicados hacia el sur del depósito del Sur, Suroeste y Este

c) Depósitos lacustres

Estos depósitos se encuentran localizados en el ámbito de la laguna Quicay, y se trata de sistemas geomorfológicamente deprimidos que tienden a encharcarse. Están constituidos por sedimento gris oscuro, constituido por un 70 % de matriz predominantemente limosa, con escasa proporción de arena muy fina (Figura 6.37).



Figura 6.37. Afloramiento de depósito lacustre ubicado en la laguna Quicay

d) Rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita)

Estas rocas son de color gris por meteorización y pardo amarillento en roca fresca; posee una textura porfírica media a gruesa, con ojos de cuarzo entre 5 a 10 % y posee una alteración fílica-clorítica. Asimismo, los óxidos de hierro se encuentran en la matriz y planos de fractura; en tanto que, la mineralogía se encuentra representada por pirita disseminada y en microvenillas (Figura 6.38).

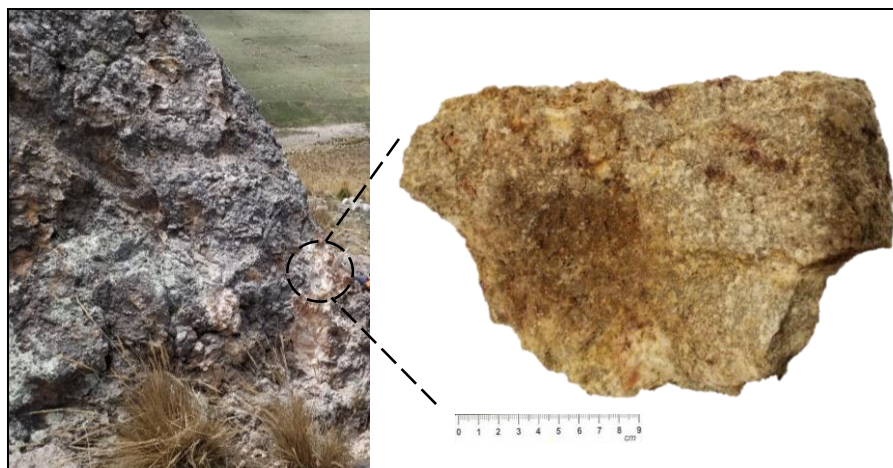


Figura 6.38. Afloramiento de rocas volcánicas porfíricas ubicados hacia el sur del depósito de desmonte Sur, Suroeste y Este

Estas rocas ocasionalmente poseen alteración argílica avanzada pervasiva; que consisten de cuarzo-alunita; estas arcillas reemplazaron a los feldespatos y ferromagnesianos de la roca original.

6.2.2. Resultados de caracterización geoquímica de rocas

Para la caracterización geoquímica se extrajeron muestras simples de afloramientos rocosos ígneos volcánicos (RQ-03, RQ-05, RQ-06 y RQ-07) y depósitos cuaternarios (RQ-01, RQ-02 y RQ-04) en el área de influencia de UF Quicay, cuyos parámetros fisicoquímicos se detallan a continuación:

6.2.2.1. Metales totales

En el ámbito de los depósitos cuaternarios de la UF Quicay, las muestras extraídas RQ-01, RQ-02 y RQ-04, muestran una mayor concentración de hierro, aluminio en comparación a los demás elementos mayores (Figura 6.39a). Respecto a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico que los demás metales (Figura 6.39b); en tanto que, los elementos traza se encuentran representados por el manganeso, bario, vanadio, estroncio, plomo, cobre y zinc en comparación a los otros analitos (Figura 6.39c). Cabe precisar, que los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

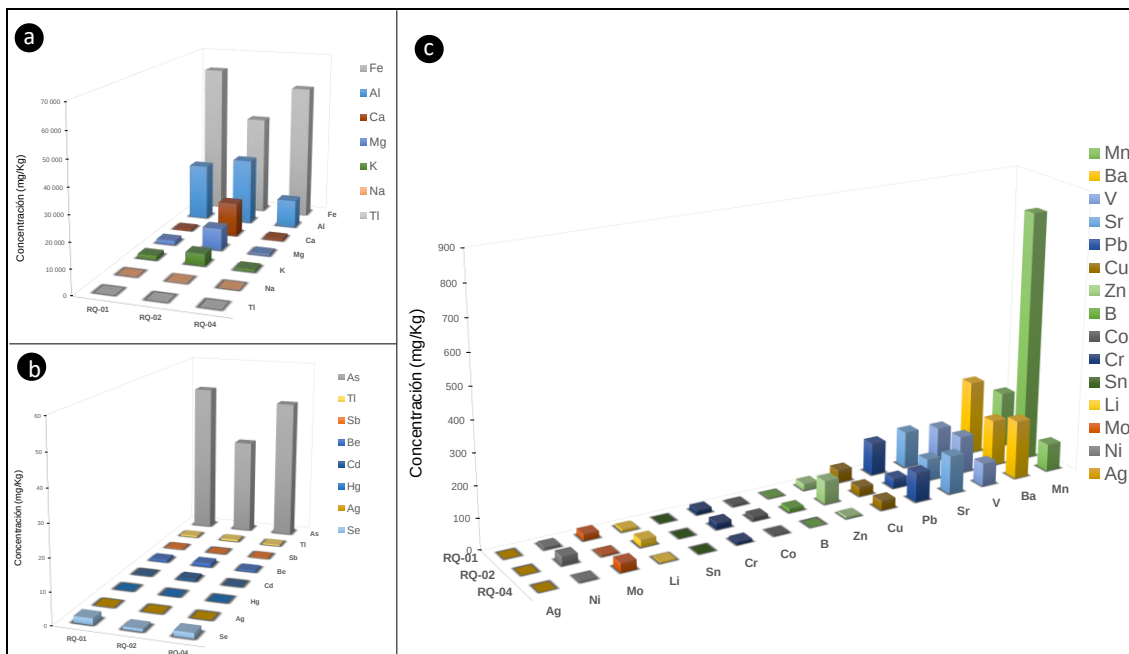


Figura 6.39. Metales totales en depósitos cuaternarios de la UF Quicay en **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

En el ámbito de los afloramientos rocosos ígneos volcánicos de la UF Quicay, las muestras extraídas RQ-03, RQ-05, RQ-06 y RQ-07, muestran una mayor concentración de hierro en comparación a los demás elementos mayores (Figura 6.40a). En cuanto a, los elementos menores, existe mayor predominancia de arsénico que los demás metales (Figura 6.40b); en tanto que, los elementos traza se encuentran representados por el bario, estroncio, plomo y vanadio en comparación a los otros analitos (Figura 6.40c). Señalar que, los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

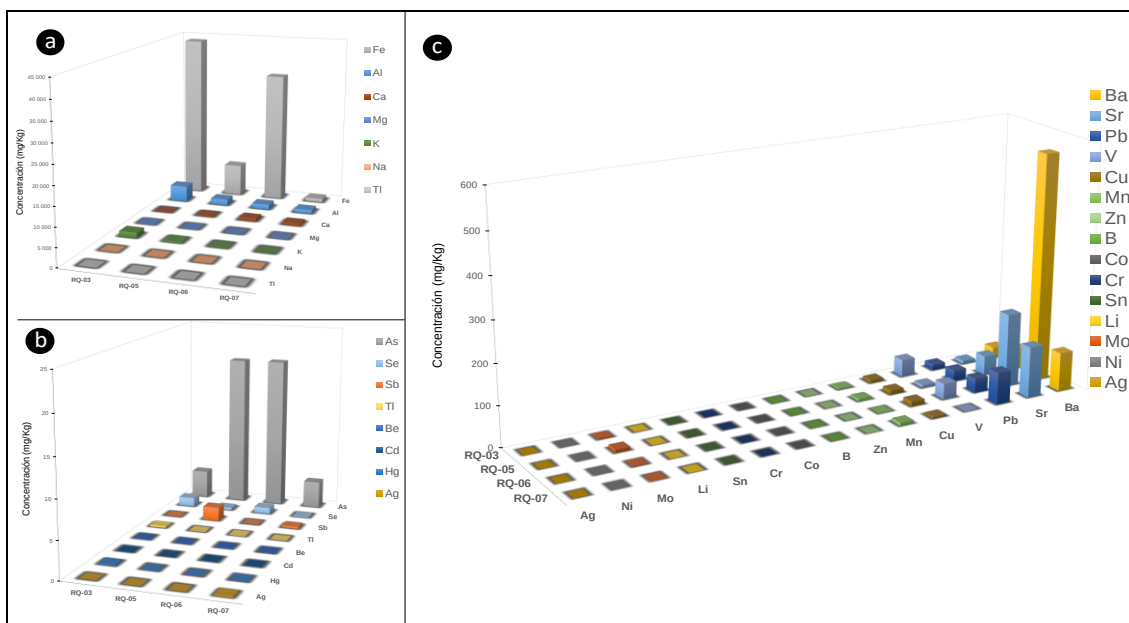


Figura 6.40. Metales totales en afloramiento rocoso de la UF Quicay en **a)** elementos mayores, **b)** elementos menores y **c)** elementos traza

Las concentraciones de metales totales de las muestras RQ-01 a RQ-07 comparadas con concentraciones de metales de la corteza terrestre, según Wedepohl (1984), muestran una tendencia de concentración similar. Sin embargo, existen elementos que sobrepasan estos valores como arsénico, cadmio, molibdeno, plomo y selenio (Figura 6.41).

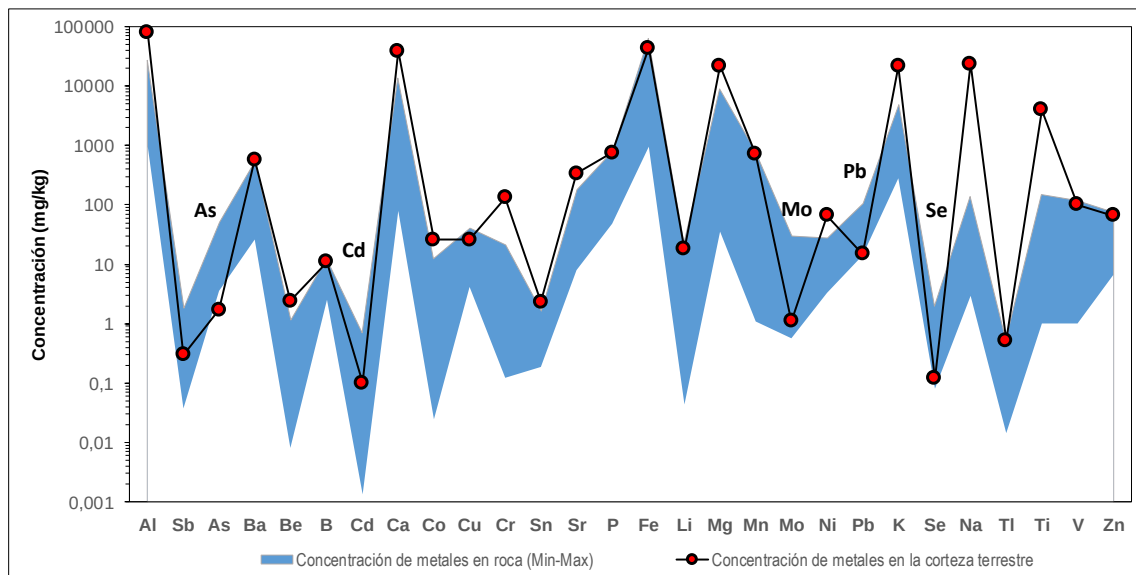


Figura 6.41. Comparación de las concentraciones de elementos mayores, menores y traza de las muestras RQ-01 a RQ-07, comparados con los valores de corteza continental propuesta por Wedepohl (1984)

6.2.2.2. Shake flask aniones-metales

Las rocas extraídas de la UF Quicay (RQ-01 a RQ-07) muestran una mayor movilidad de anión sulfatos en comparación a cloruros, nitratos y nitritos (Figura 6.42).

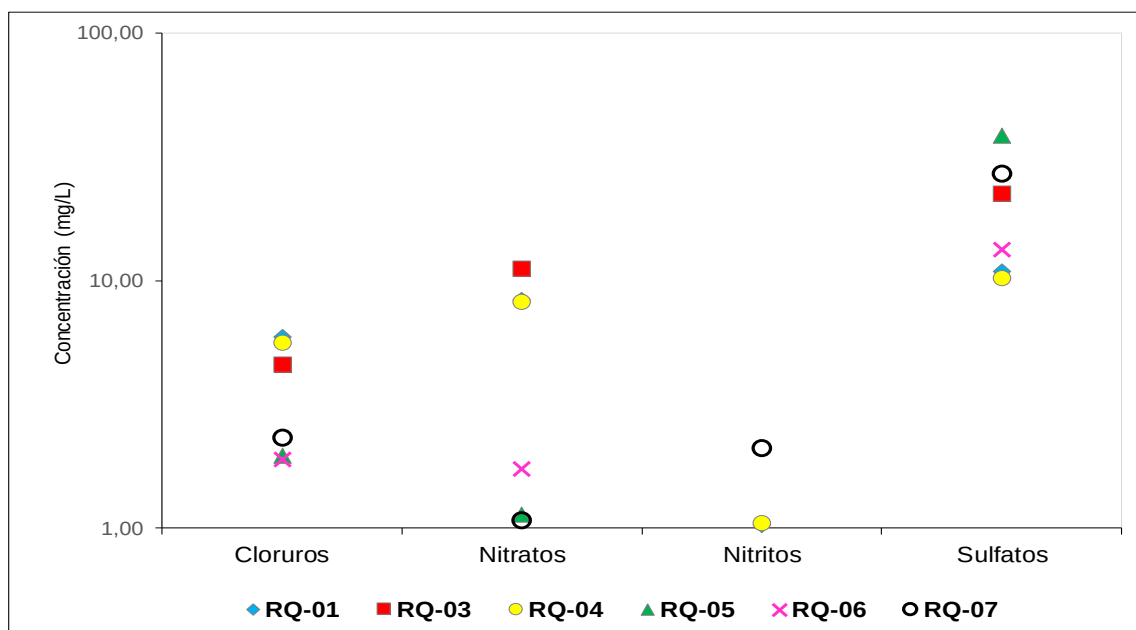


Figura 6.42. Shake flask aniones en la UF Quicay

La prueba *shake flask* en elementos mayores de las muestras RQ-01 y RQ-04 muestran una mayor movilidad de silicio dentro de los otros elementos (Figura 6.43a). En tanto, que para las muestras RQ-03, RQ-05, RQ-06 y RQ-07 muestran mayor concentración de potasio, calcio y silicio (Figura 6.43b).

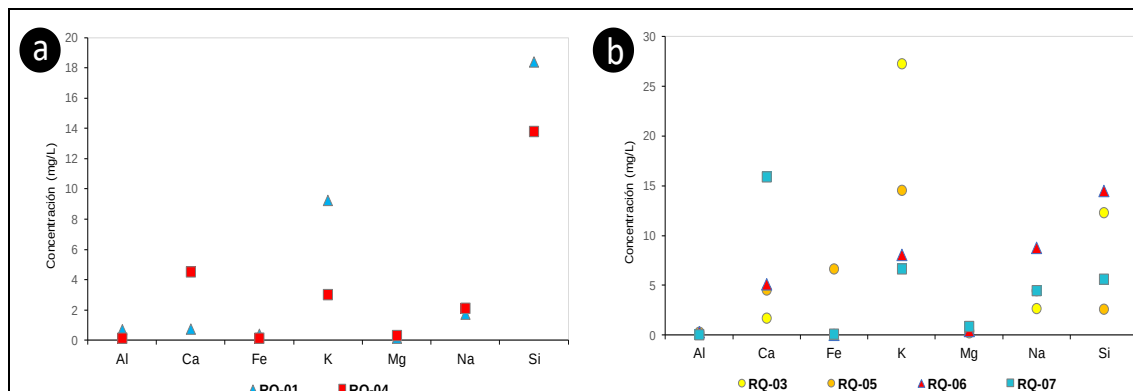


Figura 6.43. *Shake flask* metales de elementos mayores en la UF Quicay correspondiente a las muestras RQ-01 a RQ-07

Dentro de los elementos menores solo existe presencia de movilidad de arsénico en las muestras RQ-01, RQ-04, RQ-06 y RQ-07.

En cuanto a los elementos traza, existe mayor concentración de manganeso, bario y estroncio en las muestras RQ-01 y RQ-04 que los otros elementos (Figura 6.44a); en tanto que, en las muestras RQ-03, RQ-05, RQ-06 y RQ-07 muestran mayor movilidad de manganeso, bario y estroncio (Figura 6.44b).

Cabe precisar, que los metales que no se muestran en las figuras se encuentran por debajo del límite de detección de laboratorio.

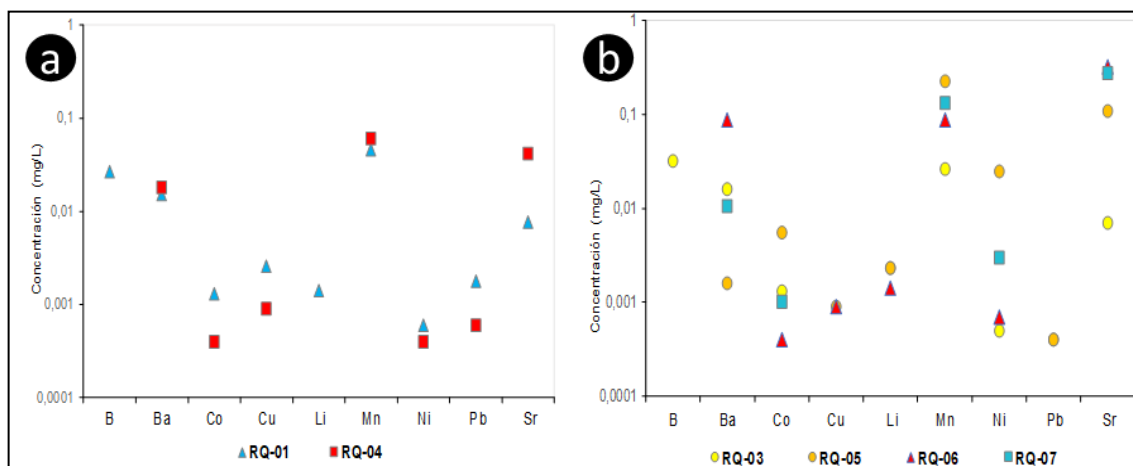


Figura 6.44. *Shake flask* metales de elementos traza en la UF Quicay correspondiente a las muestras de **a)** depósitos cuaternarios (RQ-01 y RQ-04) y **b)** afloramientos rocosos (RQ-03, RQ-05, RQ-06 y RQ-07)

6.2.2.3. Prueba ABA

Las muestras extraídas RQ-01 a RQ-07, según el primer y segundo criterio para evaluar la prueba estática de balance ácido-base (ABA), son potenciales generadores de acidez (Figura 6.45).

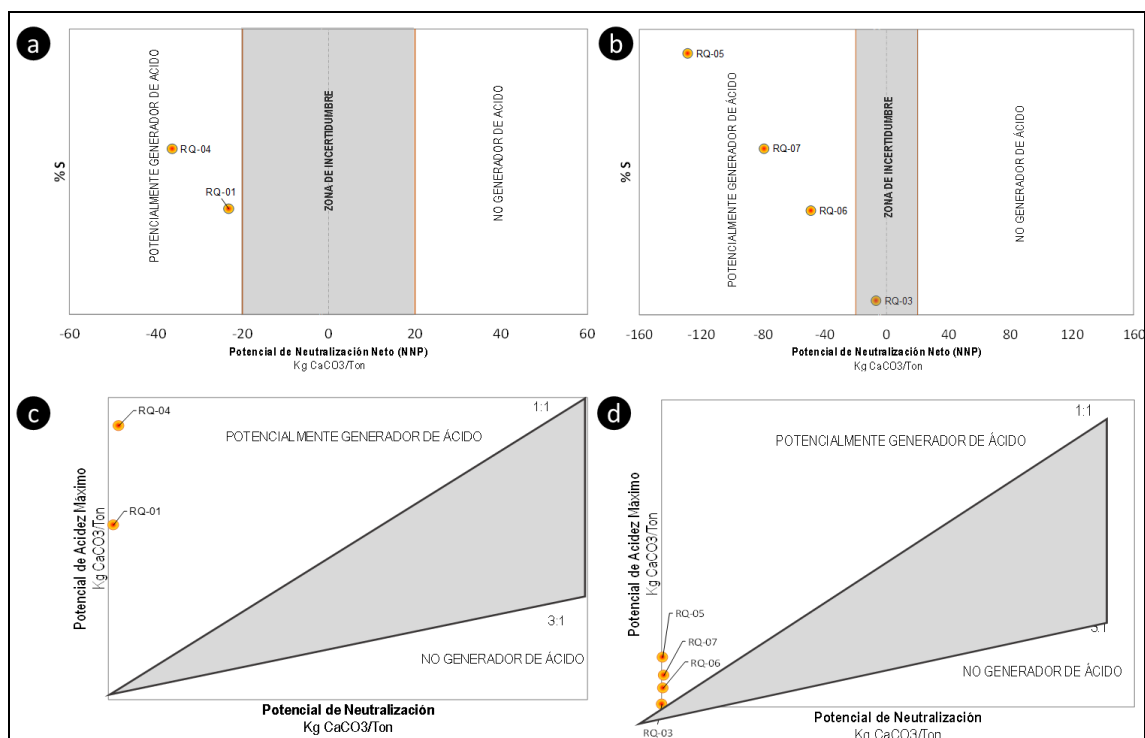


Figura 6.45. Prueba ABA en la UF Quicay correspondiente a las muestras RQ-01, RQ-03, RQ-04, RQ-05, RQ-06 y RQ-07, según el primer (a-b) y segundo criterio (c-d)

6.2.2.4. Extracción secuencial de metales mediante la metodología de Dold

Se realizó la extracción secuencial de metales mediante la metodología de especialización de Dold (2003), el análisis permite caracterizar la potencial movilidad y biodisponibilidad de 12 elementos presentes en RQ-03 y RQ-05.

Para la muestra RQ-03 (Figura 6.46), se puede observar que el calcio, hierro, aluminio, zinc, plomo, níquel, cromo, cobre y arsénico se encuentran en todas las fracciones. En tanto que, el calcio, hierro, aluminio, zinc, plomo, níquel, cromo, cobre, cobalto, arsénico se encuentra en la fracción 2 (intercambiable) y calcio, hierro, aluminio, zinc, níquel y cobre se encuentran en la fracción 1 (soluble en agua).

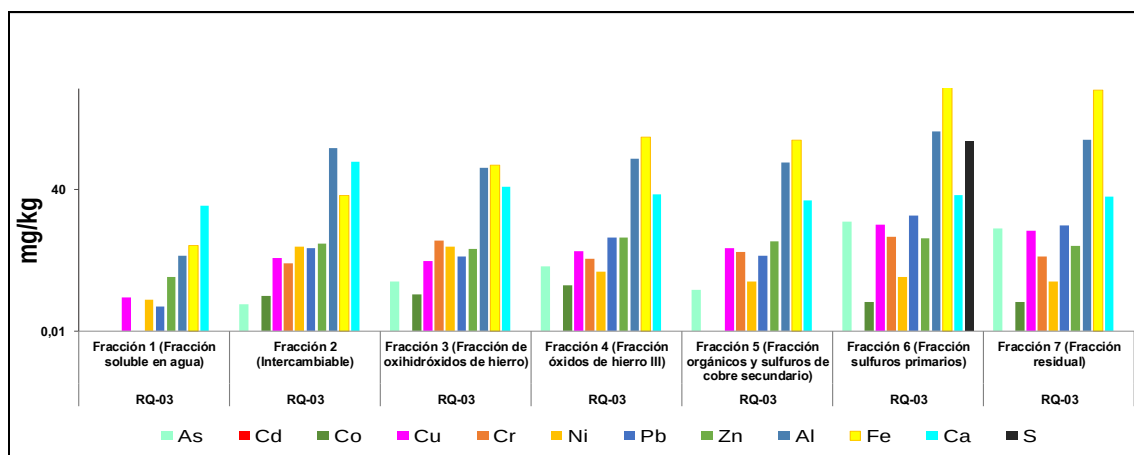


Figura 6.46. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra RQ-03 de la UF Quicay

Según la Figura 6.47, la muestra RQ-05 presenta al calcio, hierro, aluminio, zinc, plomo, níquel, cromo, cobre, arsénico en todas las fracciones, mostrando mayor concentración en la fracción 6 (sulfuros primarios) y fracción 7 (fracción residual). Mientras que, el calcio, hierro, aluminio, zinc, plomo, níquel, cromo, cobre y arsénico se encuentra en la fracción 2 (intercambiable) y calcio, hierro, aluminio, zinc, plomo, níquel, cromo, cobre y arsénico en la fracción en la fracción 1 (solubles en agua).

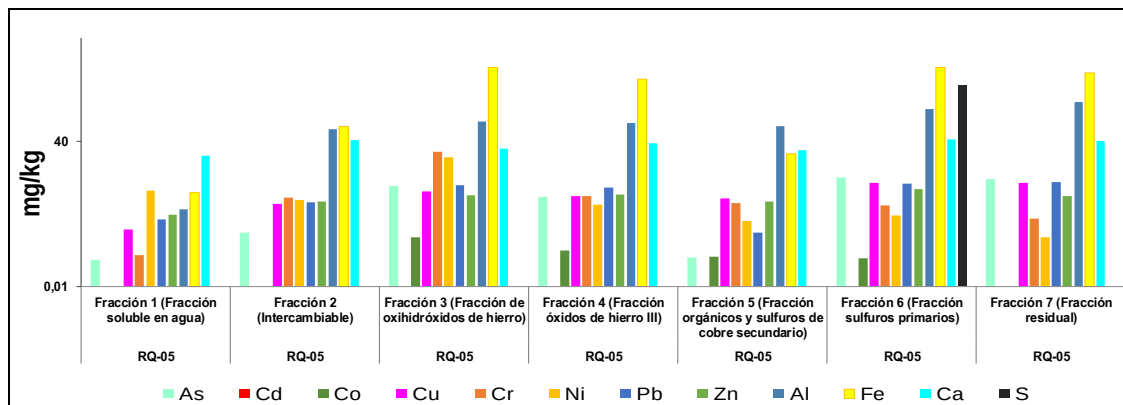


Figura 6.47. Extracción secuencial de metales según Dold de la muestra RQ-05 de la UF Quicay

6.2.2.5. Estudio petrominerográfico por microscopía óptica

La muestra RQ-05 corresponde a una roca porfírica con alteración argílica avanzada. Roca fuertemente alterada, compacta de color gris pardusco con tonos rojizos a amarillentos. Presenta moldes de posibles feldespatos rellenos por alunita y cuarzo secundario; en una matriz completamente silicificada. Además, la muestra presenta óxidos de hierro como impregnaciones y relleno de fracturas y cavidades (Figura 6.48).

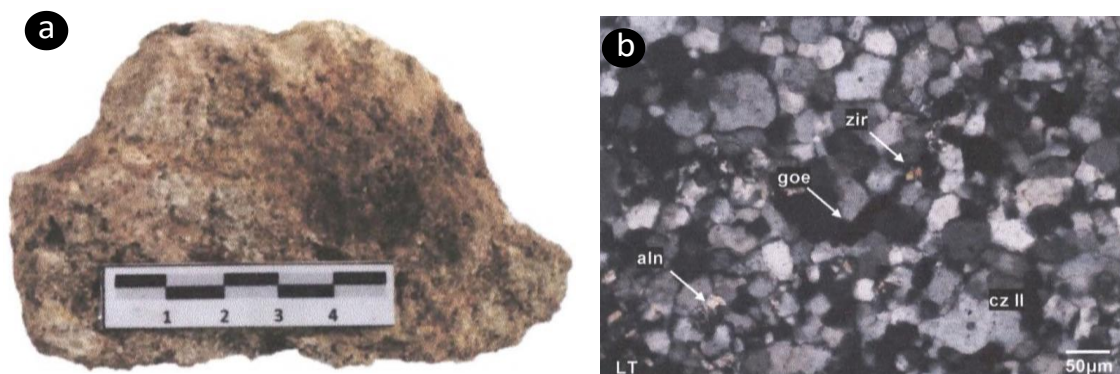


Figura 6.48. Estudio petrominerográfico por microscopía óptica de la muestra RQ-05 en la UF Quicay. a) Vista macroscópica de roca porfírica con alteración argílica avanzada, y b) vista microscópica de roca porfírica con matriz completamente reemplazada por agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II), con cristales de zircón (zir), alunita (aln) y goethita (goe) entre sus intersticios

La muestra RQ-07, corresponde a una toba con alteración argílica avanzada, compacta de color gris pardusco con tonos blanquecinos. Presenta fragmentos de roca, moldes de posibles feldespatos rellenos por alunita y cuarzo secundario; también se observan

escasos fragmentos de cristales de cuarzo primario; en una matriz silicificada. Además, la muestra presenta impregnaciones de arcillas y óxidos de hierro (Figura 6.49).

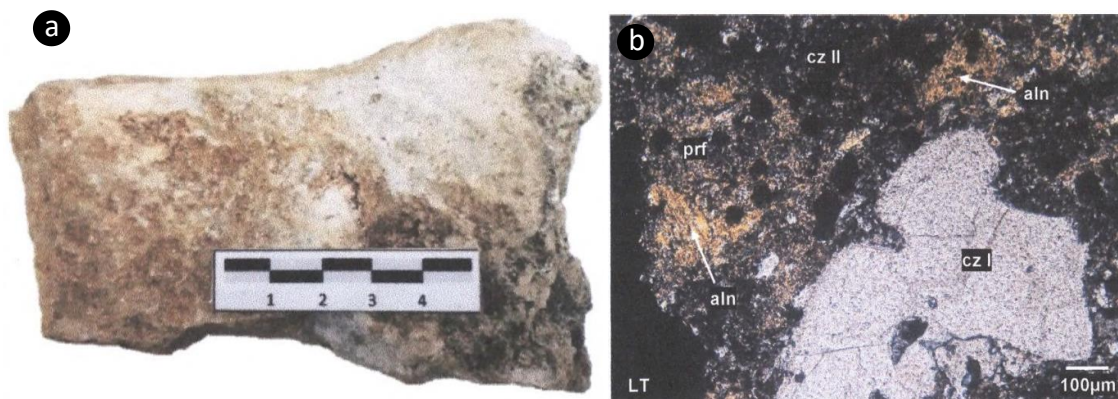


Figura 6.49. Estudio petromineralográfico por microscopía óptica de la muestra RQ-05 en la UF Quicay. a) Vista macroscópica de toba con alteración argílica avanzada, y b) vista microscópica de roca con fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I); en una matriz reemplazada completamente por agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II), posteriormente invadida por cristales de alunita (aln) y por agregados microescamosos de pirofilita (prf)

6.2.2.6. Análisis mineralógico por difracción de rayos X

Según la Tabla 6.3, las muestra RQ-01, RQ-03 y RQ-07 muestran mayor porcentaje de cuarzo. Seguidamente de mica/muscovita (27 %) en RQ-03 y alunita (14 %) en RQ-07.

Tabla 6.3. Análisis mineralógico por difracción de rayos X en las muestras RQ-01, RQ-03 y RQ-07

Código			RQ-01	RQ-03	RQ-07
Nombre del mineral	Formula general	Unidad			
Cuarzo	SiO ₂	%	72	59	68
Pirofilita	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	%	--	--	7
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	%	11	9	--
Goethita	FeO(OH)	%	8	--	--
Alunita	(K,Na)Al ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	%	7	< L.D.	14
Mica (Muscovita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	%	--	27	--
Hematita	Fe ₂ O ₃	%	--	2	--
Rutilo	TiO ₂	%	< L.D.	< L.D.	< L.D.
Diáspora	AlO(OH)	%	--	--	9

Fuente: Informes de ensayo BIZALAB S.A.C.

< L.D.: Mineral identificado cuya cuantificación está por debajo del 1 %

(--): No existe dato

6.3. Objetivo específico 3: Establecer la influencia de los contaminantes en los receptores ambientales agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, flora y fauna en el área de influencia directa de la unidad fiscalizable Quicay

6.3.1. Agua Superficial

El muestreo de agua superficial se realizó del 5 al 16 de octubre de 2020. Se muestreó un total de 13 puntos, de los cuales un punto corresponde a una quebrada sin nombre



(P-12), 2 puntos se encuentran ubicados en la laguna Quicay (LQuic2 y LQ-1), 5 puntos se encuentran ubicados en el río Quicay (RQ-1, RQuic6, RQuic7, RQ-2 y RQuic5), un punto corresponde a una quebrada aportante al río Quicay (QQuic3), 3 puntos se encuentran ubicados en el río Blanco y un punto ubicado en la poza Lucas del río Pelado (RP-1).

Para la evaluación de la calidad de agua superficial se comparó con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales y categoría 4: lagunas y lagos, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM (en adelante, ECA para Agua Cat.3-2008 y ECA para Agua Cat.4-2008 respectivamente); así mismo, se realizó la comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales y categoría 4: lagunas y lagos, aprobados según el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM (en adelante, ECA para Agua Cat.3-2015 y ECA para Agua Cat.4-2015 respectivamente).

A continuación, se presenta los resultados más relevantes de la evaluación de la calidad de agua superficial comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008 y Cat.4-2008, primeramente, lo que corresponde a los parámetros medidos en campo, así como también los parámetros evaluados que se encuentran fuera del rango, por debajo o superan los estándares establecidos; tal como se muestran desde la Tabla 6.4 hasta la Tabla 6.9. Los resultados de todos los parámetros evaluados se encuentran en el reporte de resultados N.º RRE-045-2020-STEC, que se presentan en los Anexos 7.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.4.** Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Ud. de pH	µS/cm	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	9,6	7,50	250	4,68
RQ-1	12/10/2020	11:40	18,6	8,52	203,1	8,22
RQuic6	15/10/2020	09:10	8,0	7,24	228	6,20
RQuic7	15/10/2020	10:50	6,8	7,67	242	6,10
QQuic3	15/10/2020	13:20	11,7	6,96	750	6,03
RQ-2	15/10/2020	14:40	10,6	7,32	1346	6,60
RBlan2	13/10/2020	14:15	12,9	7,49	920	8,75
RBlan3	14/10/2020	12:00	10,1	7,55	702	8,92
RP-1	13/10/2020	16:00	1,7	4,20	983	6,28
RB-2	14/10/2020	13:30	12,7	7,6	971	8,92
RQuic5	15/10/2020	15:35	11,3	7,49	1288	6,89
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	**	6,5 - 8,5	<2000	>=4
		Bebida de animales	**	6,5 - 8,4	<=5000	>5

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Bebida de animales.

** : No aplica

Tabla 6.5. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Ud. de pH	µS/cm	mg/L
LQuic2	12/10/2020	10:20	13,1	8,53	204,6	6,76
LQ-1	12/10/2020	13:00	14,5	10,15	112,5	10,22
ECA para Agua - Categoría 4		Lagunas y lagos	**	6,5 - 8,5	**	≥5

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 4: Lagunas y lagos.

** : No aplica

Tabla 6.6. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cianuro wad	Cromo hexavalente	Bicarbonatos	Carbonatos	Cloruros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO3	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	< 0,001	< 0,008	142	< 5,00	0,52
RQ-1	12/10/2020	11:40	< 0,001	< 0,008	108	6,00	< 0,50
RQuic6	15/10/2020	09:10	< 0,001	< 0,008	136	< 5,00	< 0,50
RQuic7	15/10/2020	10:50	< 0,001	< 0,008	130	< 5,00	0,64
QQuic3	15/10/2020	13:20	< 0,001	< 0,008	7,00	< 5,00	2,75
RQ-2	15/10/2020	14:40	< 0,001	< 0,008	36,1	< 5,00	2,51
RBlan2	13/10/2020	14:15	< 0,001	< 0,008	84,2	< 5,00	5,90
RBlan3	14/10/2020	12:00	< 0,001	< 0,008	106	< 5,00	3,19
RP-1	13/10/2020	16:00	< 0,001	< 0,008	< 5,00	< 5,00	2,46
RB-2	14/10/2020	13:30	< 0,001	< 0,008	26,1	< 5,00	3,68
RQuic5	15/10/2020	15:35	< 0,001	< 0,008	33,1	< 5,00	2,63
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	0,1	0,1	370	5	100 - 700
		Bebida de animales	0,1	1	**	**	**

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

** : No aplica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Continuación de la Tabla 6.6

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Fluoruros	Fosfatos	Nitratos	Nitritos	Sulfatos
			mg/L	mg/L PO4-P	mg/L N-NO3	mg/L N-NO2	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	0,16	< 0,49	< 0,11	< 0,05	1,9
RQ-1	12/10/2020	11:40	0,11	< 0,49	< 0,11	< 0,05	2,3
RQuic6	15/10/2020	09:10	0,12	< 0,49	< 0,11	< 0,05	2,0
RQuic7	15/10/2020	10:50	0,11	< 0,49	0,16	< 0,05	5,8
QQuic3	15/10/2020	13:20	0,24	< 0,49	2,71	< 0,05	410
RQ-2	15/10/2020	14:40	0,53	< 0,49	9,96	0,10	699
RBlan2	13/10/2020	14:15	0,22	< 0,49	18,1	0,08	322
RBlan3	14/10/2020	12:00	0,21	< 0,49	6,50	0,06	212
RP-1	13/10/2020	16:00	0,56	< 0,49	1,58	< 0,05	558
RB-2	14/10/2020	13:30	0,53	< 0,49	7,44	0,05	496
RQuic5	15/10/2020	15:35	0,52	< 0,49	9,72	0,11	680
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	1	1	10	0,06	300
		Bebida de animales	2	**	50	1	500

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

** : No aplica

Tabla 6.7. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Sólidos Totales Disueltos (STD)	Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	Cromo hexavalente	Nitratos
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L N-NO3
LQuic2	12/10/2020	10:20	134	3,00	< 0,008	< 0,11
LQ-1	12/10/2020	13:00	78,0	< 2,00	< 0,008	0,16
ECA para Agua - Categoría 4		Lagunas y lagos	500	≤ 25	0,05	5

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.8.** Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Berilio Total	Boro Total	Cadmio Total	Calcio Total	Cobalto Total	Cobre Total	Hierro Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	0,161	0,00415	0,0325	0,00001	0,005	0,00004	52	0,00018	0,0014	0,28
RQ-1	12/10/2020	11:40	0,090	0,00267	0,0222	< 0,00001	0,006	0,00002	42	0,00006	0,0013	0,12
RQuic6	15/10/2020	09:10	0,023	0,00192	0,0195	< 0,00001	< 0,002	< 0,00001	48	0,00007	0,0018	0,10
RQuic7	15/10/2020	10:50	0,033	0,00309	0,0224	< 0,00001	< 0,002	0,00003	47	0,00034	0,0026	0,73
QQuic3	15/10/2020	13:20	0,827	0,00022	0,0256	< 0,00001	0,002	0,00241	144	0,01412	0,0083	1,4
RQ-2	15/10/2020	14:40	0,145	0,00030	0,0300	< 0,00001	< 0,002	0,00081	295	0,00239	0,0042	0,45
RBlan2	13/10/2020	14:15	0,209	0,00083	0,0131	< 0,00001	0,004	0,00005	105	0,00442	0,0162	0,09
RBlan3	14/10/2020	12:00	0,140	0,00075	0,0240	< 0,00001	< 0,002	0,00007	78	0,00143	0,0088	0,06
RP-1	13/10/2020	16:00	7,37	0,00019	0,0162	0,00025	0,004	0,00241	150	0,02514	0,0489	0,92
RB-2	14/10/2020	13:30	0,219	0,00066	0,0200	0,00002	0,002	0,00165	157	0,01375	0,0111	1,2
RQuic5	15/10/2020	15:35	0,107	0,00030	0,0291	< 0,00001	0,003	0,00075	278	0,00228	0,0051	< 0,03
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	5	0,05	0,7	**	0,5 - 6	0,005	200	0,05	0,2	1
		Bebida de animales	5	0,1	**	0,1	5	0,01	**	1	0,5	1

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

**: No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Continuación de la Tabla 6.8

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Litio Total	Magnesio Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plata Total	Plomo Total	Selenio Total	Sodio Total	Zinc Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	0,0004	1,40	0,07342	0,000133	< 0,0009	< 0,00006	0,00210	0,00007	0,96	0,003
RQ-1	12/10/2020	11:40	0,0002	0,640	0,00582	0,000111	< 0,0009	< 0,00006	0,00105	< 0,00004	1,6	0,004
RQuic6	15/10/2020	09:10	< 0,0001	< 0,001	0,00922	< 0,000070	0,0012	< 0,00006	0,00022	< 0,00004	< 0,01	0,011
RQuic7	15/10/2020	10:50	< 0,0001	< 0,001	0,05201	< 0,000070	< 0,0009	< 0,00006	0,00032	< 0,00004	0,50	0,009
QQuic3	15/10/2020	13:20	0,0011	5,94	0,82070	< 0,000070	0,0055	< 0,00006	0,00009	0,00022	4,8	0,049
RQ-2	15/10/2020	14:40	0,0007	4,51	0,25326	< 0,000070	0,0014	< 0,00006	0,00006	0,00087	3,0	0,005
RBlan2	13/10/2020	14:15	0,0001	3,04	0,01045	< 0,000070	0,0010	< 0,00006	0,00009	0,00145	86	< 0,002
RBlan3	14/10/2020	12:00	0,0001	2,39	0,01158	< 0,000070	< 0,0009	< 0,00006	0,00013	0,00063	57	< 0,002
RP-1	13/10/2020	16:00	0,0009	7,14	0,70854	0,000124	0,0088	0,00022	0,00027	0,00041	17	0,054
RB-2	14/10/2020	13:30	0,0015	6,25	0,56542	< 0,000070	0,0075	< 0,00006	0,00016	0,00099	33	0,026
RQuic5	15/10/2020	15:35	0,0008	7,66	0,17142	0,000452	0,0020	< 0,00006	< 0,00006	0,00089	8,0	0,004
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	2,5	150	0,2	0,001	0,2	0,05	0,05	0,05	200	2
		Bebida de animales	2,5	150	0,2	0,001	0,2	0,05	0,05	0,05	**	24

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

**: No aplica

Tabla 6.9. Resultados de parámetros evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.4-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cobre Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plomo Total	Zinc Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
LQuic2	12/10/2020	10:20	0,00294	0,0260	0,00002	0,0011	0,000123	< 0,0009	0,00247	0,009
LQ-1	12/10/2020	13:00	0,00310	0,0111	0,00002	0,0023	0,000109	< 0,0009	0,00083	0,003
ECA para Agua - Categoría 4		Lagunas y lagos	0,01	0,7	0,004	0,02	0,0001	0,025	0,001	0,03

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 4: Lagunas y lagos.

**: No aplica



En esta parte se presenta los resultados más relevantes de la evaluación de la calidad de agua superficial comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015 y Cat.4-2015, primeramente, lo que corresponde a los parámetros medidos en campo, así como también los parámetros evaluados que se encuentran fuera del rango, por debajo o superan los estándares establecidos; tal como se muestran desde la Tabla 6.10 hasta la Tabla 6.15. Los resultados de todos los parámetros evaluados se encuentran en los Anexos 4 y 7.

Tabla 6.10. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Ud. de pH	µS/cm	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	9,6	7,50	250	4,68
RQ-1	12/10/2020	11:40	18,6	8,52	203,1	8,22
RQuic6	15/10/2020	09:10	8,0	7,24	228	6,20
RQuic7	15/10/2020	10:50	6,8	7,67	242	6,10
QQuic3	15/10/2020	13:20	11,7	6,96	750	6,03
RQ-2	15/10/2020	14:40	10,6	7,32	1346	6,60
RBlan2	13/10/2020	14:15	12,9	7,49	920	8,75
RBlan3	14/10/2020	12:00	10,1	7,55	702	8,92
RP-1	13/10/2020	16:00	1,7	4,20	983	6,28
RB-2	14/10/2020	13:30	12,7	7,6	971	8,92
RQuic5	15/10/2020	15:35	11,3	7,49	1288	6,89
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	Δ3	6,5 - 8,5	2500	4*
		Bebida de animales	Δ3	6,5 - 8,4	5000	5*

* : Valor mínimo

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Bebida de animales.

**Tabla 6.11.** Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Unid. de pH	µS/cm	mg/L
LQuic2	12/10/2020	10:20	13,1	8,53	204,6	6,76
LQ-1	12/10/2020	13:00	14,5	10,15	112,5	10,22
ECA para Agua - Categoría 4		Riego de vegetales	Δ3	6,5 - 9,0	1000	≥5

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 4: Lagunas y lagos.

Tabla 6.12. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cianuro wad	Cromo hexavalente	Bicarbonatos	Carbonatos	Cloruros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO3	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	< 0,001	< 0,008	142	< 5,00	0,52
RQ-1	12/10/2020	11:40	< 0,001	< 0,008	108	6,00	< 0,50
RQuic6	15/10/2020	09:10	< 0,001	< 0,008	136	< 5,00	< 0,50
RQuic7	15/10/2020	10:50	< 0,001	< 0,008	130	< 5,00	0,64
QQuic3	15/10/2020	13:20	< 0,001	< 0,008	7,00	< 5,00	2,75
RQ-2	15/10/2020	14:40	< 0,001	< 0,008	36,1	< 5,00	2,51
RBlan2	13/10/2020	14:15	< 0,001	< 0,008	84,2	< 5,00	5,90
RBlan3	14/10/2020	12:00	< 0,001	< 0,008	106	< 5,00	3,19
RP-1	13/10/2020	16:00	< 0,001	< 0,008	< 5,00	< 5,00	2,46
RB-2	14/10/2020	13:30	< 0,001	< 0,008	26,1	< 5,00	3,68
RQuic5	15/10/2020	15:35	< 0,001	< 0,008	33,1	< 5,00	2,63
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	0,1	**	518	**	500
		Bebida de animales	0,1	**	**	**	**

** : No aplica

Continuación de la Tabla 6.12

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Fluoruros	Fosfatos	Nitratos	Nitritos	Sulfatos
			mg/L	mg/L PO4-P	mg/L N-NO3	mg/L N-NO2	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	0,16	< 0,49	< 0,11	< 0,05	1,9
RQ-1	12/10/2020	11:40	0,11	< 0,49	< 0,11	< 0,05	2,3
RQuic6	15/10/2020	09:10	0,12	< 0,49	< 0,11	< 0,05	2,0
RQuic7	15/10/2020	10:50	0,11	< 0,49	0,16	< 0,05	5,8
QQuic3	15/10/2020	13:20	0,24	< 0,49	2,71	< 0,05	410
RQ-2	15/10/2020	14:40	0,53	< 0,49	9,96	0,10	699
RBlan2	13/10/2020	14:15	0,22	< 0,49	18,1	0,08	322
RBlan3	14/10/2020	12:00	0,21	< 0,49	6,50	0,06	212
RP-1	13/10/2020	16:00	0,56	< 0,49	1,58	< 0,05	558
RB-2	14/10/2020	13:30	0,53	< 0,49	7,44	0,05	496

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Fluoruros	Fosfatos	Nitratos	Nitritos	Sulfatos
			mg/L	mg/L PO4-P	mg/L N-NO3	mg/L N-NO2	mg/L
RQuic5	15/10/2020	15:35	0,52	< 0,49	9,72	0,11	680
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	1	**	**	10	1000
		Bebida de animales	**	**	**	10	1000

**: No aplica

Tabla 6.13. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas superficiales (laguna) comparados con los ECA para Agua Cat.4-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Sólidos Totales Disueltos (STD)	Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	Cromo hexavalente	Nitratos
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L NO3
LQuic2	12/10/2020	10:20	134	3,00	< 0,008	< 0,20
LQ-1	12/10/2020	13:00	78,0	< 2,00	< 0,008	0,70
ECA para Agua - Categoría 4		Riego de vegetales	**	≤ 25	0,011	13

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.14.** Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.3-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Berilio Total	Boro Total	Cadmio Total	Cobalto Total	Cobre Total	Cromo Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	0,161	0,00415	0,0325	0,00001	0,005	0,00004	0,00018	0,0014	< 0,001
RQ-1	12/10/2020	11:40	0,090	0,00267	0,0222	< 0,00001	0,006	0,00002	0,00006	0,0013	< 0,001
RQuic6	15/10/2020	09:10	0,023	0,00192	0,0195	< 0,00001	< 0,002	< 0,00001	0,00007	0,0018	< 0,001
RQuic7	15/10/2020	10:50	0,033	0,00309	0,0224	< 0,00001	< 0,002	0,00003	0,00034	0,0026	< 0,001
QQuic3	15/10/2020	13:20	0,827	0,00022	0,0256	< 0,00001	0,002	0,00241	0,01412	0,0083	< 0,001
RQ-2	15/10/2020	14:40	0,145	0,00030	0,0300	< 0,00001	< 0,002	0,00081	0,00239	0,0042	< 0,001
RBlan2	13/10/2020	14:15	0,209	0,00083	0,0131	< 0,00001	0,004	0,00005	0,00442	0,0162	0,003
RBlan3	14/10/2020	12:00	0,140	0,00075	0,0240	< 0,00001	< 0,002	0,00007	0,00143	0,0088	< 0,001
RP-1	13/10/2020	16:00	7,37	0,00019	0,0162	0,00025	0,004	0,00241	0,02514	0,0489	< 0,001
RB-2	14/10/2020	13:30	0,219	0,00066	0,0200	0,00002	0,002	0,00165	0,01375	0,0111	< 0,001
RQuic5	15/10/2020	15:35	0,107	0,00030	0,0291	< 0,00001	0,003	0,00075	0,00228	0,0051	< 0,001
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	5	0,1	0,7	0,1	1	0,01	0,05	0,2	0,1
		Bebida de animales	5	0,2	**	0,1	5	0,05	1	0,5	1

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

**: No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Continuación de la Tabla 6.14

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Hierro Total	Litio Total	Magnesio Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plomo Total	Selenio Total	Zinc Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P-12	12/10/2020	09:00	0,28	0,0004	1,40	0,07342	0,000133	< 0,0009	0,00210	0,00007	0,003
RQ-1	12/10/2020	11:40	0,12	0,0002	0,640	0,00582	0,000111	< 0,0009	0,00105	< 0,00004	0,004
RQuic6	15/10/2020	09:10	0,10	< 0,0001	< 0,001	0,00922	< 0,000070	0,0012	0,00022	< 0,00004	0,011
RQuic7	15/10/2020	10:50	0,73	< 0,0001	< 0,001	0,05201	< 0,000070	< 0,0009	0,00032	< 0,00004	0,009
QQuic3	15/10/2020	13:20	1,4	0,0011	5,94	0,82070	< 0,000070	0,0055	0,00009	0,00022	0,049
RQ-2	15/10/2020	14:40	0,45	0,0007	4,51	0,25326	< 0,000070	0,0014	0,00006	0,00087	0,005
RBlan2	13/10/2020	14:15	0,09	0,0001	3,04	0,01045	< 0,000070	0,0010	0,00009	0,00145	< 0,002
RBlan3	14/10/2020	12:00	0,06	0,0001	2,39	0,01158	< 0,000070	< 0,0009	0,00013	0,00063	< 0,002
RP-1	13/10/2020	16:00	0,92	0,0009	7,14	0,70854	0,000124	0,0088	0,00027	0,00041	0,054
RB-2	14/10/2020	13:30	1,2	0,0015	6,25	0,56542	< 0,000070	0,0075	0,00016	0,00099	0,026
RQuic5	15/10/2020	15:35	< 0,03	0,0008	7,66	0,17142	0,000452	0,0020	< 0,00006	0,00089	0,004
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	5	2,5	**	0,2	0,001	0,2	0,05	0,02	2
		Bebida de animales	**	2,5	250	0,2	0,01	1	0,05	0,05	24

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

**: No aplica

Tabla 6.15. Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas superficiales comparados con los ECA para Agua Cat.4-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Antimonio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cobre Total	Fósforo Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
LQuic2	12/10/2020	10:20	0,00122	0,00294	0,0260	0,00002	0,0011	0,031
LQ-1	12/10/2020	13:00	0,00091	0,00310	0,0111	0,00002	0,0023	0,040
ECA para Agua - Categoría 4		Riego de vegetales	0,61	0,15	0,7	0,00025	0,1	0,035

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 4: Lagunas y lagos.

Continuación de la Tabla 6.15

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Mercurio Total	Níquel Total	Plomo Total	Selenio Total	Talio Total	Zinc Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
LQuic2	12/10/2020	10:20	0,000123	< 0,0009	0,00247	< 0,00004	< 0,00001	0,009
LQ-1	12/10/2020	13:00	0,000109	< 0,0009	0,00083	< 0,00004	< 0,00001	0,003
ECA para Agua - Categoría 4		Riego de vegetales	0,0001	0,052	0,0025	0,005	0,0008	0,12

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 4: Lagunas y lagos.

6.3.2. Agua subterránea

El muestreo de agua subterránea (piezómetro y subdrenaje) se realizó en 2 etapas, del 9 al 13 de agosto y del 11 al 14 de octubre de 2020. Se muestreó un total de 12 puntos, de los cuales 8 puntos son de piezómetros (PZ-4, PZ-5, PZ-9, PZ-8, PZ-3, PZ-2, PZ-1 y PZ-10) y 4 de agua subdrenaje (PHM-04, PHM-07, PHM-05 y PHM-08) ubicados dentro del área efectiva de la UF Quicay; para la evaluación de la calidad de agua subterránea se comparó, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008 y los ECA para Agua Cat.3-2015.

A continuación, se presenta los resultados más relevantes de la evaluación de la calidad de agua subterránea comparados, referencialmente, con los ECA para Agua Cat.3-2008, primeramente, lo que corresponde a los parámetros medidos en campo, así como también los parámetros evaluados que se encuentran fuera del rango, por debajo o superan los estándares establecidos; tal como se muestran desde la Tabla 6.16 hasta la Tabla 6.18. Los resultados de todos los parámetros evaluados se encuentran en los reportes de resultados N.º RRE-021-2020-STEC y N.º RRE-045-2020-STEC, que se presentan en los Anexos 6 y 7.

Tabla 6.16. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas subterráneas comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008

Comparados, de manera Referencial, con los ECA para Agua Caliente						
Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Unid. de pH	µS/cm	mg/L
Piezómetros						
PZ-4	9/08/2020	11:20	9,8	7,59	473	2,49
PZ-5	9/08/2020	14:55	9,8	6,98	2126	3,25
PZ-9	9/08/2020	12:45	10,3	6,71	431	5,1
PZ-8	10/08/2020	10:50	11,4	5,96	268	3,09

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Unid. de pH	µS/cm	mg/L
PZ-3	11/10/2020	16:40	9,5	7,17	443	3,75
PZ-2	11/10/2020	15:50	10,3	7,13	461	5,95
PZ-1	11/10/2020	14:40	11,3	6,86	1068	3,49
PZ-10	11/10/2020	11:00	11,2	4,48	649	3,32
Subdrenaje						
PHM-04	13/08/2020	11:55	12,7	7,8	1222	6,38
PHM-07	13/08/2020	13:55	14,9	8,01	827	5,95
PHM-05	14/10/2020	11:00	9,9	7,42	1167	6,5
PHM-08	14/10/2020	13:10	12,7	7,00	787	5,68
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	**	6,5 - 8,5	<2000	>=4
		Bebida de animales	**	6,5 - 8,4	<=5000	>5

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

** : No aplica

Tabla 6.17. Resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008

Comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cálida Clase							
Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cianuro wad	Cromo hexavalente	Bicarbonatos	Carbonatos	Cloruros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO3	mg/L
Piezómetro							
PZ-4	9/08/2020	11:20	< 0,001	< 0,008	224	< 5,00	< 0,50
PZ-5	9/08/2020	14:55	< 0,001	< 0,008	365	< 5,00	1,10
PZ-9	9/08/2020	12:45	< 0,001	< 0,008	30,6	< 5,00	< 0,50
PZ-8	10/08/2020	10:50	< 0,001	< 0,008	< 5,00	< 5,00	1,52
PZ-3	11/10/2020	16:40	< 0,001	< 0,008	220	< 5,00	0,68
PZ-2	11/10/2020	15:50	< 0,001	< 0,008	127	< 5,00	2,18
PZ-1	11/10/2020	14:40	< 0,001	< 0,008	263	< 5,00	3,76
PZ-10	11/10/2020	11:00	< 0,001	< 0,008	< 5,00	< 5,00	0,74
Subdrenaje							
PHM-04	13/08/2020	11:55	< 0,001	< 0,008	221	< 5,00	14,0
PHM-07	13/08/2020	13:55	< 0,001	< 0,008	225	< 5,00	2,94
PHM-05	14/10/2020	11:00	< 0,001	< 0,008	210	< 5,00	1,92
PHM-08	14/10/2020	13:10	< 0,001	< 0,008	131	< 5,00	6,70
ECA para Agua – Categoría 3		Riego de vegetales	0,1	0,1	370	5	100 - 700
		Bebida de animales	0,1	1	**	**	**

** : No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Continuación de la Tabla 6.17

Continuación de la Tabla 5.1.

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Fluoruros	Fosfatos	Nitratos	Nitritos	Sulfatos
			mg/L	mg/L PO4-P	mg/L N-NO3	mg/L N-NO2	mg/L
Piezómetro							
PZ-4	9/08/2020	11:20	0,04	< 0,49	< 0,11	< 0,05	36
PZ-5	9/08/2020	14:55	< 0,01	< 0,49	< 0,11	0,21	1186
PZ-9	9/08/2020	12:45	< 0,01	< 0,49	< 0,11	< 0,05	104
PZ-8	10/08/2020	10:50	0,86	< 0,49	0,18	< 0,05	137
PZ-3	11/10/2020	16:40	0,14	< 0,49	0,33	< 0,05	22
PZ-2	11/10/2020	15:50	0,11	< 0,49	10,5	< 0,05	85
PZ-1	11/10/2020	14:40	0,23	< 0,49	0,31	< 0,05	392
PZ-10	11/10/2020	11:00	0,18	< 0,49	0,16	< 0,05	352
Subdrenaje							
PHM-04	13/08/2020	11:55	0,44	< 0,49	28,2	< 0,05	389
PHM-07	13/08/2020	13:55	0,12	< 0,49	21,8	< 0,05	184
PHM-05	14/10/2020	11:00	0,21	< 0,49	7,77	< 0,05	499
PHM-08	14/10/2020	13:10	0,22	< 0,49	7,06	< 0,05	241
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	1	1	10	0,06	300
		Bebida de animales	2	**	50	1	500

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

** : No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.18.** Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2008

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Berilio Total	Boro Total	Cadmio Total	Calcio Total	Cobalto Total	Cobre Total	Hierro Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Piezómetro												
PZ-4	9/08/2020	11:20	0,021	0,00461	0,1188	< 0,00001	0,083	0,00007	62	0,00010	0,0060	0,84
PZ-5	9/08/2020	14:55	0,106	0,04687	0,0263	< 0,00001	0,065	0,00015	401	0,00053	0,0115	4,8
PZ-9	9/08/2020	12:45	13,6	0,01510	0,0859	< 0,00001	0,005	0,00195	59	0,02610	0,0820	12
PZ-8	10/08/2020	10:50	1,08	0,00068	0,0191	0,00079	0,021	0,00032	22	0,00090	0,0094	4,4
PZ-3	11/10/2020	16:40	0,047	0,00060	0,2894	< 0,00001	0,029	0,00019	83	0,00017	0,0014	0,07
PZ-2	11/10/2020	15:50	1,81	0,00173	0,1442	0,00014	0,006	0,00018	89	0,00218	0,0026	1,9
PZ-1	11/10/2020	14:40	0,082	0,00384	0,0289	< 0,00001	0,154	0,00008	196	0,00069	0,0006	0,69
PZ-10	11/10/2020	11:00	1,48	0,00040	0,0163	0,00018	0,003	0,00115	104	0,03015	0,0050	4,0
Subdrenaje												
PHM-04	13/08/2020	11:55	< 0,002	0,00101	0,0594	< 0,00001	0,004	0,00003	172	0,00781	0,0040	0,03
PHM-07	13/08/2020	13:55	< 0,002	0,00074	0,0735	< 0,00001	< 0,002	0,00002	124	0,00277	< 0,0003	< 0,03
PHM-05	14/10/2020	11:00	0,037	0,00061	0,0370	< 0,00001	0,005	0,00007	204	0,00158	0,0015	< 0,03
PHM-08	14/10/2020	13:10	0,030	0,00162	0,0314	< 0,00001	0,008	0,00004	113	0,00149	0,0278	0,07
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	5	0,05	0,7	**	0.5 - 6	0,005	200	0,05	0,2	1
		Bebida de animales	5	0,1	**	0,1	5	0,01	**	1	0,5	1

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

**: No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Continuación de la Tabla 6.18

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Litio Total	Magnesio Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plata Total	Plomo Total	Selenio Total	Sodio Total	Zinc Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Piezómetro												
PZ-4	9/08/2020	11:20	0,0135	11,6	0,07530	< 0,000070	< 0,0009	< 0,00006	0,00126	< 0,00004	20	0,004
PZ-5	9/08/2020	14:55	0,0065	36,1	1,1591	< 0,000070	0,0014	< 0,00006	0,00396	< 0,00004	32	0,015
PZ-9	9/08/2020	12:45	0,0020	2,95	0,58968	0,000375	0,0143	< 0,00006	0,04050	0,00154	1,5	0,074
PZ-8	10/08/2020	10:50	0,0124	8,82	1,3916	< 0,000070	0,0009	< 0,00006	0,01650	< 0,00004	3,8	0,043
PZ-3	11/10/2020	16:40	0,0043	4,32	0,07018	< 0,000070	< 0,0009	< 0,00006	0,00234	< 0,00004	2,3	0,005
PZ-2	11/10/2020	15:50	0,0031	3,82	0,21722	< 0,000070	0,0025	< 0,00006	0,00221	0,00033	4,4	0,013
PZ-1	11/10/2020	14:40	0,0086	19,5	0,68933	< 0,000070	0,0009	< 0,00006	0,00300	< 0,00004	29	0,004
PZ-10	11/10/2020	11:00	0,0008	6,42	0,92144	< 0,000070	0,0086	< 0,00006	0,00396	0,00032	6,1	0,044
Subdrenaje												
PHM-04	13/08/2020	11:55	< 0,0001	6,30	0,00067	< 0,000070	< 0,0009	0,00012	< 0,00006	0,00182	87	< 0,002
PHM-07	13/08/2020	13:55	< 0,0001	5,12	< 0,00006	< 0,000070	< 0,0009	0,00007	0,00012	0,00261	36	< 0,002
PHM-05	14/10/2020	11:00	0,0001	9,73	0,00215	< 0,000070	< 0,0009	< 0,00006	0,00017	0,00096	34	0,003
PHM-08	14/10/2020	13:10	0,0003	3,29	0,02559	0,000128	< 0,0009	0,00230	0,00015	0,00063	36	0,003
ECA para Agua – Categoría 3		Riego de vegetales	2,5	150	0,2	0,001	0,2	0,05	0,05	0,05	200	2
		Bebida de animales	2,5	150	0,2	0,001	0,2	0,05	0,05	0,05	**	24

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.



En esta parte se presenta los resultados más relevantes de la evaluación de la calidad de agua subterránea comparados de manera referencial con los ECA para Agua Cat.3-2015, primeramente, lo que corresponde a los parámetros medidos en campo, así como también los parámetros evaluados que se encuentran fuera del rango, por debajo o superan los estándares establecidos; tal como se muestran desde la Tabla 6.19 hasta la Tabla 6.30. Los resultados de todos los parámetros evaluados se encuentran en los Anexos 6 y 7.

Tabla 6.19. Resultados de parámetros de campo evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (T)	Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (CE)	Oxígeno disuelto (OD)
			°C	Unid. de pH	µS/cm	mg/L
Piezómetros						
PZ-4	9/08/2020	11:20	9,8	7,59	473	2,49
PZ-5	9/08/2020	14:55	9,8	6,98	2126	3,25
PZ-9	9/08/2020	12:45	10,3	6,71	431	5,1
PZ-8	10/08/2020	10:50	11,4	5,96	268	3,09
PZ-3	11/10/2020	16:40	9,5	7,17	443	3,75
PZ-2	11/10/2020	15:50	10,3	7,13	461	5,95
PZ-1	11/10/2020	14:40	11,3	6,86	1068	3,49
PZ-10	11/10/2020	11:00	11,2	4,48	649	3,32
Subdrenaje						
PHM-04	13/08/2020	11:55	12,7	7,8	1222	6,38
PHM-07	13/08/2020	13:55	14,9	8,01	827	5,95
PHM-05	14/10/2020	11:00	9,9	7,42	1167	6,5
PHM-08	14/10/2020	13:10	12,7	7,00	787	5,68
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	Δ3	6,5 - 8,5	2500	4
		Bebida de animales	Δ3	6,5 - 8,4	5000	5

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

Tabla 6.20. Resultados de parámetros evaluados en aguas subterránea comparados de manera referencial con los ECA para Agua Cat.3-2015

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cianuro wad	Cromo hexavalente	Bicarbonatos	Carbonatos	Cloruros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO3	mg/L
Piezómetro							
PZ-4	9/08/2020	11:20	< 0,001	< 0,008	224	< 5,00	< 0,50
PZ-5	9/08/2020	14:55	< 0,001	< 0,008	365	< 5,00	1,10
PZ-9	9/08/2020	12:45	< 0,001	< 0,008	30,6	< 5,00	< 0,50
PZ-8	10/08/2020	10:50	< 0,001	< 0,008	< 5,00	< 5,00	1,52
PZ-3	11/10/2020	16:40	< 0,001	< 0,008	220	< 5,00	0,68
PZ-2	11/10/2020	15:50	< 0,001	< 0,008	127	< 5,00	2,18
PZ-1	11/10/2020	14:40	< 0,001	< 0,008	263	< 5,00	3,76
PZ-10	11/10/2020	11:00	< 0,001	< 0,008	< 5,00	< 5,00	0,74

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cianuro wad	Cromo hexavalente	Bicarbonatos	Carbonatos	Cloruros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L CaCO3	mg/L
Subdrenaje							
PHM-04	13/08/2020	11:55	< 0,001	< 0,008	221	< 5,00	14,0
PHM-07	13/08/2020	13:55	< 0,001	< 0,008	225	< 5,00	2,94
PHM-05	14/10/2020	11:00	< 0,001	< 0,008	210	< 5,00	1,92
PHM-08	14/10/2020	13:10	< 0,001	< 0,008	131	< 5,00	6,70
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	0,1	**	518	**	500
		Bebida de animales	0,1	**	**	**	**

**: No aplica

Continuación de la Tabla 6.20

Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Fluoruros	Fosfatos	Nitratos	Nitritos	Sulfatos
			mg/L	mg/L PO4-P	mg/L N-NO3	mg/L N-NO2	mg/L
Piezómetro							
PZ-4	9/08/2020	11:20	0,04	< 0,49	< 0,11	< 0,05	36
PZ-5	9/08/2020	14:55	< 0,01	< 0,49	< 0,11	0,21	1186
PZ-9	9/08/2020	12:45	< 0,01	< 0,49	< 0,11	< 0,05	104
PZ-8	10/08/2020	10:50	0,86	< 0,49	0,18	< 0,05	137
PZ-3	11/10/2020	16:40	0,14	< 0,49	0,33	< 0,05	22
PZ-2	11/10/2020	15:50	0,11	< 0,49	10,5	< 0,05	85
PZ-1	11/10/2020	14:40	0,23	< 0,49	0,31	< 0,05	392
PZ-10	11/10/2020	11:00	0,18	< 0,49	0,16	< 0,05	352
Subdrenaje							
PHM-04	13/08/2020	11:55	0,44	< 0,49	28,2	< 0,05	389
PHM-07	13/08/2020	13:55	0,12	< 0,49	21,8	< 0,05	184
PHM-05	14/10/2020	11:00	0,21	< 0,49	7,77	< 0,05	499
PHM-08	14/10/2020	13:10	0,22	< 0,49	7,06	< 0,05	241
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	1	**	**	10	1000
		Bebida de animales	**	**	**	10	1000

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

**: No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.21.** Resultados de parámetros de metales totales evaluados en aguas subterránea comparados, de manera referencial, con los ECA para Agua Cat.3-2015

Agua Caliente											
Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Aluminio Total	Arsénico Total	Bario Total	Berilio Total	Boro Total	Cadmio Total	Cobalto Total	Cobre Total	Cromo Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Piezómetro											
PZ-4	9/08/2020	11:20	0,021	0,00461	0,1188	< 0,00001	0,083	0,00007	0,00010	0,0060	< 0,001
PZ-5	9/08/2020	14:55	0,106	0,04687	0,0263	< 0,00001	0,065	0,00015	0,00053	0,0115	< 0,001
PZ-9	9/08/2020	12:45	13,6	0,01510	0,0859	< 0,00001	0,005	0,00195	0,02610	0,0820	0,006
PZ-8	10/08/2020	10:50	1,08	0,00068	0,0191	0,00079	0,021	0,00032	0,00090	0,0094	< 0,001
PZ-3	11/10/2020	16:40	0,047	0,00060	0,2894	< 0,00001	0,029	0,00019	0,00017	0,0014	< 0,001
PZ-2	11/10/2020	15:50	1,81	0,00173	0,1442	0,00014	0,006	0,00018	0,00218	0,0026	0,001
PZ-1	11/10/2020	14:40	0,082	0,00384	0,0289	< 0,00001	0,154	0,00008	0,00069	0,0006	< 0,001
PZ-10	11/10/2020	11:00	1,48	0,00040	0,0163	0,00018	0,003	0,00115	0,03015	0,0050	< 0,001
Subdrenaje											
PHM-04	13/08/2020	11:55	< 0,002	0,00101	0,0594	< 0,00001	0,004	0,00003	0,00781	0,0040	< 0,001
PHM-07	13/08/2020	13:55	< 0,002	0,00074	0,0735	< 0,00001	< 0,002	0,00002	0,00277	< 0,0003	< 0,001
PHM-05	14/10/2020	11:00	0,037	0,00061	0,0370	< 0,00001	0,005	0,00007	0,00158	0,0015	< 0,001
PHM-08	14/10/2020	13:10	0,030	0,00162	0,0314	< 0,00001	0,008	0,00004	0,00149	0,0278	< 0,001
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	5	0,1	0,7	0,1	1	0,01	0,05	0,2	0,1
		Bebida de animales	5	0,2	**	0,1	5	0,05	1	0,5	1

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales.

**: No aplica

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Continuación de la Tabla 6.21

Continuación de la Tabla 6.2.1											
Código	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Hierro Total	Litio Total	Magnesio Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plomo Total	Selenio Total	Zinc Total
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Piezómetro											
PZ-4	9/08/2020	11:20	0,84	0,0135	11,6	0,07530	< 0,000070	< 0,0009	0,00126	< 0,00004	0,004
PZ-5	9/08/2020	14:55	4,8	0,0065	36,1	1,1591	< 0,000070	0,0014	0,00396	< 0,00004	0,015
PZ-9	9/08/2020	12:45	12	0,0020	2,95	0,58968	0,000375	0,0143	0,04050	0,00154	0,074
PZ-8	10/08/2020	10:50	4,4	0,0124	8,82	1,3916	< 0,000070	0,0009	0,01650	< 0,00004	0,043
PZ-3	11/10/2020	16:40	0,07	0,0043	4,32	0,07018	< 0,000070	< 0,0009	0,00234	< 0,00004	0,005
PZ-2	11/10/2020	15:50	1,9	0,0031	3,82	0,21722	< 0,000070	0,0025	0,00221	0,00033	0,013
PZ-1	11/10/2020	14:40	0,69	0,0086	19,5	0,68933	< 0,000070	0,0009	0,00300	< 0,00004	0,004
PZ-10	11/10/2020	11:00	4,0	0,0008	6,42	0,92144	< 0,000070	0,0086	0,00396	0,00032	0,044
Subdrenaje											
PHM-04	13/08/2020	11:55	0,03	< 0,0001	6,30	0,00067	< 0,000070	< 0,0009	< 0,00006	0,00182	< 0,002
PHM-07	13/08/2020	13:55	< 0,03	< 0,0001	5,12	< 0,00006	< 0,000070	< 0,0009	0,00012	0,00261	< 0,002
PHM-05	14/10/2020	11:00	< 0,03	0,0001	9,73	0,00215	< 0,000070	< 0,0009	0,00017	0,00096	0,003
PHM-08	14/10/2020	13:10	0,07	0,0003	3,29	0,02559	0,000128	< 0,0009	0,00015	0,00063	0,003
ECA para Agua - Categoría 3		Riego de vegetales	5	2,5	**	0,2	0,001	0,2	0,05	0,02	2
		Bebida de animales	**	2,5	250	0,2	0,01	1	0,05	0,05	24

 Parámetros que superan/están por debajo/fuera del rango de los ECA Agua Cat. 3: Riego de vegetales y Bebida de animales.

**: No aplica

6.3.3. Sedimento

En la presente evaluación ambiental de causalidad, realizada en octubre 2020, se evaluaron 5 puntos de monitoreo en la matriz sedimento.

La Tabla 6.22 muestra los resultados de granulometría y potencial de hidrógeno (pH), donde el valor de pH es cercano a la neutralidad en todos los puntos.

Tabla 6.22. Resultados de parámetros de granulometría y pH de sedimento

Parámetros	Unidad	P-12	LQuic2	LQ-1	RBlan3	RB-2
pH (Extracto 1/1)	Unidad de pH	7,07	6,95	6,84	6,97	6,98
Grava (> 2 mm)	%	0,00	0,00	0,00	0,00	54,30
Arena (0,075 - 2 mm)	%	31,38	13,70	14,22	27,58	39,29
Limo (0,005 - 0,074 mm)	%	53,28	67,18	66,78	56,36	4,81
Arcilla (< 0,005 mm)	%	15,30	19,10	19,01	16,08	1,56

Fuente: Informes de ensayo N.º SAA-20/01115 (AGQ Perú S.A.C.); 51661/2020 (ALS LS Perú S.A.C.).

En la Tabla 6.23 se presenta solo los resultados de metales totales en sedimento que superaron los valores establecidos en la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines – CEQG*), en adelante guía canadiense.

Tabla 6.23. Resultados de metales en sedimento en la UM Quicay comparados, referencialmente, con la guía canadiense

Punto		Arsénico total (mg/kg PS)	Cadmio total (mg/kg PS)	Cobre total (mg/kg PS)	Mercurio total (mg/kg PS)	Plomo total (mg/kg PS)	Zinc total (mg/kg PS)
P-12		12,7	0,70375	12	0,063	32,4	87
LQuic2		18,2	2,3059	48	0,314	240	160
LQ-1		12,0	0,77559	28	0,198	79,7	68
RBlan3		28,5	0,76794	40	0,115	10,9	103
RB-2		43,0	1,7178	132	0,150	27,7	134
Estándares canadienses de calidad de sedimento	ISQG	5,9	0,6	35,7	0,17	35	123
	PEL	17	3,5	197	0,486	91,3	315

Supera el valor ISQG de la guía canadiense

Supera el valor ISQG y el valor PEL de la guía canadiense

Fuente: informe de ensayo SAA-20/01109 (AGQ Perú S.A.C.)

6.3.4. Comunidades hidrobiológicas

6.3.4.1. Macroinvertebrados bentónicos

6.3.4.1.1. Riqueza

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 25 géneros agrupados en 4 phyla, 6 clases y 9 órdenes. El orden Diptera registró la mayor riqueza con 12 especies seguido del orden Coleoptera con 4 especies. En el Anexo 7 se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

La Figura 6.50 muestra los resultados de riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo. Se observó que el punto RQ-1 registró 19 especies; asimismo, los puntos que se encontraron empozados: P-12, RBlan2, RBlan3, RB-2, RQuic5, RQuic6 y RQuic7 presentaron entre 4 y 11 especies; en tanto que, en el punto RQ-2 solo se registraron 2 especies, y en el punto RP-1 cero especies.

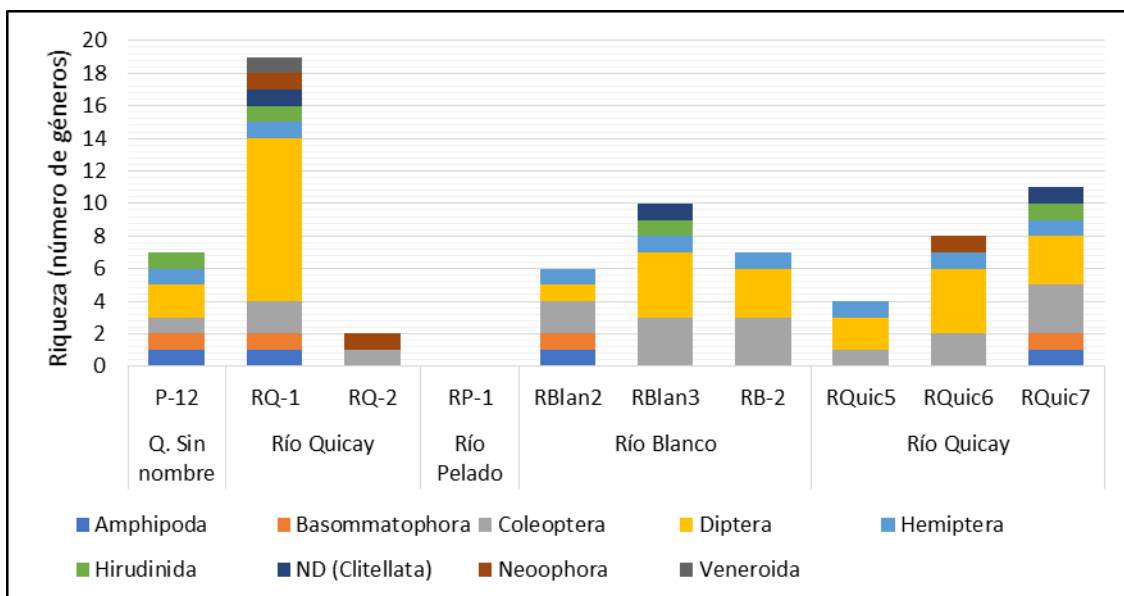


Figura 6.50. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos según orden taxonómico en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.1.2. Abundancia

La Figura 6.51 muestra los resultados de abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo. Se observó que el punto RQ-1 registró una abundancia de 1446 individuos; además, los puntos que se encontraron empozados: P-12, RQ-2, RBlan2, RBlan3, RB-2, RQuic5, RQuic6 y RQuic7 presentaron entre 22 y 130 individuos de macroinvertebrados bentónicos; mientras que el punto RP-1 no registró especies.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

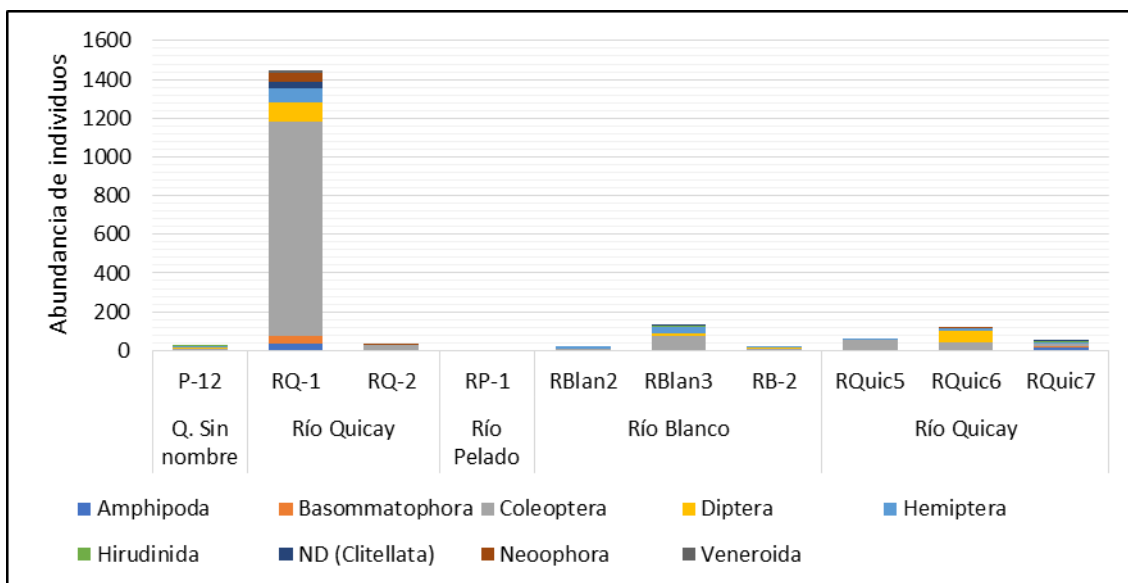


Figura 6.51. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos según orden taxonómico en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.1.3. Diversidad

La diversidad de Shannon-Wiener en el río Quicay (RQ-1, RQ-2, RQuic5, RQuic6, RQuic7), río Pelado (RP-1), río Blanco (RBlan2, RBlan3, RB-2) y quebrada sin nombre (P-12) tomó valores entre 0,33 y 2,90. Se evidenció baja equidad de Pielou en la mayoría de puntos evaluados excepto en P-12, RB-2 y RQuic7 que presentaron valores de equidad cercanos a la unidad evidenciando una distribución homogénea de la abundancia de los individuos (Figura 6.52).

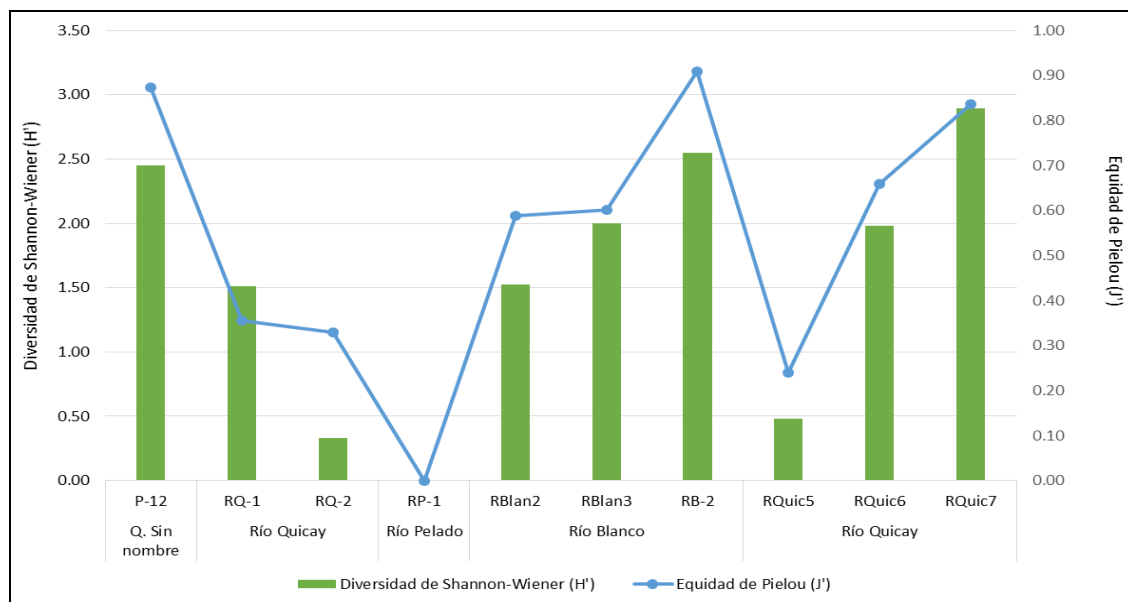


Figura 6.52. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') de macroinvertebrados bentónicos según orden taxonómico en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.2. Perifiton

6.3.4.2.1. Riqueza

La comunidad hidrobiológica del perifiton estuvo conformada por 95 especies agrupadas en 5 phyla, 8 clases y 24 órdenes de microalgas. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 47 especies seguido del phylum Cyanobacteria y Charophyta con 17 y 16 especies respectivamente. Respecto a los microorganismos, solo se registraron 6 especies pertenecientes a los phyla Cercozoa, Rotífera y Nemátoda. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del perifiton (microalgas y microorganismos).

La Figura 6.53 muestra los resultados de riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo. Se observó que el punto P-12 registró la mayor riqueza con 43 especies; asimismo, los puntos que se encontraron empozados: RQ-2, RP-1, RBlan3, RB-2, RQuic5 y RQuic6 presentaron entre 11 y 32 especies; en tanto que, en el punto RQ-1 se registraron 13 especies.

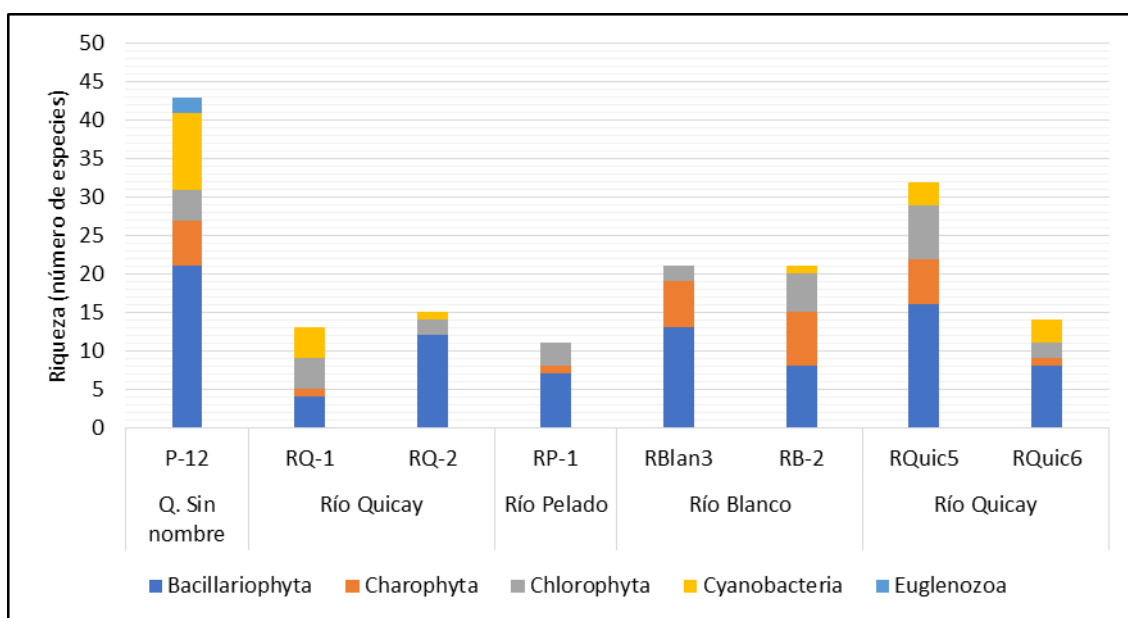


Figura 6.53. Riqueza del perifiton (microalgas) según phylum en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.2.2. Abundancia

La Figura 6.54 muestra los resultados de abundancia de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo. Se observó que el punto RQuic5 registró la mayor abundancia seguido del punto P-12; además, los puntos que se encontraron empozados: RQ-2, RP-1, RBlan3, RB-2 y RQuic6 presentaron las abundancias más bajas siendo representativo el phylum Bacillariophyta; mientras que, el punto RQ-1 registró un predominio del phylum Cyanobacteria.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

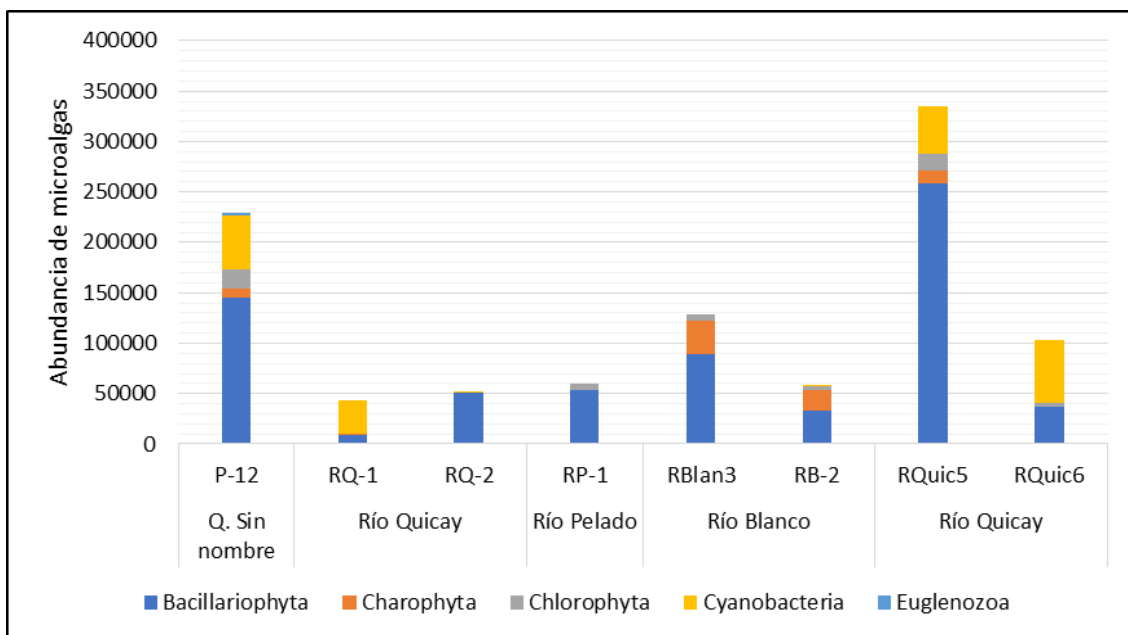


Figura 6.54. Abundancia del perifiton (microalgas) según phylum en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.2.3. Diversidad

La diversidad de Shannon-Wiener en el río Quicay (RQ-1, RQ-2, RQuic5, RQuic6), río Pelado (RP-1), río Blanco (RBlan3, RB-2) y quebrada sin nombre (P-12) tomó valores entre 2,35 y 4,22. La equidad de Pielou registró valores entre 0,63 y 0,86 evidenciando una distribución heterogénea de la abundancia de las microalgas (Figura 6.55).

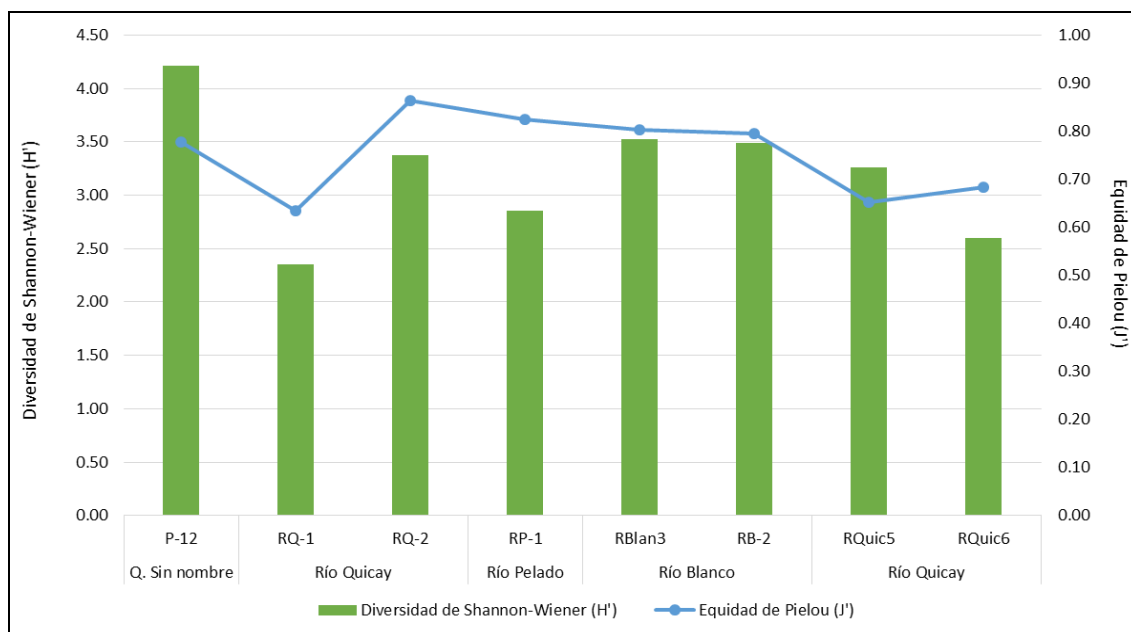


Figura 6.55. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') del perifiton (microalgas) según plylum en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.3. Peces

6.3.4.3.1. Riqueza

La riqueza y abundancia de peces presentes en los cuerpos de agua de la UF Quicay se muestran en la Tabla 6.33. Se registraron 2 especies de peces *Orestias empyraeus* y *Orestias* sp. llamados comúnmente «Challhuas». Los puntos RQ-1, RBlan2, RBlan3, RQuic6 y RQuic7 solo presentaron una especie, mientras que en el punto RB-2 se encontraron 2 especies. La mayor abundancia se encontró en los puntos RQuic7, RB-2 y RBlan2.

Tabla 6.24. Riqueza y abundancia de peces en los cuerpos de agua de la UF Quicay, octubre 2020

Nombre de la especie	Río Quicay	Río Blanco			Río Quicay	
	RQ-1	RBlan2	RBlan3	RB-2	RQuic6	RQuic7
<i>Orestias empyraeus</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Orestias</i> sp.	5	10	4	10	7	13
Riqueza (S)	1	1	1	2	1	1
Abundancia (N)	5	10	4	12	7	13

6.3.4.4. Plancton

6.3.4.4.1. Riqueza

La comunidad hidrobiológica del fitoplancton estuvo conformada por 24 especies agrupadas en 4 phyla, 4 clases y 12 órdenes de fitoplancton. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 13 especies seguido del phylum Cyanobacteria y Chlorophyta con 4 especies cada una; y en cuarto lugar el orden Charophyta con 3 especies. Respecto al zooplancton, solo se registró una especie *Chydorus* sp. en el punto LQ-1. En el Anexo 7 se presenta el registro completo del plancton (fitoplancton y zooplancton).

La Figura 6.56 presenta los resultados de riqueza de la comunidad del fitoplancton por punto de muestreo en la laguna Quicay. Se observó que el punto LQuic2 registró la mayor riqueza y estuvo principalmente representado por el phylum Bacillariophyta con 9 especies, mientras que el punto LQ-1 estuvo representado por los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria con 4 especies cada una.

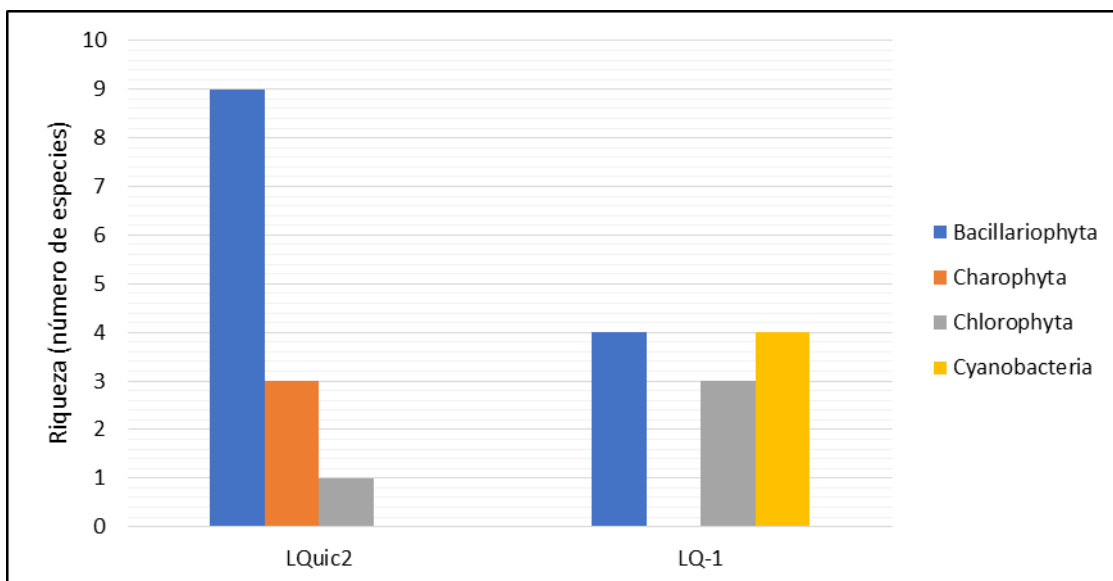


Figura 6.56. Riqueza del fitoplancton en la laguna Quicay de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.4.2. Abundancia

La Figura 6.57 muestra los resultados de abundancia de la comunidad del fitoplancton por punto de muestreo en la laguna Quicay. Se observó que el punto LQuic2 registró la mayor abundancia predominando el phylum Bacillariophyta; y en el punto LQ-1 se registró la menor abundancia siendo predominantes el phylum Cyanobacteria.

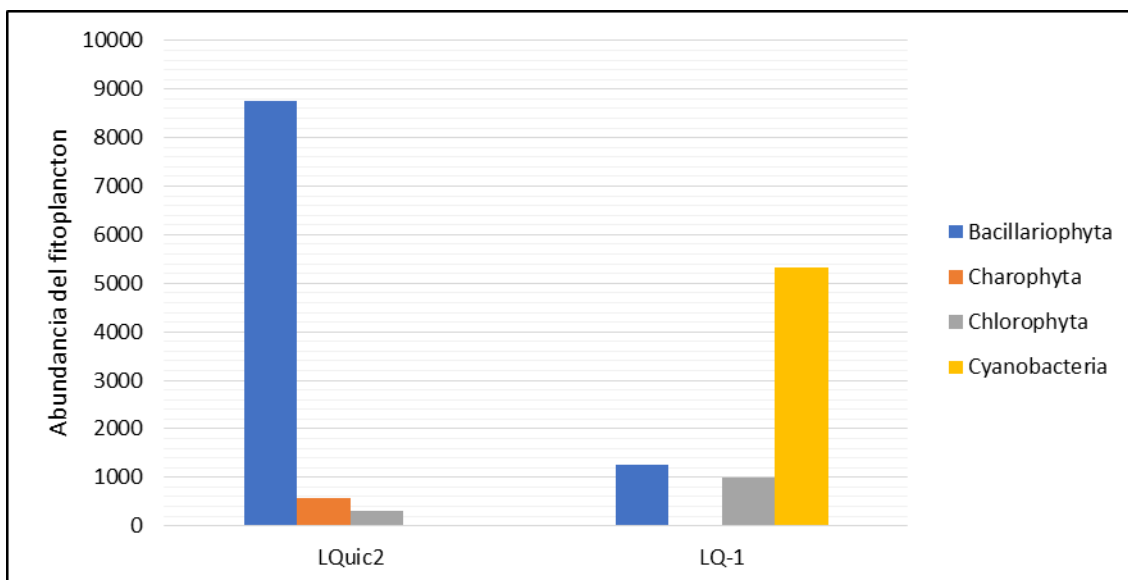


Figura 6.57. Abundancia del fitoplancton en la laguna Quicay de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.4.4.3. Diversidad

La diversidad de Shannon-Wiener en la laguna Quicay fue 2,96 en el punto LQuic2 y 3,02 en LQ-1. Respecto a la equidad de Pielou, el punto LQ-1 presentó una distribución homogénea de la abundancia de los individuos, mientras que el punto LQuic2 presentó una distribución heterogénea de la abundancia del fitoplancton (Figura 6.58).

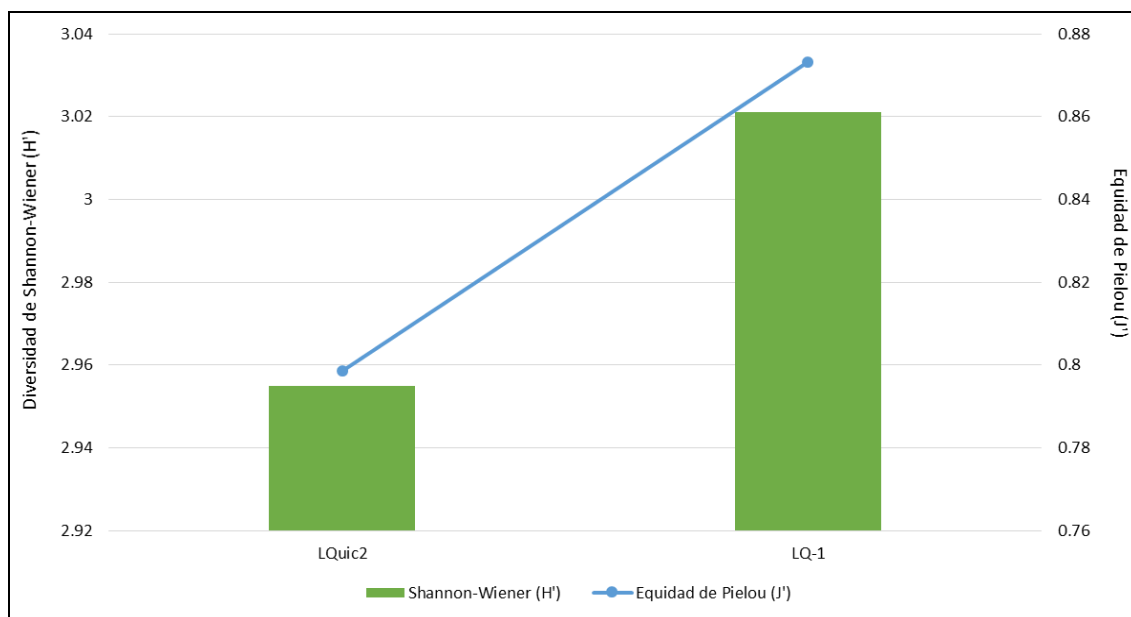


Figura 6.58. Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') del fitoplancton en la laguna Quicay de la UF Quicay, octubre 2020

6.3.5. Calidad de suelo

Los resultados de calidad de suelo son presentados a continuación en 2 zonas distintas: Área de Nivel de Fondo (ANF) y Áreas de Potencial Interés (API). La primera (ANF) correspondiente a una zona lejos del alcance de las actividades de explotación minera; y la segunda (API) relativa a zonas aledañas a los componentes mineros donde existe la posibilidad de encontrar algún grado de afectación ocasionada por la actividad minera. Asimismo, los resultados del muestreo de suelo se encuentran en los reportes de resultados N.º RRE-021-2020-STEC y RRE-045-2020-STEC (Anexos 6 y 7 respectivamente).

6.3.5.1. Área de nivel de fondo

Esta área se ubica aproximadamente 2 km al N de la UF Quicay, a 1 km al SO del centro poblado Pacoyán, en la parte baja de la ladera del cerro del mismo nombre. Aproximadamente a 80 m del río Rutuchina. Aquí se llevó a cabo el muestreo de nivel de fondo de acuerdo con lo explicado en la metodología del componente suelo en la presente EAC. Según Minam (2017), los valores de nivel de fondo obtenidos de cada sector proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de los metales presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio de evaluación. A continuación, se presentan los resultados de los 30 puntos de muestreo (compuesto) correspondientes al área de nivel de fondo.

6.3.5.1.1. Clasificación de parámetros edáficos

Los valores de pH en los puntos de muestreo presentados en la Tabla 6.25, se clasificaron de ligeramente (6,41 unidades de pH) y muy fuertemente ácidos (4,69 unidades de pH). En los puntos de muestreo SU-14, SU-26, SU-33 y SU-44, los valores de pH estuvieron entre 3,51 y 4,29 unidades de pH; estos valores sugieren que dichas muestras son generadoras de acidez, mientras que el punto SU-04 no es generadora de acidez por presentar un valor de pH por encima de 6 unidades. Esta clasificación se realizó tomando en cuenta el Anexo

Nº IV «Guía para la clasificación de los parámetros edáficos» del Decreto Supremo N.º 017-2009-AG (pH, materia orgánica, fósforo y potasio); y las tablas de rangos interpretativos para la conductividad eléctrica (CE), carbonato de calcio (CaCO_3) y la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) propuestas por LASPAF-UNALM³⁸.

Tabla 6.25. Clasificación de parámetros edáficos en las áreas de nivel de fondo

Parámetros edáficos		Área de nivel de fondo - Sector Pacoyán	
		NFQ-06	NFQ-30
pH	Valor	6,41	4,69
	CS	Ligeramente ácida	Muy fuertemente ácida
CE (dS/m)	Valor	0,263	0,0958
	CS	No salino	No salino
CaCO_3 (%)	Valor	< 0,03	< 0,03
	CS	Bajo	Bajo
MO (%)	Valor	39,38	27,07
	CS	Alto	Alto
Análisis mecánico (%)	A	77	65
	L	15	20
	Ar	8	15
Clase textural		Fr.A	Fr.A

CS: Clasificación de parámetros edáficos en el suelo. CE: Conductividad eléctrica. MO: Materia orgánica. A: arena. L: Limo. Ar: Arcilla. Fr.A.: Franco arenoso.

6.3.5.1.2. Determinación de valores de niveles de fondo

Los valores de nivel de fondo, presentados en la Tabla 6.26, fueron determinados con los resultados obtenidos del muestreo realizado en la zona de Pacoyán, de acuerdo con lo descrito en la metodología del muestreo de suelo presentado en esta EAC.

En el Anexo 8 se pueden verificar las fichas estadísticas compuestas de tablas y figuras, obtenidas mediante el tratamiento estadístico de los datos para cada metal; las tablas corresponden al resumen de los datos estadísticos característicos de la población original como: media, mediana, desviación estándar, asimetría, curtosis, coeficiente de variación, primer y tercer cuartil; además, hace mención del tipo de distribución en la que se encuentra la población según sea el caso: normal, lognormal, gamma o no paramétrica. De igual manera, se indican los potenciales valores anómalos para cada conjunto de datos de metales y metaloides; finalmente, se presentan los valores de nivel de fondo (NF) y nivel de referencia (NR). Con respecto a las figuras, estas corresponden a histogramas, diagrama de cajas y bigotes, y gráficos de normalidad.

En la Tabla 6.26 podemos observar que los valores de nivel de fondo de los metales Cd y Pb superaron los valores de los ECA para suelo, uso agrícola; por lo tanto, los resultados de estos metales, obtenidos en las API fueron comparados con sus valores de nivel de fondo. Por otro lado, los valores de nivel de fondo de los metales As, Ba y Hg no fueron superiores a los valores de la norma en mención; por lo que, los resultados de estos metales, obtenidos en las API fueron comparados con los valores de los ECA para suelo correspondientes.

³⁸

Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

**Tabla 6.26.** Valores de nivel de fondo y nivel de referencia determinados en el sector Pacoyán

Parámetro (mg/kg)	Área de nivel de fondo - Sector Pacoyán		ECA Suelo 2013 ¹ Uso agrícola	ECA Suelo 2017 ² Uso agrícola
	Nivel de fondo	Nivel de referencia		
Plata	0,12	0,21	---	---
Aluminio	26181	40015	---	---
Arsénico	48,3	70,27	50	50
Bario	115,5	149,9	750	750
Berilio	0,638	0,861	---	---
Calcio	15904	30436	---	---
Cadmio	1,712	2,434	1,4	1,4
Cobalto	4,28	5,864	---	---
Cromo	13,05	18,82	---	---
Cobre	32,82	43,58	---	---
Hierro	17826	26077	---	---
Potasio	2208	2993	---	---
Magnesio	2691	3577	---	---
Manganeso	472,7	769	---	---
Molibdeno	0,636	0,946	---	---
Sodio	137,2	201,5	---	---
Níquel	10,03	13,22	---	---
Plomo	122	168,5	70	70
Antimonio	1,682	3,74	---	---
Selenio	1,08	1,494	---	---
Talio	0,465	0,617	---	---
Vanadio	59,4	88,13	---	---
Zinc	112,6	144	---	---
Boro	6,878	10,26	---	---
Litio	10,32	14,84	---	---
Fosforo	1454	1769	---	---
Estaño	0,256	1,2	---	---
Estroncio	45,94	61,35	---	---
Titanio	97,81	133,8	---	---
Mercurio	0,327	0,462	6,6	6,6

(1) Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 002-2013-MINAM

(2) Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 011-2017-MINAM

--- Parámetro no cuenta con estándares de calidad ambiental

■ Niveles de fondo y niveles de referencia que superan los valores de los ECA para suelo de uso agrícola.

6.3.5.2. Áreas de potencial interés

Al pie de los depósitos de desmonte de mina se identificaron 9 áreas de potencial interés (API), las cuales están agrupadas en 2 zonas: una en la margen derecha del río Quicay, y la segunda en la margen izquierda del mismo río.

Las fuentes potenciales de contaminación consideradas para la selección de API son: los depósitos de desmonte Este, Sur y Suroeste; la planta de tratamiento de agua ácida NCD, el canal de coronación Sur y las pozas de sedimentación PS-SUR-01, PS-SUR-02 y PS-SUR-07

Los resultados de metales, expresados en concentraciones mg/kg PS (peso seco), fueron comparados con 3 valores: los ECA para suelo (2013), resultados de las fuentes potenciales de contaminación y con los valores de nivel de fondo.

Los metales que superaron los valores de los ECA para suelo (2013) en la mayoría de las API fueron: arsénico, cadmio y plomo; el detalle de estas excedencias se encuentra en el desarrollo del presente capítulo (ver también el Anexo 6). Por otro lado, los metales registrados en las fuentes potenciales de contaminación arrojaron valores inferiores o similares a los registrados en las API.

6.3.5.2.1. Clasificación de parámetros edáficos

Los valores de pH en los puntos de muestreo presentados en la Tabla 6.27 fueron extremadamente ácidos, excepto el punto SU-04 donde el valor fue neutro. En los puntos de muestro SU-14, SU-26, SU-33 y SU-44 los valores de pH estuvieron entre 3,51 y 4,29 unidades de pH; estos valores sugieren que dichas muestras son generadoras de acidez, mientras que, el punto SU-04 no es generadora de acidez por presentar un valor de pH por encima de 6 unidades.

Tabla 6.27. Clasificación de parámetros edáficos en las áreas de potencial interés

Parámetros edáficos		Áreas de potencial interés				
		API-5	API-4	API-3	API-2	API-1
		SU-04	SU-14	SU-26	SU-33	SU-44
pH	Valor	6,78	3,76	3,51	3,96	4,29
	CS	Neutra	Extremadamente ácida	Extremadamente ácida	Extremadamente ácida	Extremadamente ácida
CE (dS/m)	Valor	359	308	313	1128	323
	CS	No salino o muy ligeramente salino	No salino o muy ligeramente salino	No salino o muy ligeramente salino	No salino o muy ligeramente salino	No salino o muy ligeramente salino
CaCO ₃ (%)	Valor	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	CS	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
MO (%)	Valor	1,37	8,48	0,71	4,63	2,13
	CS	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Medio
Análisis mecánico (%)	A	52	95	82	79	82
	L	28	5	13	18	15
	Ar	20	0	5	3	3
Clase textural		Fr.Ar.A	A.	A.Fr.	A.Fr.	A.Fr.

CS: Clasificación de parámetros edáficos en el suelo. CE: Conductividad eléctrica. MO: Materia orgánica. A: arena. L: Limo. Ar: Arcilla. A.Fr.: Arena Francosa. Fr.Ar.A.: Franco Arcillosa Arenosa.

La clasificación de parámetros edáficos para las áreas de potencial interés también se realizó tomando en cuenta el Anexo N° IV «Guía para la clasificación de los parámetros edáficos» del Decreto Supremo N.° 017-2009-AG (pH, materia orgánica), y las tablas de rangos interpretativos para la CE y CaCO₃ propuestas por el LASPAF-UNALM.

6.3.5.2.2. Margen izquierda del río Quicay

En este sector se evaluaron las áreas de potencial interés API-1, API-2, API-3, API-4 y API-5. En cada API se tomaron entre 7 y 12 puntos de muestras simples.

Área de potencial interés 1 (API-1)

En el área de potencial interés API-1 se realizó el muestreo (simple) de identificación en 10 puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuente potencial (botadero de desmonte Este). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuente potencial (Figura 6.59).

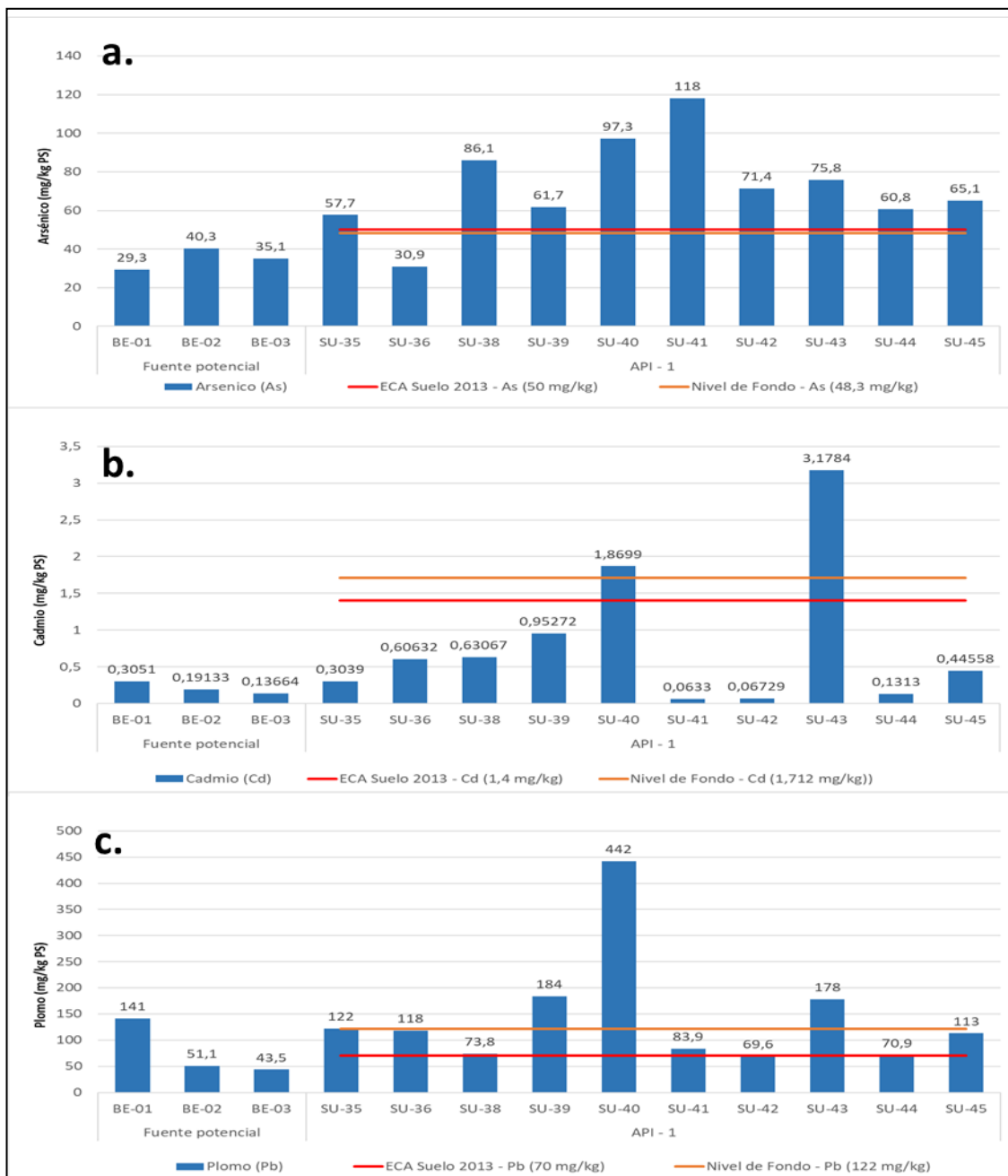


Figura 6.59. Concentraciones de **a)** arsénico, **b)** cadmio y **c)** plomo, por punto de muestreo en el API-1, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este)

Respecto a la determinación de disponibilidad de metales, la prueba de extracción secuencial a través de la metodología Tessier, mostró en el punto SU-44 que los metales Ba, Cd, y Fe presentaron concentraciones cuantificables en la primera fracción (iones intercambiables y solubles). En la segunda fracción (enlazados a carbonatos), los metales que presentaron concentraciones cuantificables fueron: Fe y Pb. Si bien se registraron mayores concentraciones en la sexta fracción, es importante resaltar la cuantificación en las primeras fracciones por su relación con su disponibilidad, lo cual permite que estos metales migren hacia otros lugares de acumulación. Cabe señalar que el Bario no presentó concentraciones cuantificables en ninguna de las fracciones. Asimismo, el Hg presentó concentraciones cuantificables solo en la sexta fracción. Los metales que tuvieron presencia en casi todas las fracciones (5 de 6) fueron el Ba y Pb (Figura 6.60).

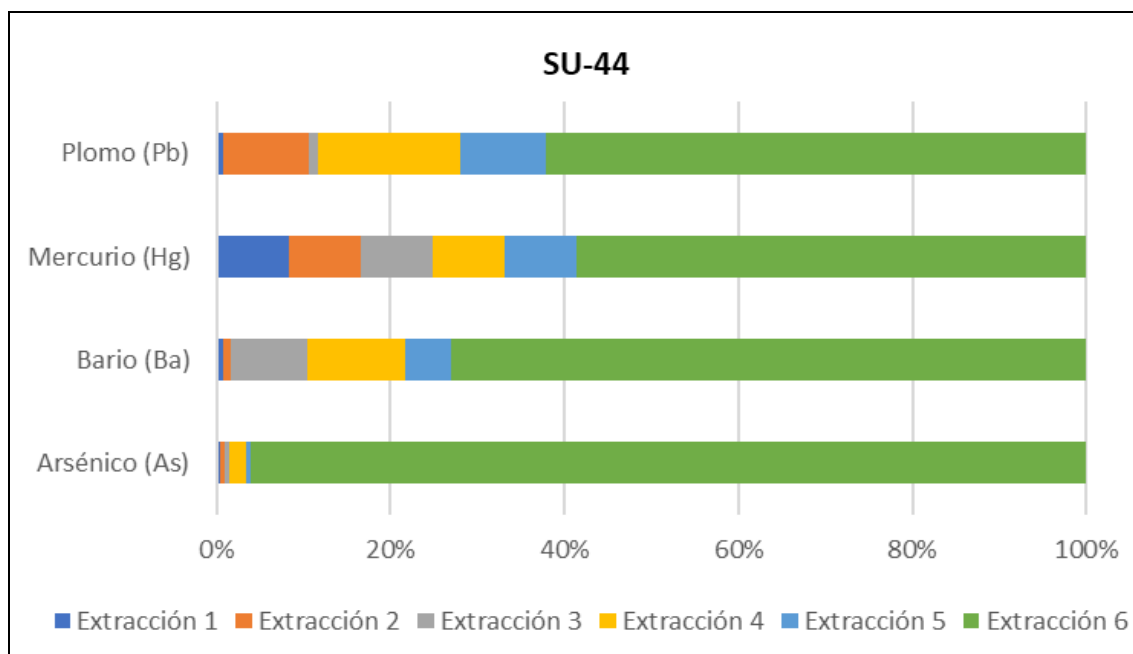


Figura 6.60. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-44 del API-1

Área de potencial interés 2 (API-2)

En el área de potencial interés API-2 se realizó el muestreo (simple) de identificación en 7 puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuentes potenciales (botadero de desmonte Este y planta de tratamiento de aguas ácidas NCD). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuentes potenciales (Figura 6.61).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

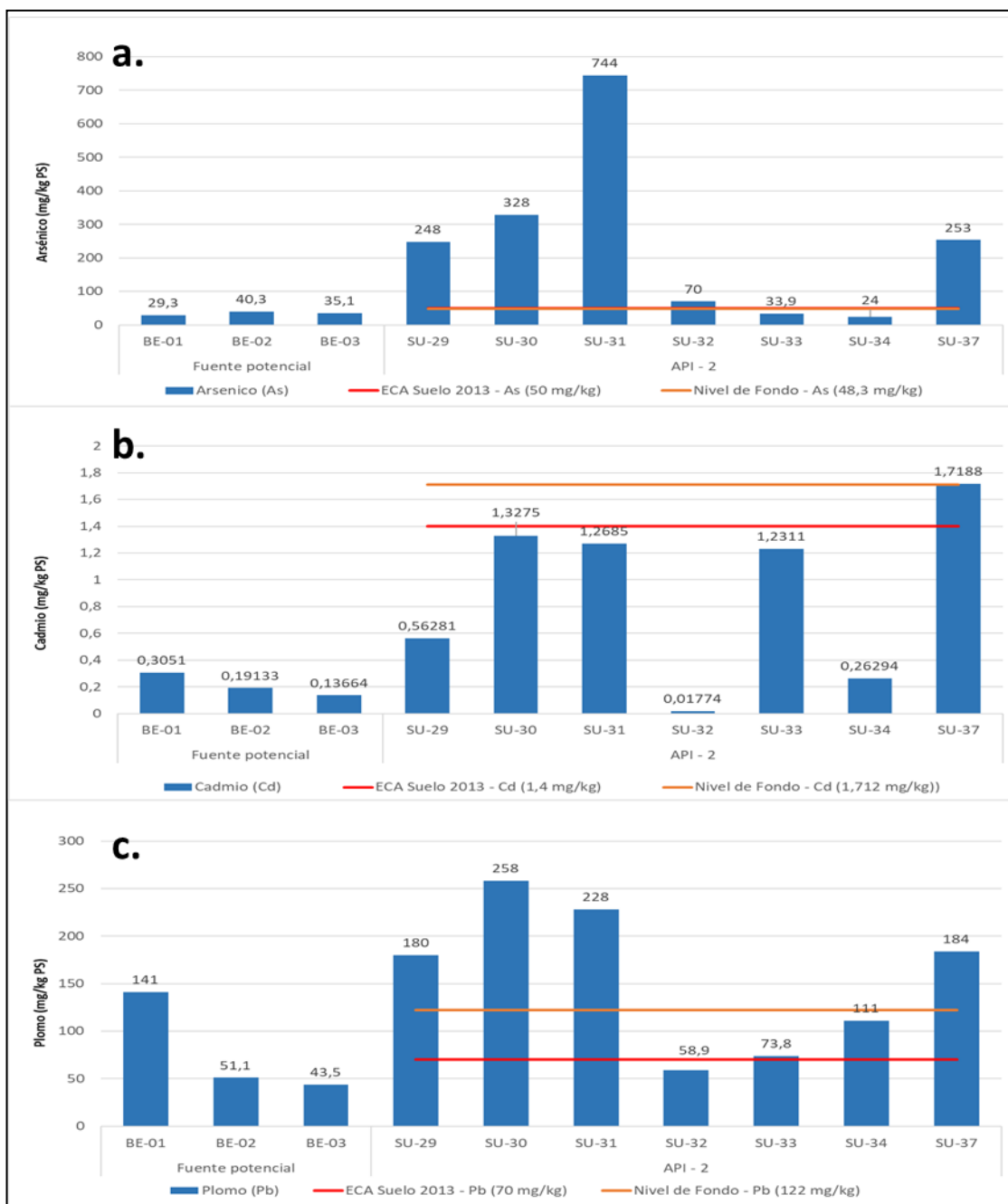


Figura 6.61. Concentraciones de **a)** arsénico, **b)** cadmio y **c)** plomo, por punto de muestreo en el API-2, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmote Este y planta de tratamiento de aguas ácidas NCD)

En cuanto a la determinación de disponibilidad de metales, la prueba de extracción secuencial a través de la metodología Tessier, mostró en el punto SU-33 que los metales Ba, Cd y Fe presentaron concentraciones cuantificables en la primera fracción (iones intercambiables y solubles). En la segunda fracción (enlazados a carbonatos), los metales que presentaron concentraciones cuantificables fueron: Cd, Fe y Pb. Si bien se registraron mayores concentraciones en la sexta fracción, es importante resaltar la cuantificación en las primeras fracciones por su relación con su disponibilidad, lo cual permite que estos

metales migren hacia otros lugares de acumulación. Cabe señalar que, el Hg presentó concentraciones cuantificables solo en la sexta fracción (Figura 6.62).

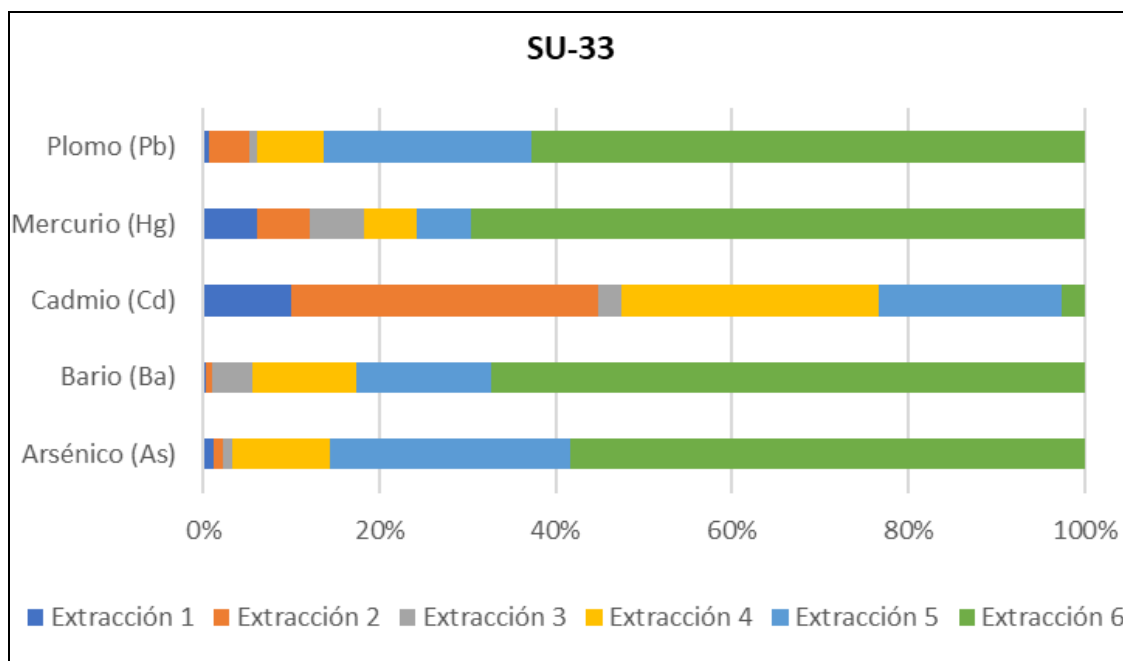


Figura 6.62. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, cadmio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-33 del API-2

Área de potencial interés 3 (API-3)

En el área de potencial interés API-3 se realizó el muestreo (simple) de identificación en doce puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuentes potenciales (botadero de desmonte Este y poza de sedimentación PS-SUR-07). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuentes potenciales (Figura 6.63).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

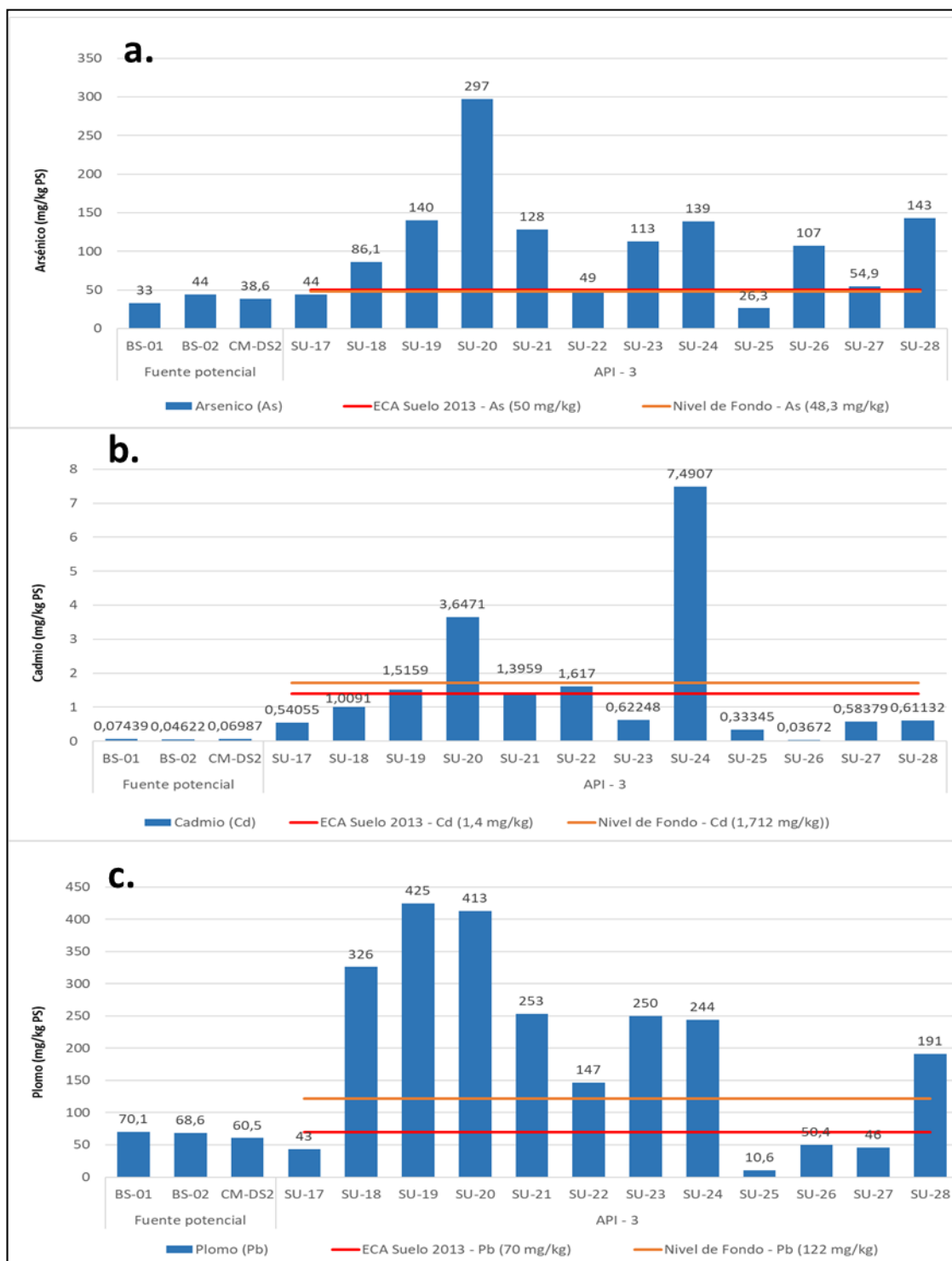


Figura 6.63. Concentraciones de **a)** arsénico, **b)** cadmio y **c)** plomo, por punto de muestreo en el API-3, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este y poza de sedimentación PS-SUR-07)

Sobre la determinación de disponibilidad de metales, la prueba de extracción secuencial a través de la metodología Tessier, verificó en el punto SU-26 que los metales Ba y Fe presentaron concentraciones cuantificables en la primera fracción (iones intercambiables y solubles). En la segunda fracción (enlazados a carbonatos) los metales que presentaron concentraciones cuantificables fueron: Fe y Pb. Si bien se registraron mayores concentraciones en la sexta fracción, es importante resaltar la cuantificación en las primeras fracciones por su relación con su disponibilidad, lo cual permite que estos metales migren hacia otros lugares de acumulación. Resaltar que, el cadmio no presentó concentraciones cuantificables en ninguna de las fracciones. Asimismo, el As presentó concentraciones cuantificables solo en la sexta fracción (Figura 6.64).

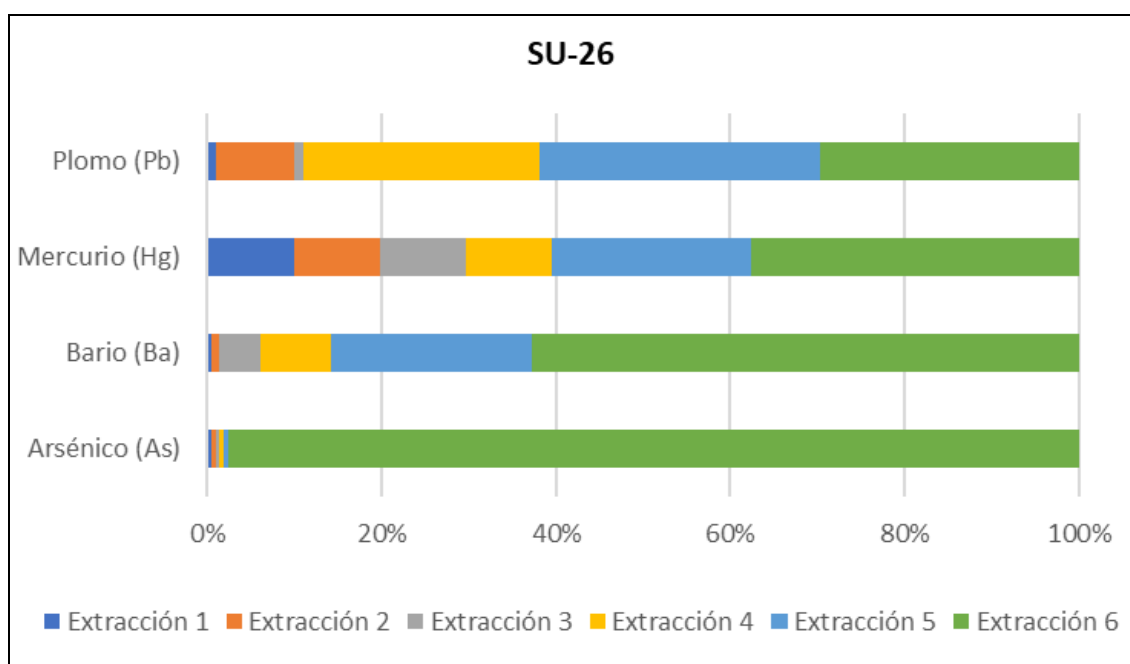


Figura 6.64. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-26 del API-3

Área de potencial interés 4 (API-4)

En el área de potencial interés API-4 se realizó el muestreo (simple) de identificación en 8 puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuentes potenciales (botadero de desmonte Sur y pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuentes potenciales (Figura 6.65).

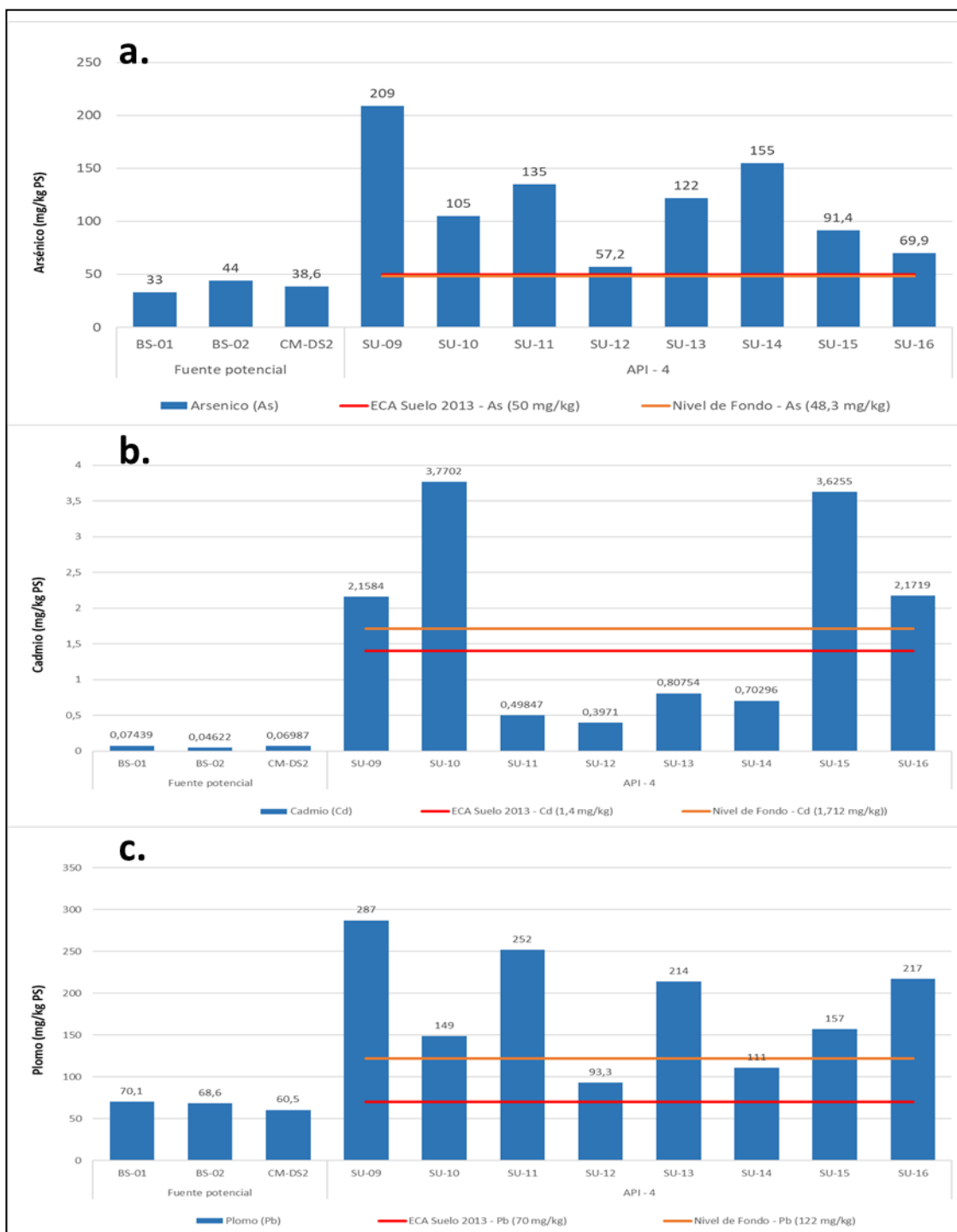
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud


Figura 6.65. Concentraciones de **a)** arsénico, **b)** cadmio y **c)** plomo, por punto de muestreo en el API-4, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Sur y pozas de sedimentación PS-SUR-01 y PS-SUR-02)

En relación con la determinación de disponibilidad de metales, la prueba de extracción secuencial a través de la metodología Tessier, mostró en el punto SU-14 que los metales Pb, Ba y Fe presentaron concentraciones cuantificables en la primera fracción (iones intercambiables y solubles). En la segunda fracción (enlazados a carbonatos) los metales

que presentaron concentraciones cuantificables fueron: Cd, Fe y Pb. Si bien se registraron mayores concentraciones en la quinta fracción, es importante resaltar la cuantificación en las primeras fracciones por su relación con su disponibilidad, lo cual permite que estos metales migren hacia otros lugares de acumulación (Figura 6.66).

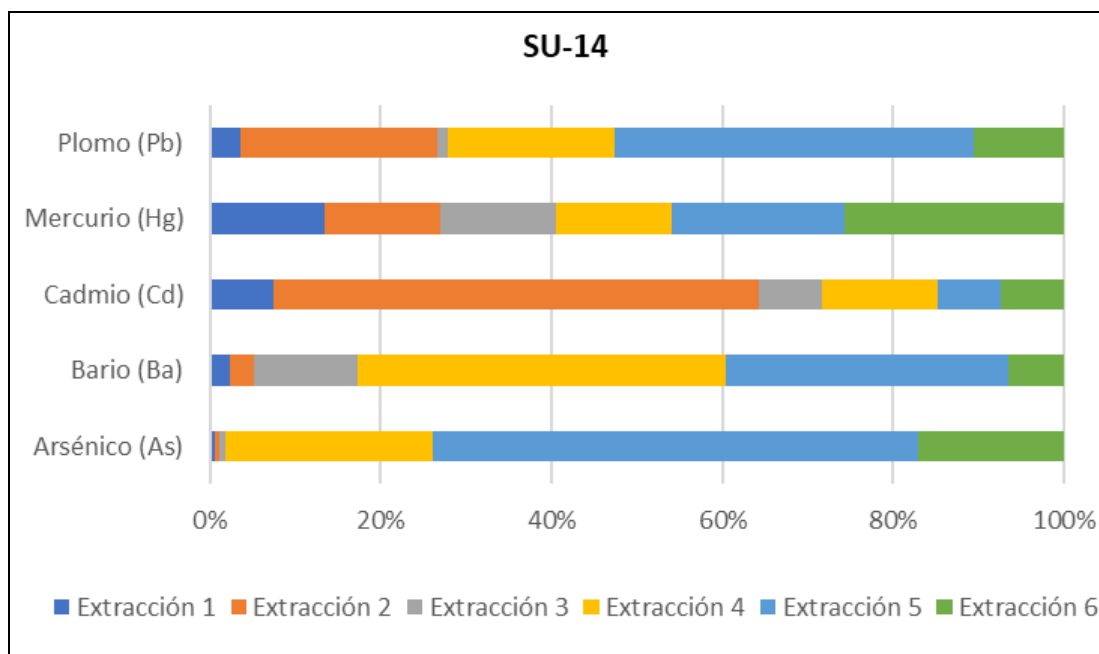


Figura 6.66. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, cadmio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-14 del API-4

Área de potencial interés 5 (API-5)

En el área de potencial interés API-5 se realizó el muestreo (simple) de identificación en 7 puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuente potencial (botadero de desmonte Suroeste). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuente potencial (Figura 6.67).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

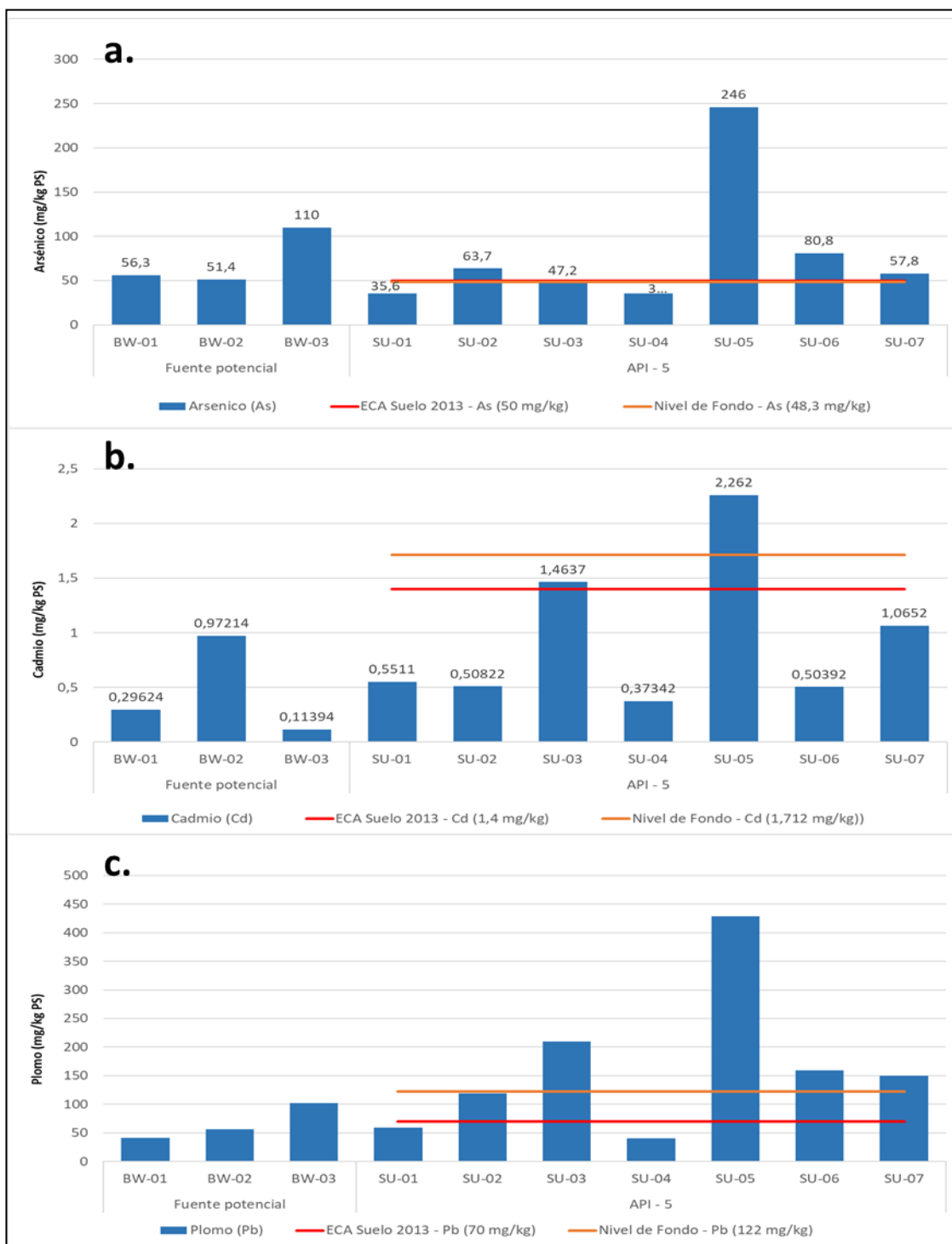


Figura 6.67. Concentraciones de **a)** arsénico, **b)** cadmio y **c)** plomo, por punto de muestreo en el API-5, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Suroeste)

Respecto a la determinación de disponibilidad de metales, la prueba de extracción secuencial a través de la metodología Tessier, mostró en el punto SU-04 que los metales Ba y Fe presentaron concentraciones cuantificables en la primera fracción (iones intercambiables y solubles). En la segunda fracción (enlazados a carbonatos) los metales que presentaron concentraciones cuantificables fueron: Ba y Fe. Si bien se registraron mayores concentraciones en la cuarta y sexta fracción, es importante resaltar la cuantificación en las primeras fracciones por su relación con su disponibilidad, lo cual permite que estos metales migren hacia otros lugares de acumulación (Figura 6.68).

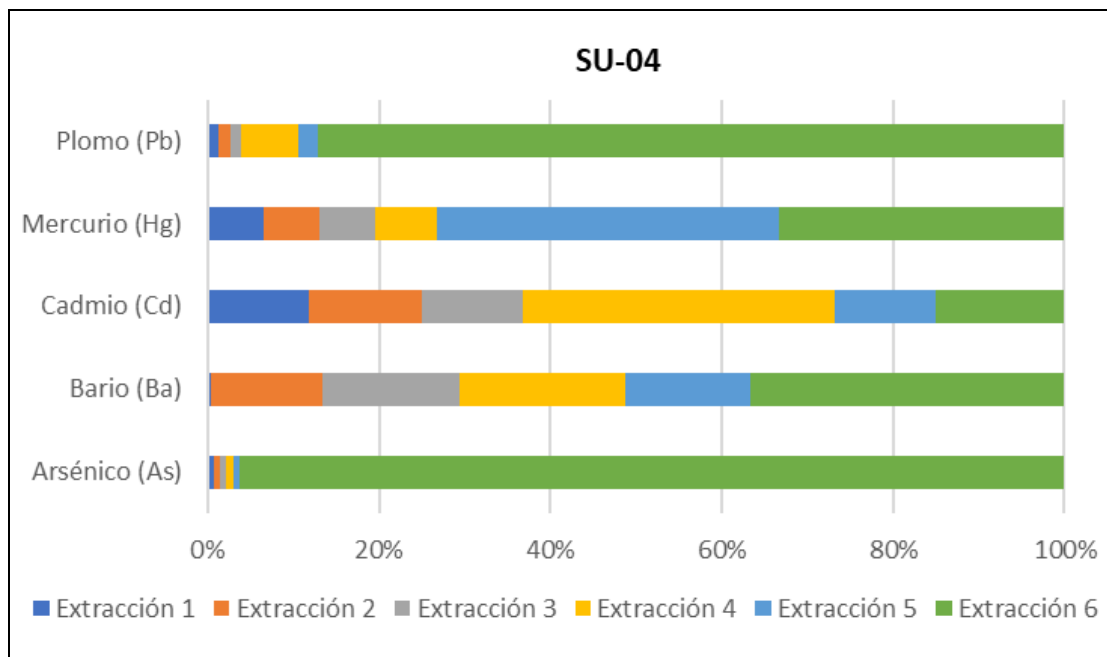


Figura 6.68. Resultados de plomo soluble, mercurio soluble, cadmio soluble, bario soluble y arsénico soluble de la muestra tomada en el punto SU-04 del API-5

6.3.5.2.3. Margen derecha del río Quicay

En este sector se evaluaron las áreas de potencial interés API-6, API-7, API-8 y API-9. En cada API se tomaron entre 2 y 6 puntos de muestras compuestas.

Área de potencial interés 6 (API-6)

En el área de potencial interés API-6 se realizó el muestreo (compuesto) de identificación en 2 puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuente potencial (botadero de desmonte Este). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuente potencial (Figura 6.69).

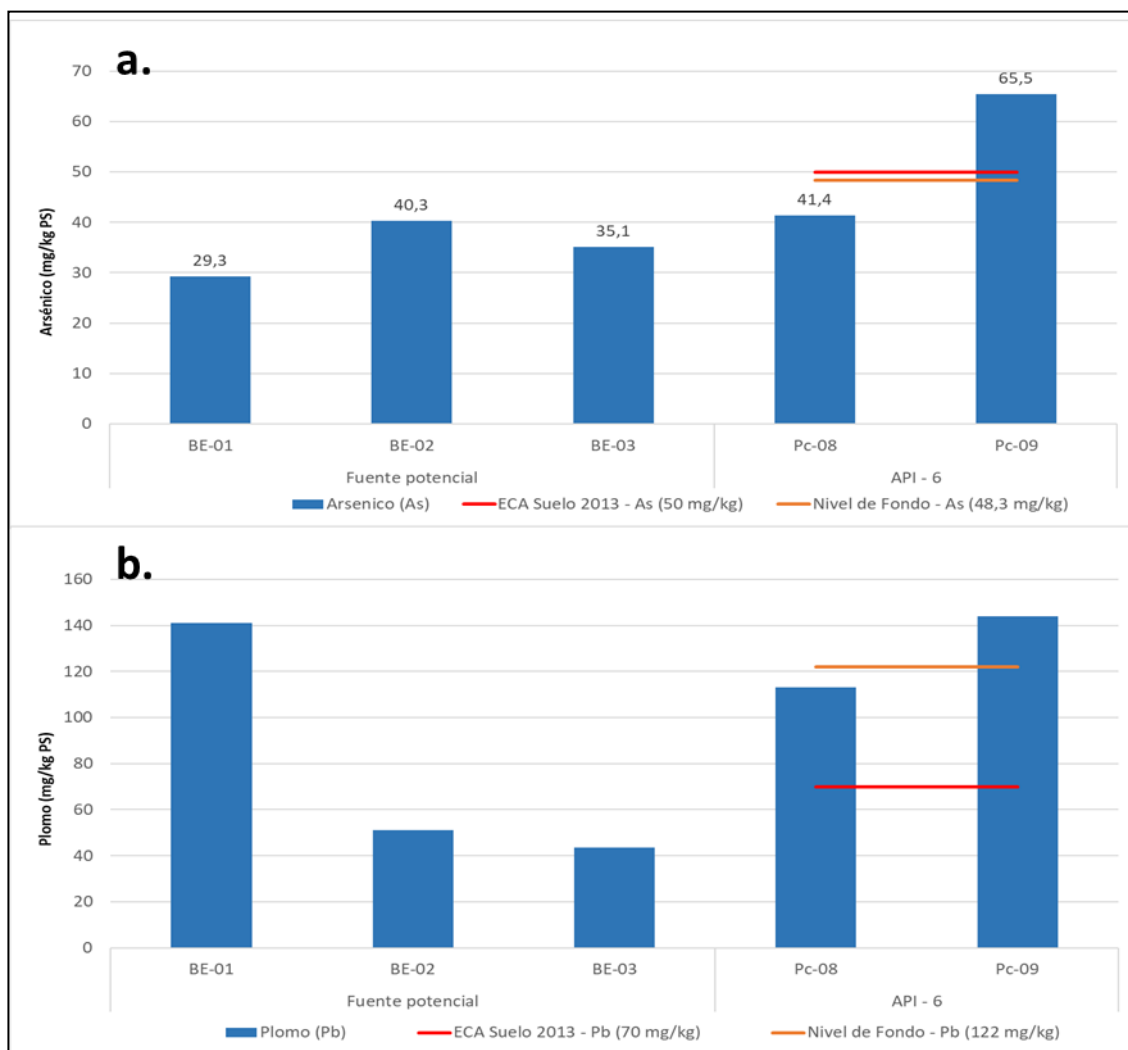


Figura 6.69. Concentraciones de **a)** arsénico y **b)** plomo, por punto de muestreo en el API-6, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este)

Área de potencial interés 7 (API-7)

En el área de potencial interés API7 se realizó el muestreo (simple) de identificación en 6 puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuente potencial (botadero de desmonte Suroeste). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuente potencial (Figura 6.70).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

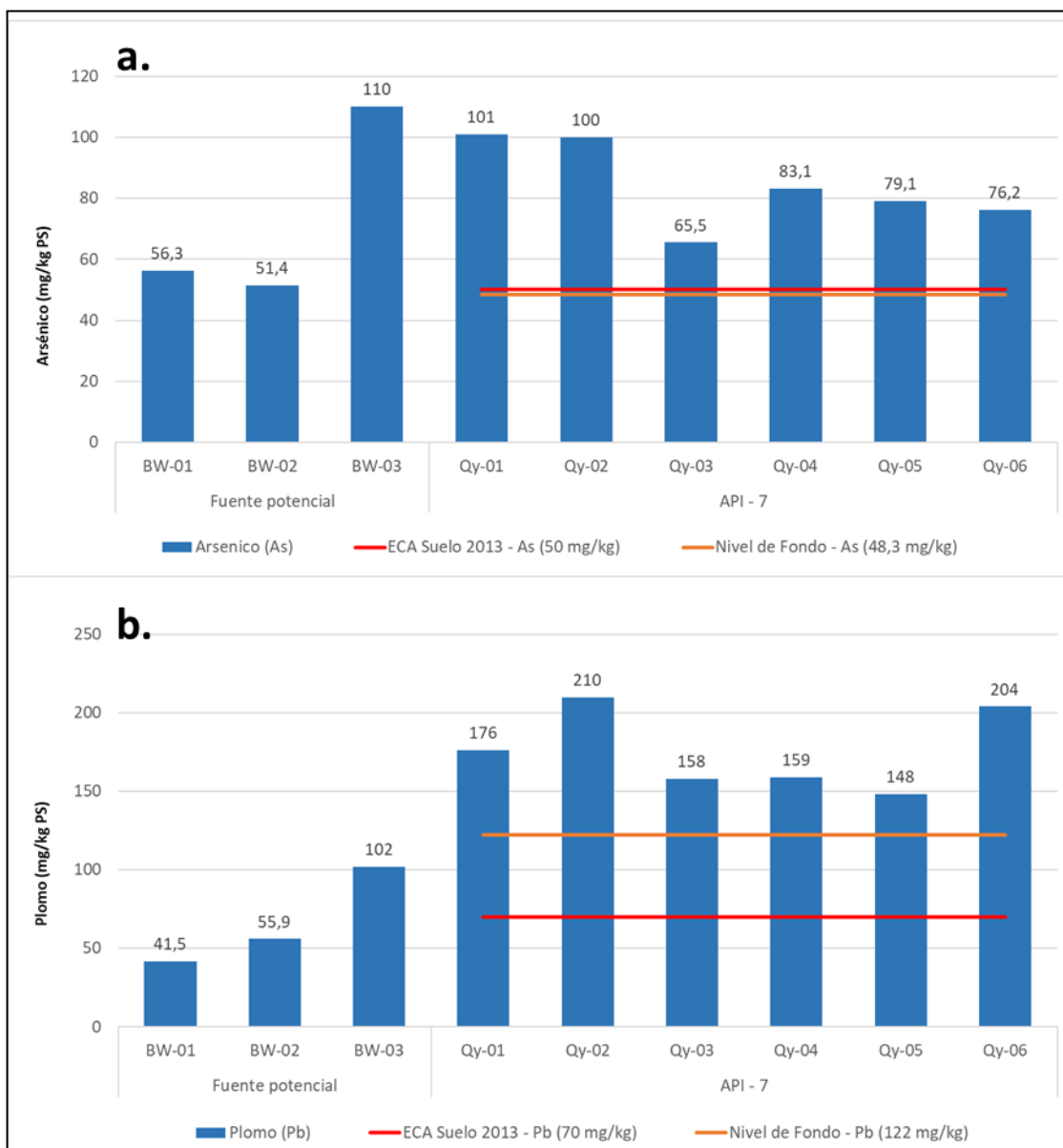


Figura 6.70. Concentraciones de **a)** arsénico y **b)** plomo, por punto de muestreo en el API-7, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Suroeste)

Área de potencial interés 8 (API-8)

En el área de potencial interés API-8 se realizó el muestreo (simple) de identificación en seis puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuente potencial (botadero de desmonte Sur). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuente potencial (Figura 6.71).

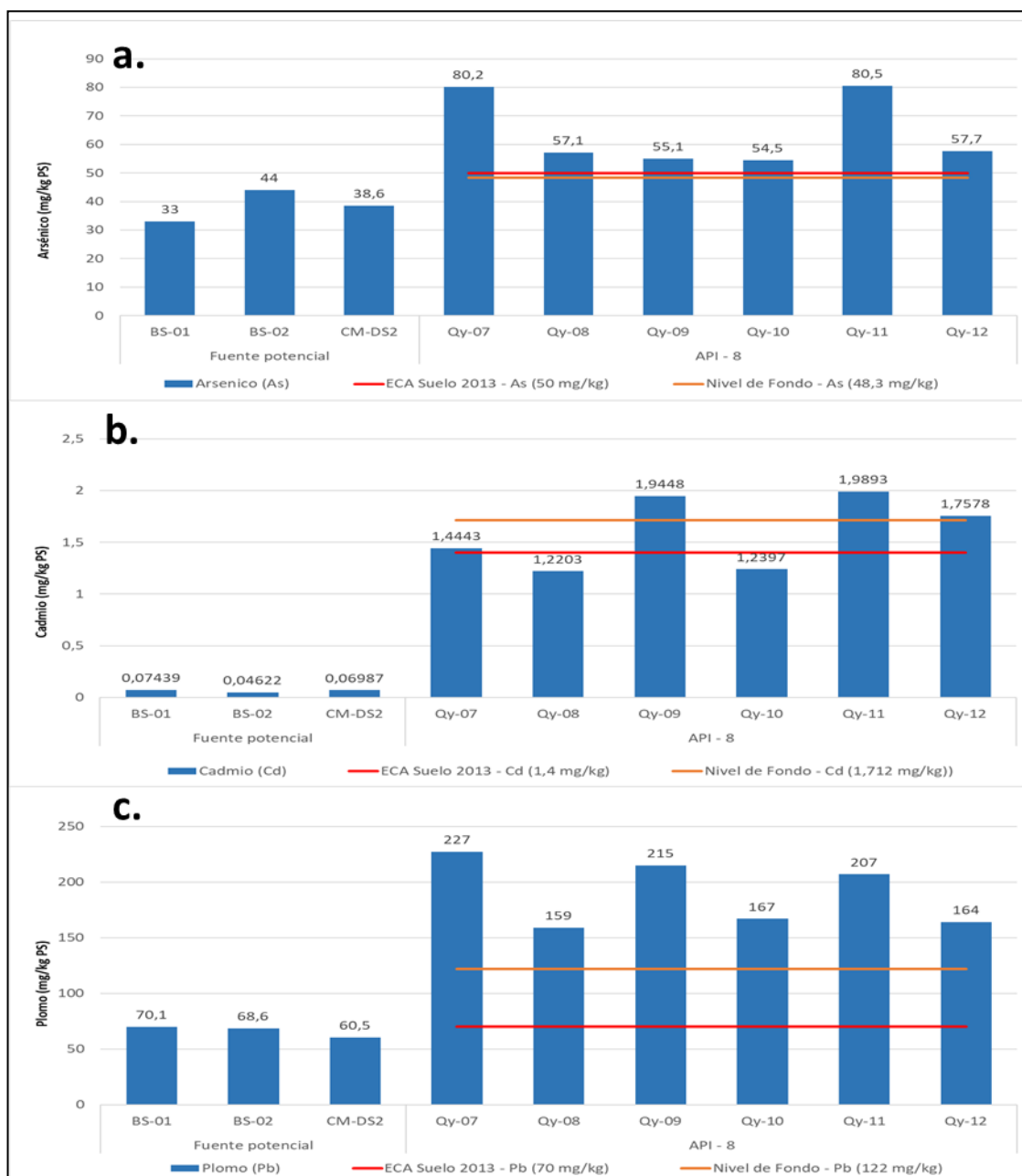


Figura 6.71. Concentraciones de **a)** arsénico, **b)** cadmio y **c)** plomo, por punto de muestreo en el API-8, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Sur)

Área de potencial interés 9 (API-9)

En el área de potencial interés API-9 se realizó el muestreo (simple) de identificación en tres puntos. Sus resultados fueron comparados con los obtenidos del componente minero identificado como fuente potencial (botadero de desmonte Este). Los puntos de muestreo registraron que los metales: arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo y el valor de nivel de fondo en más de un caso; asimismo, sus concentraciones fueron inferiores o similares a las registradas en el componente minero identificado como fuente potencial (Figura 6.72).

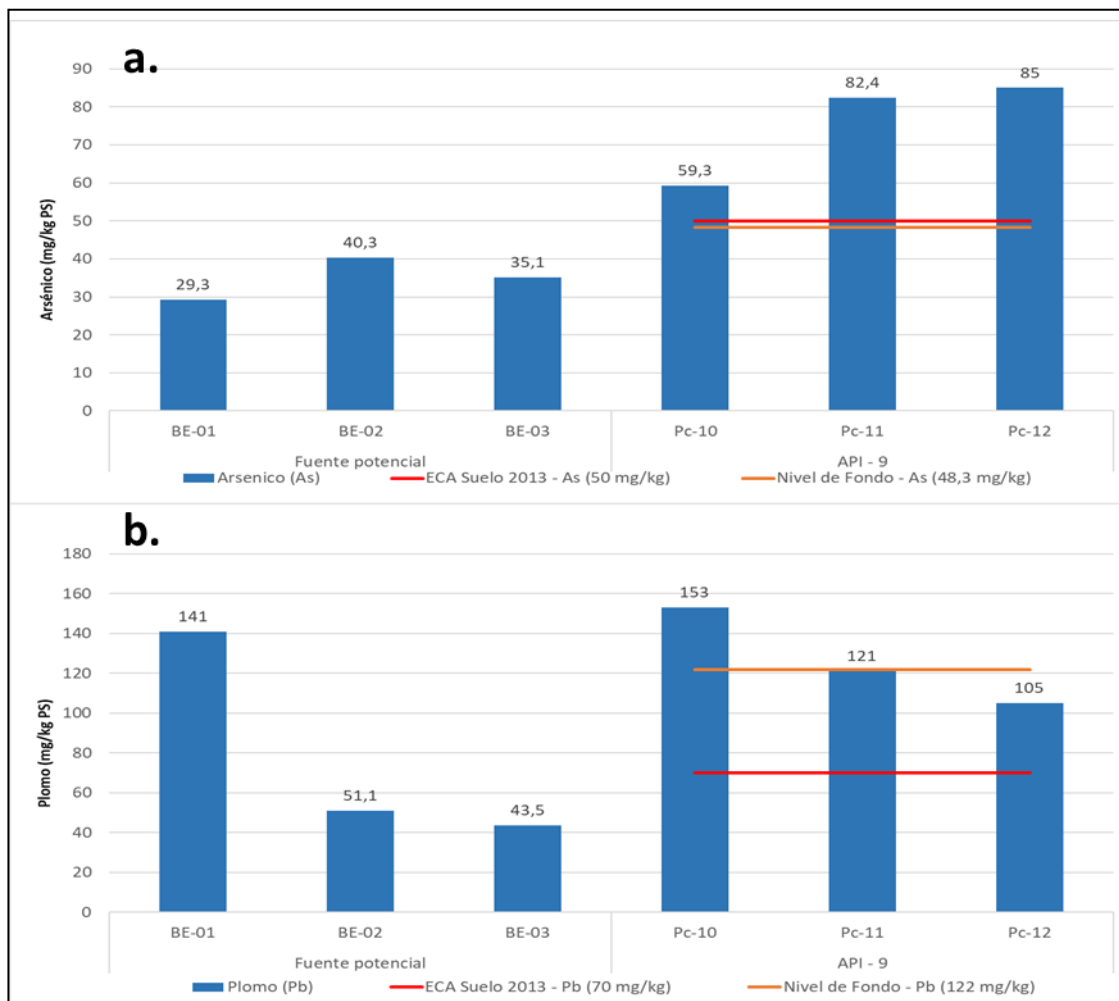


Figura 6.72. Concentraciones de **a)** arsénico y **b)** plomo, por punto de muestreo en el API-9, comparadas con los ECA para suelo 2013 de uso agrícola, los valores de nivel de fondo y las concentraciones de la fuente (botadero de desmonte Este)

6.3.6. Flora

Los resultados obtenidos en la evaluación de flora en la unidad fiscalizable Quicay se muestran a continuación.

6.3.6.1. Composición florística

Se han identificado 85 especies de plantas vasculares, agrupadas en 3 clases, 23 familias botánicas y 58 géneros (Anexo 7). La clase Magnoliopsida (angiospermas) representa el

grupo dominante con 55 especies (64,7 %), seguidas de la clase Liliopsida (angiospermas) con 29 especies (34,1 %). Una menor diversidad presenta la clase Lycopodiopsida con una especie (1,2 %), tal como se detalla en la Tabla 6.37 y Figura 6.73.

Tabla 6.28. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio

Clase	Familia	Género	Especie
Lycopodiopsida	1	1	1
Liliopsida	3	17	29
Magnoliopsida	19	40	55

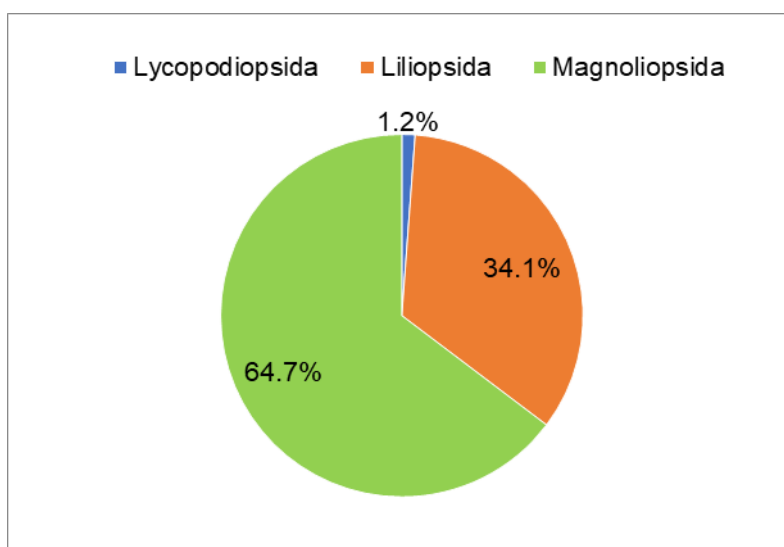


Figura 6.73. Porcentaje de especies por Clase registrado en el área de estudio

Las familias más diversas fueron Asteraceae con 20 especies en 15 géneros y Poaceae con 20 especies en 9 géneros (Figuras 6.74). En conjunto, solo estas 2 familias agrupan el 47,1 % del total de especies, cerca de la mitad del total presentes en el área de estudio (Figuras 6.75), en general estas familias son las más frecuentes (diversas) en los Andes del Perú.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

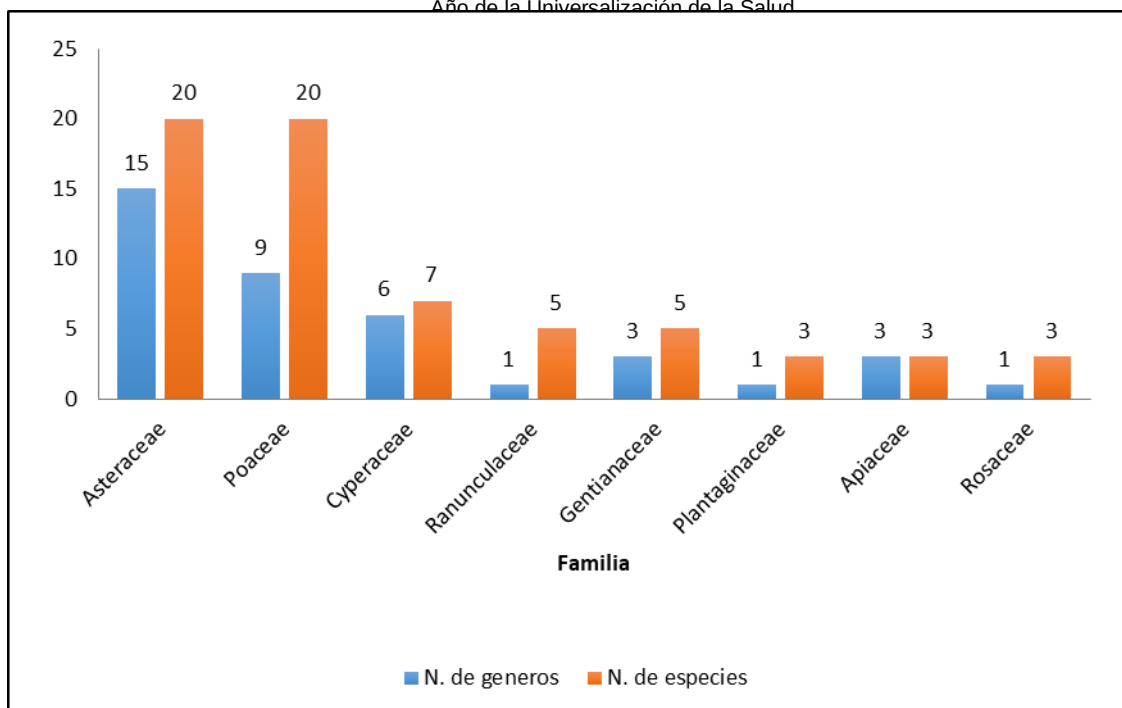


Figura 6.74. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio

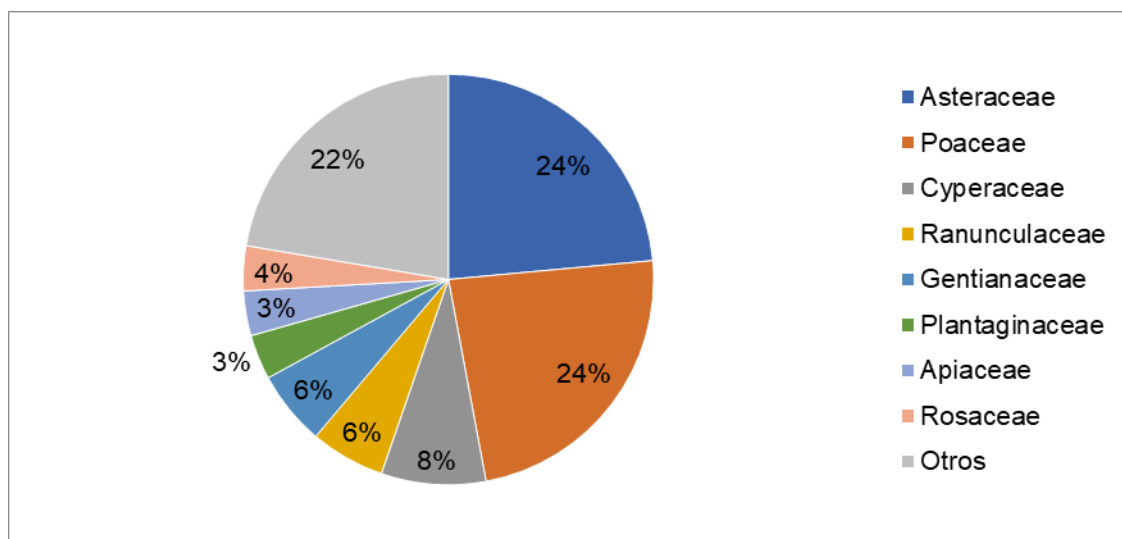


Figura 6.75. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 3 % de especies registradas en el área de estudio

Los géneros con mayor número de especies fueron *Calamagrostis*, *Ranunculus* y *Werneria* con 8, 5 y 4 especies cada uno (Figura 6.76).

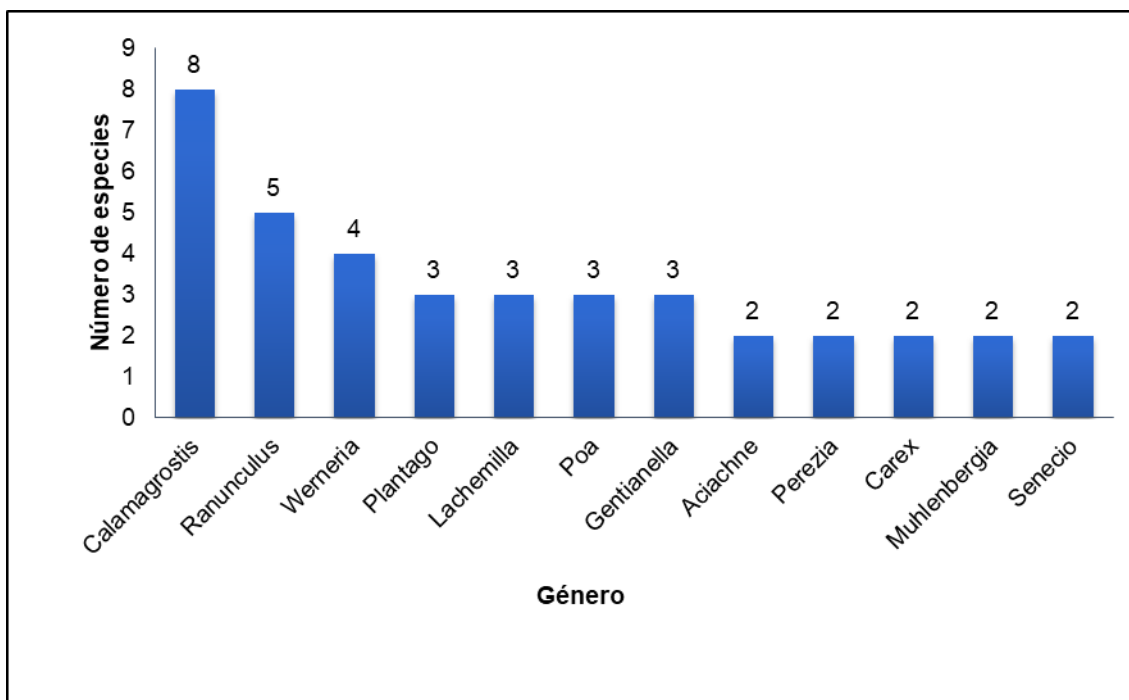


Figura 6.76. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio

Las especies con forma de crecimiento herbáceo fueron las más comunes en el área de estudio, con 82 especies que representa el 96,5 % del total de las especies, seguida de la forma sufrutice con 2 especies (2,4 %). Mientras que, se registró solo una especie arbustiva que representa el 1,2 % del total de especies (Figura 6.77).

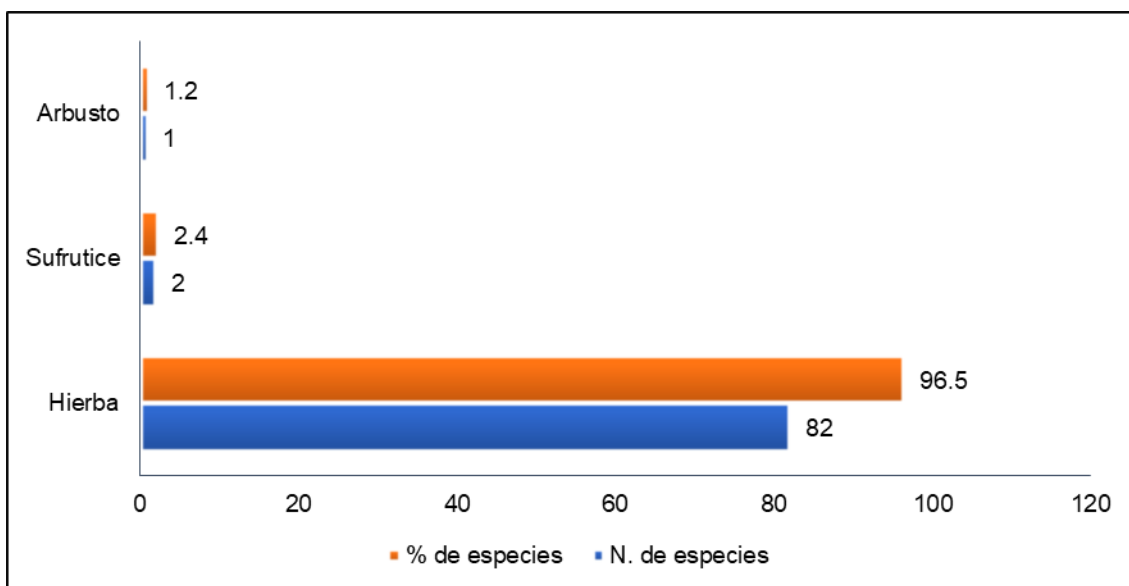


Figura 6.77. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio

En el área de estudio se evaluaron 8 áreas de potencial interés (API) agrupadas en 7 zonas que incluyen una zona de control y una zona adicional que abarca los depósitos de desmontes de la UF Quicay (Figura 6.78).

El número de especies por área de evaluación es variado siendo mayor en la zona V (que abarca las áreas de potencial interés API-5 y API-7 con 46 y 36 especies respectivamente). La zona III (que abarca el área de potencial interés API-3) registró un total de 36 especies, siendo también una de las zonas con mayor número de especies. El menor registro de especies se dió en la zona de depósito de desmonte con 11 especies.

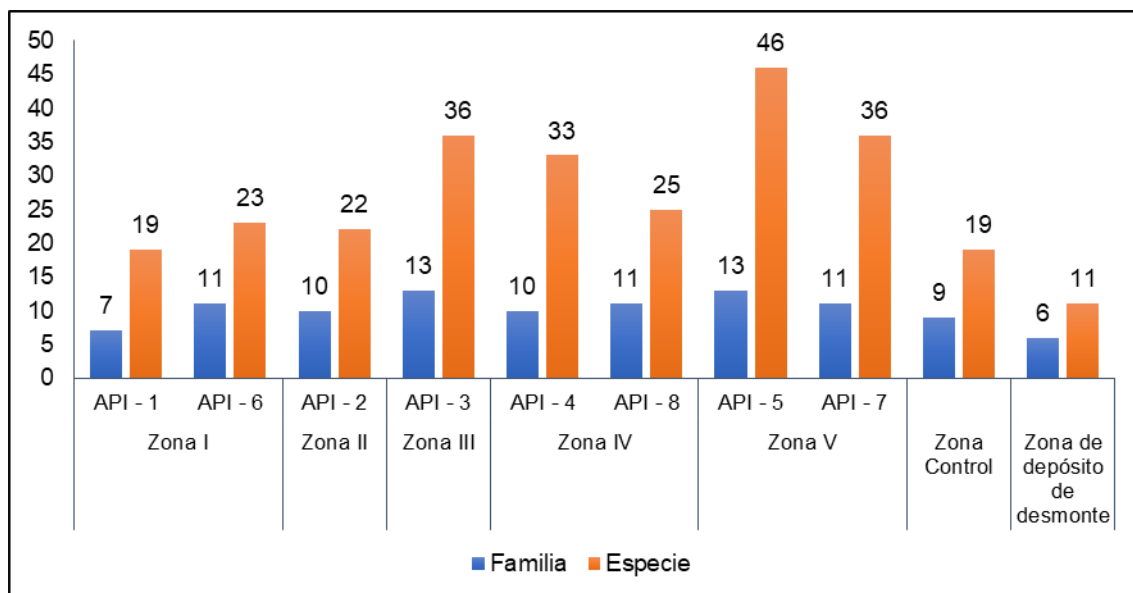


Figura 6.78. Número de especies, géneros y familias presentes en las formaciones vegetales en el área de estudio

6.3.6.2. Cobertura vegetal

La cobertura de la vegetación en las áreas de potencial interés en el área de estudio presenta valores de bajos a altos, que varían de 54,6 a 94,8 %. La mayor cobertura promedio se registró en el API-6 con 94,8 %, seguida del API-8 con 94,2 % y el API-3 con 84,8 %; los valores más bajos de cobertura se registraron en el API-1 y API-2 con 66,6 % y 54,6 % respectivamente (Figura 6.79).

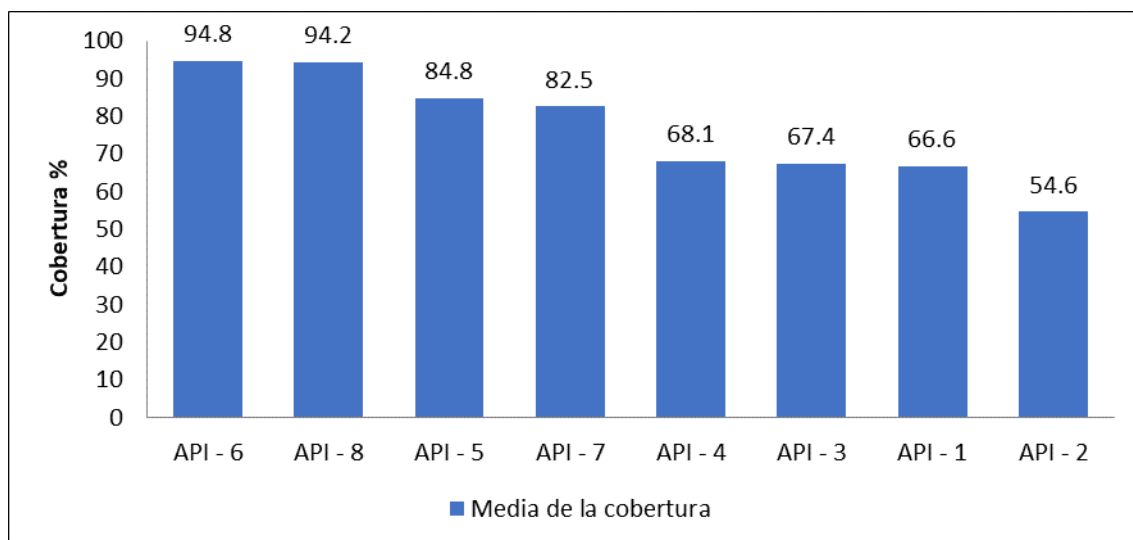


Figura 6.79. Media de la cobertura por área de potencial interés evaluado en el área de estudio

6.3.6.2.1. Cobertura en el API-1

De los 9 cuadrantes evaluados en el área de potencial interés API-1 se observa que la cobertura de especies es muy variada (Figura 6.80). Las especies con mayor proporción de cobertura en esta área fueron: *Plantago rigida* con 18,2 %, debido a la presencia de bofedales en la zona evaluada, seguidos de *Trichophorum rigidum* (8,1 %) y *Aciachne acicularis* (7,2 %), todas especies herbáceas. Entre otras especies con mayor cobertura están *Eleocharis albibracteata* (6,9 %) y *Calamagrostis cf. brevifolia* (5,4 %).

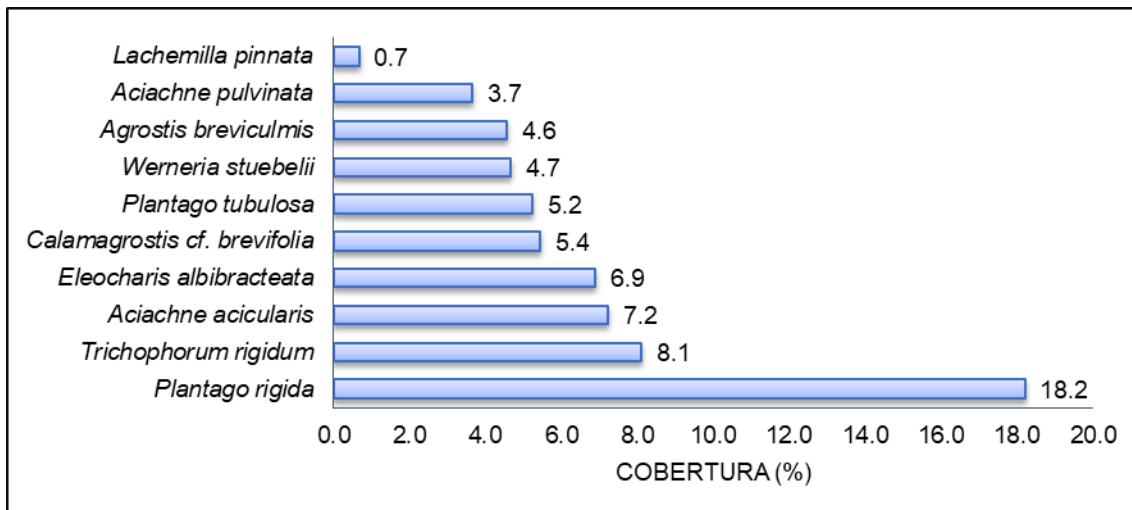


Figura 6.80. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-1

6.3.6.2.2. Cobertura en el API-2

De los 7 cuadrantes evaluados en el área de potencial interés API-2 se observa que las especies con mayor proporción de cobertura en esta área fueron: *Calamagrostis cf. brevifolia* con 8 %, seguido de *Calamagrostis cf. tarmensis* y *Carex bonplandii* con 6,14 % para ambas (Figura 6.81). Entre otras especies con mayor cobertura están *Plantago rigida* (5,71 %) y *Distichia muscoides* (5,0 %), ambas especies dominantes de zonas de bofedal.

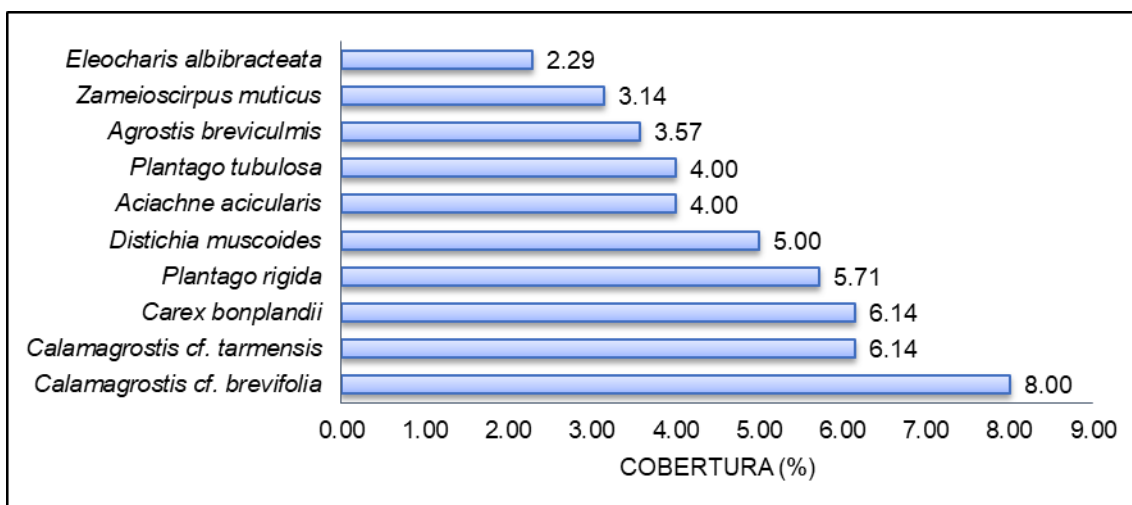


Figura 6.81. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-2

6.3.6.2.3. Cobertura en el API-3

De los 12 cuadrantes evaluados en el área de potencial interés API-3 las especies con mayor proporción de cobertura en esta área fueron: *Calamagrostis cf. tarmensis* con 10,5 %, seguido de *Carex bonplandii* (9,58 %) y *Lachemilla pinnata* (6,83 %), todas especies herbáceas con dominancia en bofedales. Otra especie con mayor cobertura es *Eleocharis albibracteata* con 6,5 % (Figura 6.82).

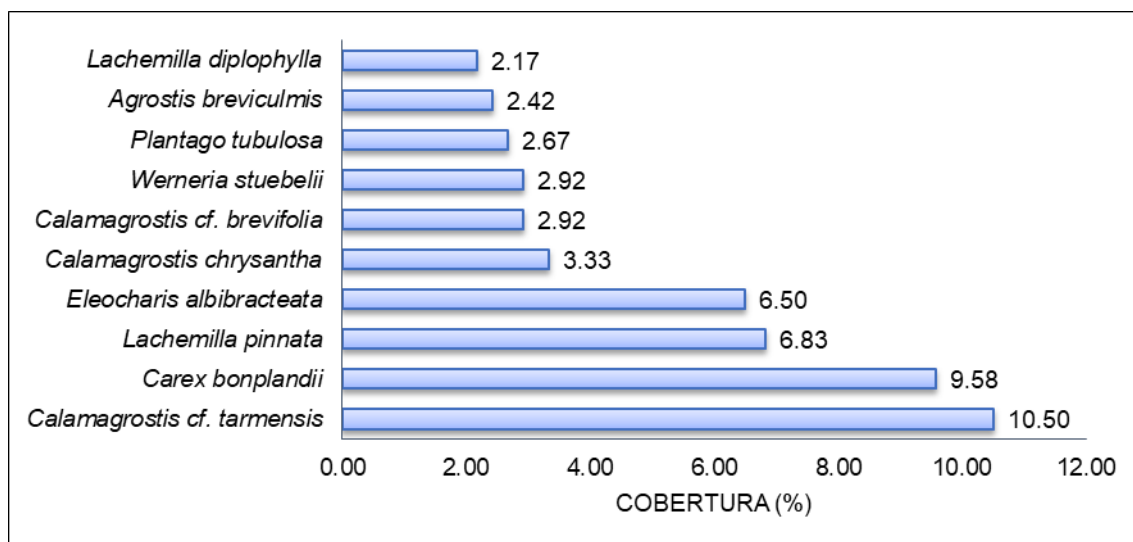


Figura 6.82. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API - 3

6.3.6.2.4. Cobertura en el API-4

En el área de potencial interés API-4 se evaluaron 8 cuadrantes, donde la especie con mayor proporción de cobertura en esta área fue *Eleocharis albibracteata* con 24,38 %, una especie herbacea común en zonas de bofedal. Otras especies con mayor proporción de cobertura fueron *Calamagrostis rigescens* (5,88 %), *Aciachne pulvinata* (5,13 %) y *Poa serpaiana* (4,5 %), todas especies herbáceas (Figura 6.83).

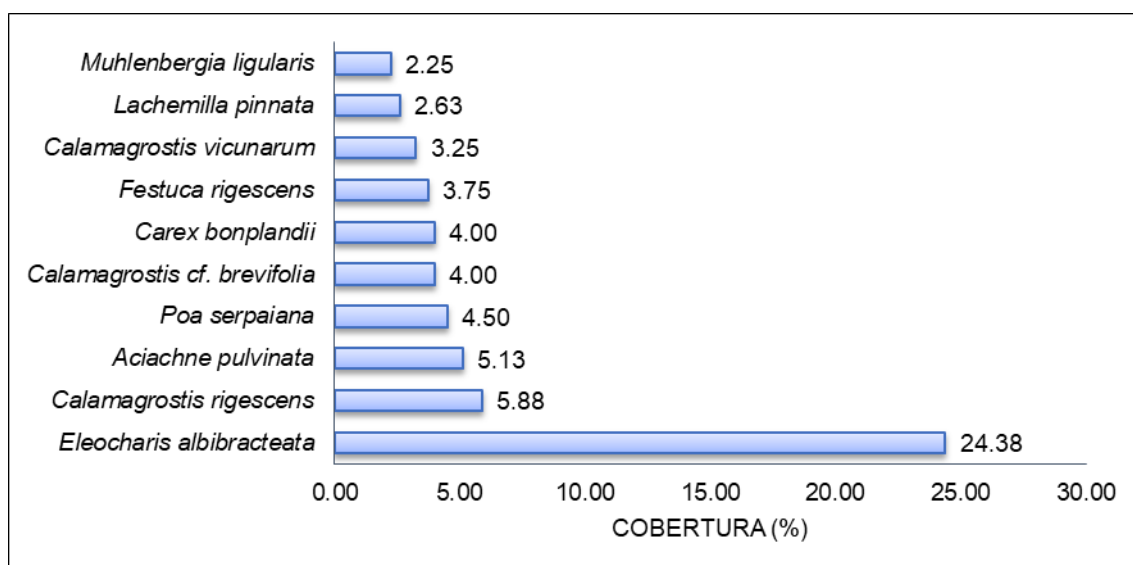


Figura 6.83. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API - 4

6.3.6.2.5. Cobertura en el API-5

De los 8 cuadrantes evaluados en el área de potencial interés API – 5 se observa que las especies con mayor proporción de cobertura en esta área fueron: *Plantago tubulosa* con 13,63 %, seguido de *Eleocharis albibracteata* (12,75 %) y *Calamagrostis cf. brevifolia* (12,13 %) (Figura 6.84). Entre otras especies con mayor cobertura están *Agrostis breviculmis*, *Calamagrostis rigescens* y *Carex brachycalama* con 5,63 % para las 3 especies.

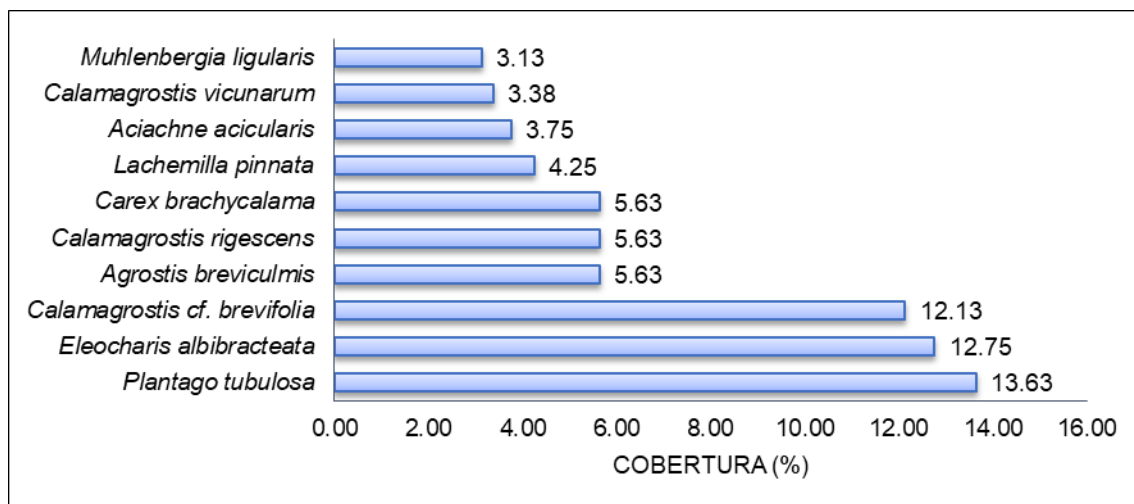


Figura 6.84. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-5

6.3.6.2.6. Cobertura en el API-6

En el área de potencial interés API-6 se evaluaron 4 cuadrantes, donde la especie con mayor proporción de cobertura en esta área fue *Plantago tubulosa* con 42,75 %, una especie herbácea común en zonas de bofedal (Figura 6.85). Otras especies con mayor proporción de cobertura fueron *Calamagrostis cf. brevifolia* (12,75 %) y *Werneria pygmaea* (8,0 %), todas especies herbáceas.

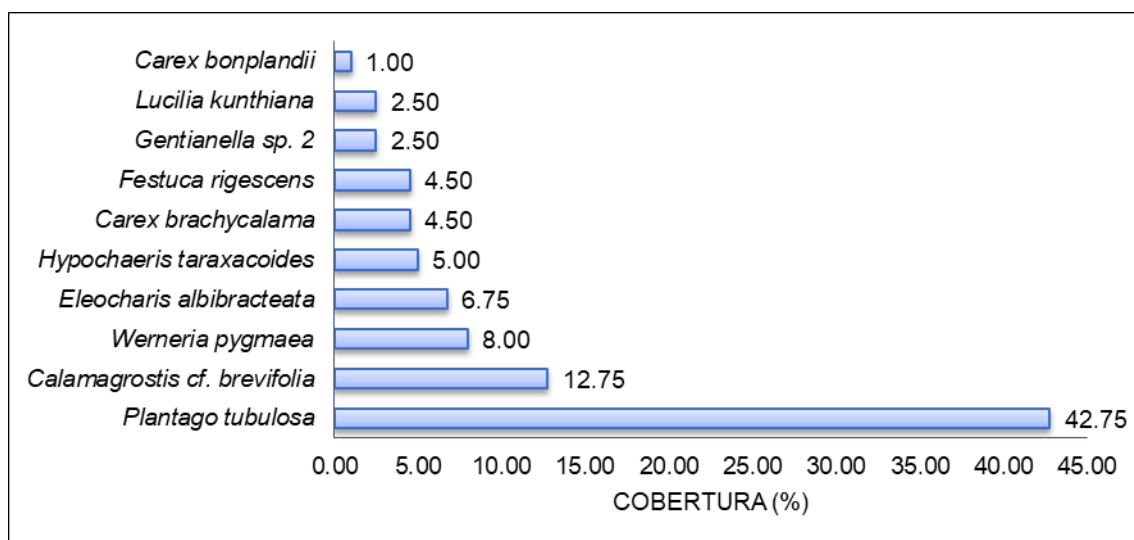


Figura 6.85. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-6

6.3.6.2.7. Cobertura en el API-7

En el área de potencial interés API-7 se evaluaron 6 cuadrantes, donde la especie con mayor proporción de cobertura en esta área fue *Plantago rigida* con 26,0 %, una especie herbácea común en zonas de bofedal (Figura 6.86). Otras especies con mayor proporción de cobertura fueron *Calamagrostis vicunarum* (8,83 %), *Aciachne acicularis* (7,83 %) y *Plantago tubulosa* (7,83 %), todas especies herbáceas.

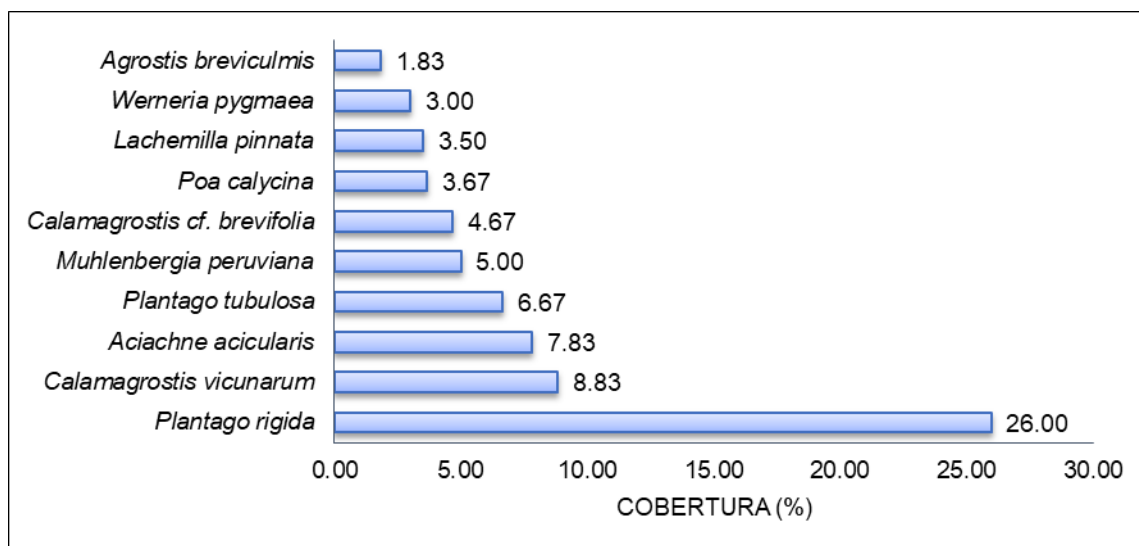


Figura 6.86. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-7

6.3.6.2.8. Cobertura en el API-8

De los 6 cuadrantes evaluados en el área de potencial interés API-8 se observa que las especies con mayor proporción de cobertura en esta área fueron: *Plantago tubulosa* con 37,17 %, seguido de *Calamagrostis cf. brevifolia* (23,0 %) y *Werneria pygmaea* (11,83 %) todas especies herbáceas (Figura 6.87). Entre otras especies con mayor cobertura están *Eleocharis albibracteata* y *Hypochaeris taraxacoides* con 4,17 % y 4,0 % respectivamente.

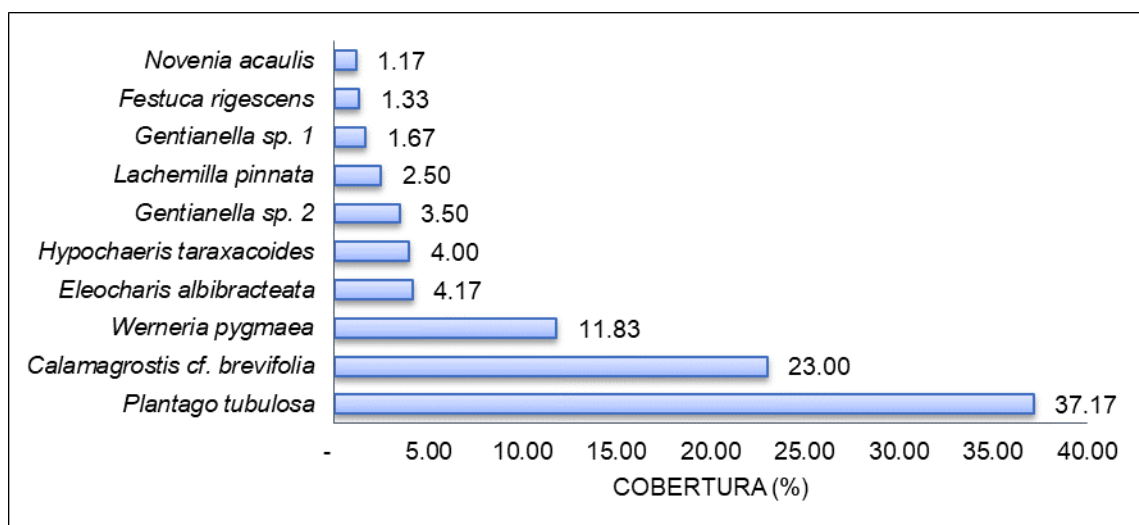


Figura 6.87. Especies con mayor cobertura en el área de potencia interés API-8

6.3.6.3. Especies amenazadas y endémicas de flora silvestre

6.3.6.4. Análisis de tejido vegetal

Se tomaron muestras de tejido vegetal de 4 especies representativas de las zonas de estudio. Tanto en las áreas de potencial interés como en la de nivel de fondo (llamadas zona control). Las especies seleccionadas fueron *Plantago tubulosa*, *P. rigida*, *Calamagrostis* cf. *tarmensis*, *C. cf. brevifolia* y *Dactilys glomerata*. Los resultados se muestran a continuación.

6.3.6.4.1. Metales totales en tejido vegetal

a) *Calamagrostis* cf. *vicunarum*

Los resultados de la concentración de metales totales en el tejido de *Calamagrostis* cf. *vicunarum*, muestra una concentración variada en los diferentes puntos de evaluación, siendo relativamente menor para todos los casos en la zona control. Además, se muestra una mayor concentración en la raíz con respecto a la parte aérea.

Los resultados para 6 de los metales evaluados se muestran en la Figura 6.88, no se muestran los resultados en mercurio (Hg), debido a que se registró una concentración por debajo del límite de cuantificación.

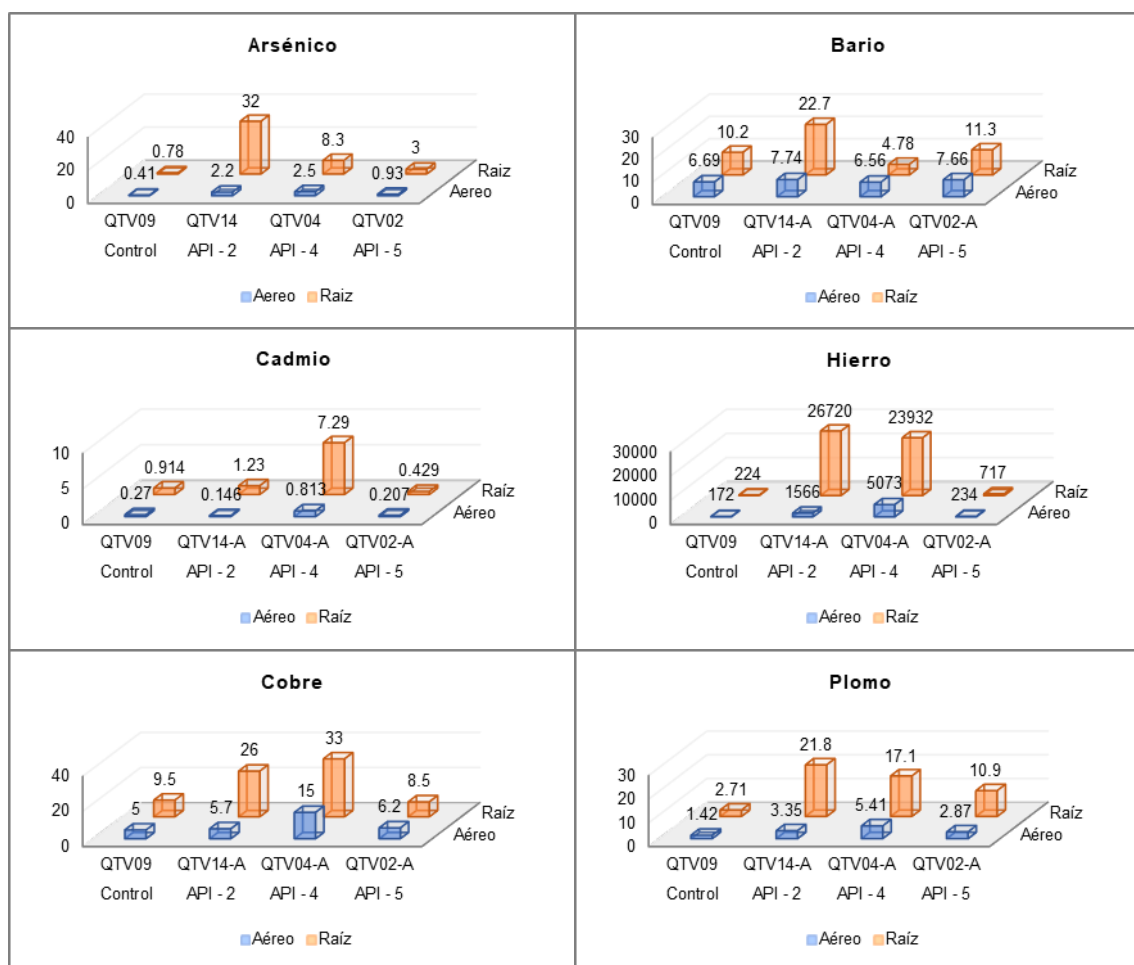


Figura 6.88. Concentración de metales (mg/kg) registrados en *Calamagrostis* cf. *Brevifolia*

b) *Calamagrostis cf. tarmensis*

Los resultados de la concentración de metales totales en el tejido de *Calamagrostis cf. tarmensis*, muestra una concentración variada en los diferentes puntos de evaluación, siendo relativamente menor en la zona control, principalmente para los metales arsénico, cadmio, hierro, cobre y plomo. Además, se muestra una mayor concentración en la raíz con respecto a la parte aérea.

Los resultados para 6 de los metales evaluados se muestran en la Figura 6.89, no se muestran los resultados en mercurio (Hg), debido a que se registró una concentración por debajo del límite de cuantificación.

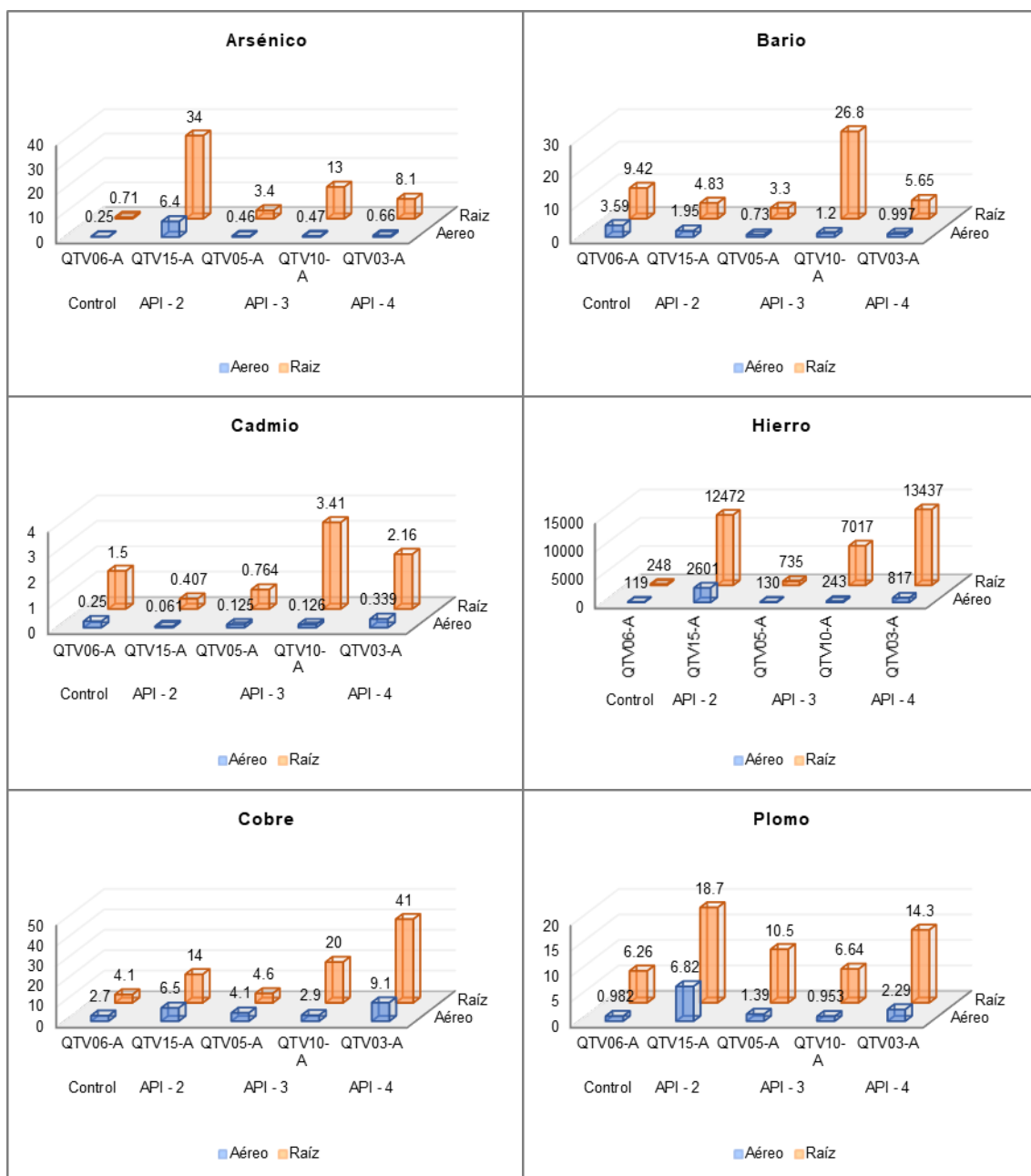


Figura 6.89. Concentración de metales (mg/kg) registrados en *Calamagrostis cf. tarmensis*

c) *Plantago tubulosa* y *P. rigida*

Los resultados de la concentración de metales totales en el tejido de las 2 especies *Plantago* evaluadas, muestra una concentración variada en los diferentes puntos de evaluación, siendo relativamente menor en la zona control, principalmente para los metales arsénico, cadmio, hierro y plomo. Además, se muestra una mayor concentración en la raíz con respecto a la parte aérea.

Los resultados para 6 de los metales evaluados se muestran en la Figura 6.90, no se muestran los resultados en mercurio (Hg), debido a que se registró una concentración por debajo del límite de cuantificación.

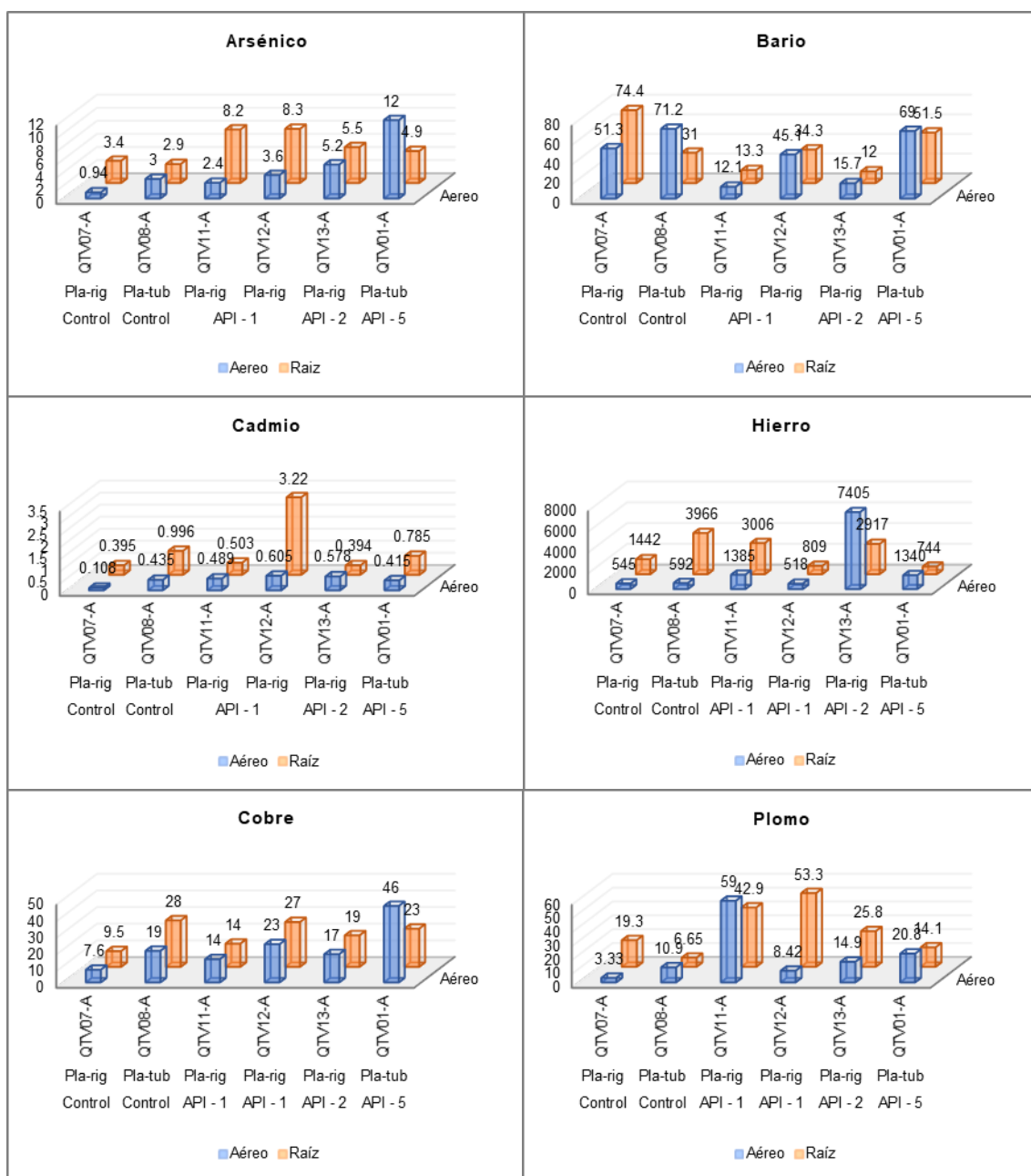


Figura 6.90. Concentración de metales (mg/kg) registrados en *Plantago tubulosa* (Pla-tub) y *P. rigida* (Pla-rig)

d) *Dactilys glomerata*

Los resultados de la concentración de metales totales en el tejido de *Dactilys glomerata*, muestra una concentración variada en los diferentes puntos de evaluación. Además, se muestra una mayor concentración en la raíz con respecto a la parte aérea. No realizó la evaluación de esta especie en una zona control, debido a que no se la encontró en áreas aledañas.

Los resultados para 6 de los metales evaluados se muestran en la Figura 6.91, no se muestran los resultados en mercurio (Hg), debido a que se registró una concentración por debajo del límite de cuantificación.

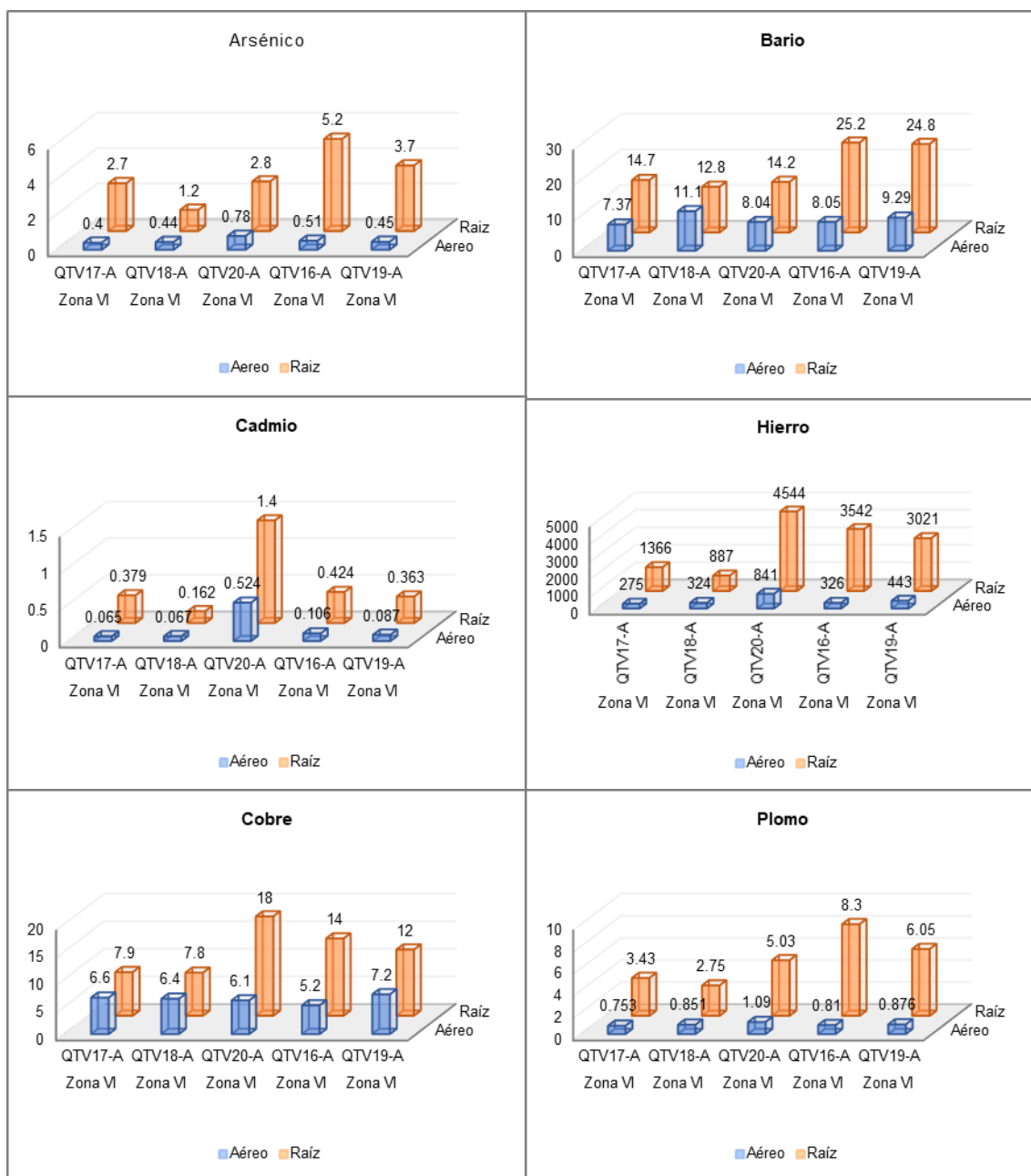


Figura 6.91. Concentración de metales (mg/kg) registrados en *Dactilys glomerata*

6.3.6.4.2. Metales totales en tejido vegetal

Se realizó el análisis de correlación entre las muestras de tejido vegetal y el suelo donde desarrolla, para ello se realizó la agrupación entre especies del mismo género.

a) *Calamagrostis*

Se halló que metales analizados en la parte aérea de *Calamagrostis* y suelo, tienen correlación positiva con valores del coeficiente de Spearman que varían desde 0,38 hasta 0,83; sin embargo, los metales cobre ($r = 0,75$, $p < 0.05$), hierro ($r = 0,83$, $p < 0.05$) y zinc ($r = 0,76$, $p < 0.05$) presentan una correlación estadísticamente significativa (Tabla 6.29).

Tabla 6.29. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de *Calamagrostis* y suelos

Parámetros	Metales							
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Hierro	Plomo	Selenio	Zinc
Coeficiente de correlación de Spearman	0,48	0,17	0,4	0,75	0,83	0,47	0,38	0,76
Significancia p	0,19	0,67	0,29	0,02	0,01	0,21	0,32	0,02

$p < 0.05$

Se halló que la mayoría de metales analizados en la raíz de *Calamagrostis* y suelo, tienen correlación positiva con valores del coeficiente de Spearman que varían desde 0,5 hasta 0,9; sin embargo, los metales hierro ($r = 0,83$, $p < 0.05$), plomo ($r = 0,7$, $p < 0.05$), selenio ($r = 0,82$, $p < 0.05$) y zinc ($r = 0,9$, $p < 0.05$) presentan una correlación estadísticamente significativa (Tabla 6.30).

Tabla 6.30. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de *Calamagrostis* y suelos

Parámetros	Metales							
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Hierro	Plomo	Selenio	Zinc
Coeficiente de correlación de Spearman	0,5	0,67	-0,13	0,62	0,83	0,7	0,82	0,9
Significancia p	0,17	0,05	0,73	0,08	0,01	0,04	0,01	0

$p < 0.05$

b) *Plantago*

Se halló que la mayoría de metales analizados en la parte aérea de *Plantago* y suelo, tienen correlación positiva con valores del coeficiente de Spearman que varían desde 0,14 hasta 0,71; sin embargo, ninguno de los metales presenta una correlación estadísticamente significativa (Tabla 6.31).

Tabla 6.31. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de *Plantago* y suelos

Parámetros	Metales							
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Hierro	Plomo	Selenio	Zinc
Coeficiente de correlación de Spearman	0,26	0,31	0,26	-0,09	0,71	0,71	0,31	0,14
Significancia p	0,62	0,54	0,62	0,87	0,11	0,11	0,54	0,79

Se halló que la mayoría de metales analizados en la raíz de *Planta* y suelo, tienen correlación positiva con valores del coeficiente de Spearman que varían desde 0,26 hasta 0,83; sin embargo, solo cadmio ($r = 0,83$, $p < 0.05$), presenta una correlación estadísticamente significativa (Tabla 6.32).

Tabla 6.32. Relación entre la concentración de metales detectados en la parte aérea de *Plantago* y suelos

Parámetros	Metales							
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Hierro	Plomo	Selenio	Zinc
Coeficiente de correlación de Spearman	0,49	0,09	0,83	-0,43	-0,2	0,54	0,6	0,26
Significancia p	0,33	0,87	0,04	0,4	0,7	0,27	0,21	0,62

$p < 0.05$

6.3.6.4.3. Contenido de sustancias indeseables según el Real Decreto 465/2003 en el análisis de tejido vegetal

Los resultados de concentración de metales fueron comparados, referencialmente, con valores de estudios mencionados en el ítem 5.6.1.7 Criterios de evaluación, donde se detalla el contenido máximo de los metales de arsénico, cadmio, mercurio y plomo establecidos en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española.

La comparación solo se realizó con los resultados de metales obtenidos en la parte aérea de cada especie.

a) *Calamagrostis cf. brevifolia*

Los resultados de metales totales en la parte aérea (hojas y tallo) de *Calamagrostis cf. Brevifolia* superaron, referencialmente, el contenido máximo del metal arsénico, estipulado en el Real Decreto 465/203 (sobre sustancias indeseables en la alimentación animal), en los puntos evaluados en el API-2 y API-4 (QTV03), mientras que en el API-5 y en la zona control no excede en ninguno de los 4 metales analizados (Tabla 6.33).

Tabla 6.33. Resultados de metales totales parte la parte aérea de *Calamagrostis cf. brevifolia*

Zona de muestreo	API - 2	API - 4		API - 5	Control	Real Decreto 465/2003 ⁽¹⁾
Código	QTV14	QTV03	QTV04	QTV02	QTV09	Sustancias indeseables en la alimentación animal (mg/kg) ⁽²⁾
Arsénico Total	2,2	0,66	2,5	0,93	0,41	2
Cadmio Total	0,146	0,339	0,813	0,207	0,27	1
Mercurio Total	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Plomo Total	3,35	2,29	5,41	2,87	1,42	30

 Superan los valores del Real Decreto 465/2003

(<): Resultado por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo

(1): Normativa del gobierno español aprobada con Real Decreto 465/2003, de 25 de abril de 2003, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal, publicado en el Boletín Oficial del Estado n.º 102 del Ministerio de la Presidencia de España, de 29 de abril de 2003, referencia: BOE-A-2003-8717. Última modificación: 5 de marzo de 2011

(2): Contenido máximo en mg/kg en piensos, referido a un contenido de humedad del 12 %

b) *Calamagrostis cf. tarmensis*

Los resultados de metales totales en la parte aérea (hojas y tallo) de *Calamagrostis cf. tarmensis*, superaron referencialmente el contenido máximo del metal arsénico, estipulado en el Real Decreto 465/203 (sobre sustancias indeseables en la alimentación animal), solo en el punto QTV15 ubicado en el API-2, mientras que en el API-3 y la zona control no excede en ninguno de los 4 metales analizados (Tabla 6.34).

Tabla 6.34. Resultados de metales totales parte la parte aérea de *Calamagrostis* cf. *tarmensis*

Zona de muestreo	API - 2	API - 3		Control	Real Decreto 465/2003 ⁽¹⁾
Código	QTV15-A	QTV05-A	QTV10-A	QTV06-A	Sustancias indeseables en la alimentación animal (mg/kg) ⁽²⁾
Arsénico Total	6,4	0,46	0,47	0,25	2
Cadmio Total	0,061	0,125	0,126	0,25	1
Mercurio Total	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Plomo Total	6,82	1,39	0,953	0,982	30

Superan los valores del Real Decreto 465/2003

(<): Resultado por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo

(1): Normativa del gobierno español aprobada con Real Decreto 465/2003, de 25 de abril de 2003, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal, publicado en el Boletín Oficial del Estado n.º 102 del Ministerio de la Presidencia de España, de 29 de abril de 2003, referencia: BOE-A-2003-8717. Última modificación: 5 de marzo de 2011

(2): Contenido máximo en mg/kg en piensos, referido a un contenido de humedad del 12 %

c) *Plantago rigida*

Los resultados de metales totales en la parte aérea (hojas y tallo) de *Plantago rigida*, superaron referencialmente el contenido máximo de los metales arsénico y plomo, estipulado en el Real Decreto 465/2003 (sobre sustancias indeseables en la alimentación animal). Arsénico en los 3 puntos evaluado en las API-1 y API-2, y plomo en el punto QTV11 del API - 1, mientras que zona control no excede en ninguno de los 4 metales analizados (Tabla 6.35).

Tabla 6.35. Resultados de metales totales parte la parte aérea de *Plantago rigida*

Zona de muestreo	Zona I (API - 1)		Zona II (API - 2)	Control	Real Decreto 465/2003 ⁽¹⁾
Código	QTV11-A	QTV12-A	QTV13-A	QTV07-A	Sustancias indeseables en la alimentación animal (mg/kg) ⁽²⁾
Arsénico Total	2,4	3,6	5,2	0,94	2
Cadmio Total	0,489	0,605	0,578	0,108	1
Mercurio Total	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Plomo Total	59	8,42	14,9	3,33	30

Superan los valores del Real Decreto 465/2003

(<): Resultado por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo

(1): Normativa del gobierno español aprobada con Real Decreto 465/2003, de 25 de abril de 2003, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal, publicado en el Boletín Oficial del Estado n.º 102 del Ministerio de la Presidencia de España, de 29 de abril de 2003, referencia: BOE-A-2003-8717. Última modificación: 5 de marzo de 2011

(2): Contenido máximo en mg/kg en piensos, referido a un contenido de humedad del 12 %

d) *Plantago tubulosa*

Los resultados de metales totales en la parte aérea (hojas y tallo) de *Plantago tubulosa*, superaron referencialmente el contenido máximo del metal arsénico, estipulado en el Real Decreto 465/2003 (sobre sustancias indeseables en la alimentación animal), en el API-5 y en la zona control. Sin embargo, la concentración hallada en el punto evaluado en el API-5 es 4 veces mayor al registrado la zona control (Tabla 6.36).

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.36.** Resultados de metales totales parte la parte aérea de *Plantago tubulosa*

Zona de muestreo	Zona V (API - 5)	Control	Real Decreto 465/2003 ⁽¹⁾
Código	QTV01-A	QTV08-A	Sustancias indeseables en la alimentación animal (mg/kg) ⁽²⁾
Arsénico Total	12	3	2
Cadmio Total	0,415	0,435	1
Mercurio Total	0,04	0,01	0,1
Plomo Total	20,8	10,9	30

Superan los valores del Real Decreto 465/2003

(<): Resultado por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo

(1): Normativa del gobierno español aprobada con Real Decreto 465/2003, de 25 de abril de 2003, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal, publicado en el Boletín Oficial del Estado n.º 102 del Ministerio de la Presidencia de España, de 29 de abril de 2003, referencia: BOE-A-2003-8717. Última modificación: 5 de marzo de 2011

(2): Contenido máximo en mg/kg en piensos, referido a un contenido de humedad del 12 %

e) *Dactylis glomerata*

Los resultados de metales totales en la parte aérea (hojas y tallo) de *Dactylis glomerata*, no superaron referencialmente el contenido máximo de ninguno de los 4 metales estipulados en el Real Decreto 465/203 (sobre sustancias indeseables en la alimentación animal), en el API-5 (Tabla 6.37).

Tabla 6.37. Resultados de metales totales parte la parte aérea de *Dactylis glomerata*

Zona de muestreo	Zona VI (Deposito de desmontes)					Real Decreto 465/2003 ⁽¹⁾
Código	QTV16-A	QTV17-A	QTV18-A	QTV19-A	QTV20-A	Sustancias indeseables en la alimentación animal (mg/kg) ⁽²⁾
Arsénico Total	0,51	0,4	0,44	0,45	0,78	2
Cadmio Total	0,106	0,065	0,067	0,087	0,524	1
Mercurio Total	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Plomo Total	0,81	0,753	0,851	0,876	1,09	30

Superan los valores del Real Decreto 465/2003

(<): Resultado por debajo del límite de cuantificación del método de ensayo

(1): Normativa del gobierno español aprobada con Real Decreto 465/2003, de 25 de abril de 2003, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal, publicado en el Boletín Oficial del Estado n.º 102 del Ministerio de la Presidencia de España, de 29 de abril de 2003, referencia: BOE-A-2003-8717. Última modificación: 5 de marzo de 2011

(2): Contenido máximo en mg/kg en piensos, referido a un contenido de humedad del 12 %

6.3.7. Fauna

6.3.7.1. Anfibios y reptiles

6.3.7.1.1. Composición y abundancia de las especies de anfibios y reptiles

En las evaluaciones realizadas en el área de influencia de la unidad fiscalizable Quicay se registraron 4 especies de anfibios (Clase Amphibia) que pertenecen al orden Anura y se distribuyen entre 4 familias Bufonidae, Hemiphractidae, Leptodactylidae y Telmatobiidae, cada una con una especie (Tabla 6.38). No se registró ningún reptil (Clase Reptilia).

Tabla 6.38. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre en español*
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo espinoso andino
		Hemiphractidae	<i>Gastrotheca peruana</i>	Rana marsupial de Perú
		Leptodactylidae	<i>Pleurodema marmoratum</i>	Sapo de cuatro ojos marmóreo
		Telmatobiidae	<i>Telmatobius macrostomus</i>	Rana gigante de Junin



*Traducido al español de Frost (2020)

El área de estudio alberga una importante abundancia y diversidad de anfibios, se registraron 50 individuos (adultos, subadultos y juveniles) de las 4 especies reportadas y 15 renacuajos de la especie *Telmatobius macrostomus*.

La especie mas abundante fue el «Sapo verrugoso» *Rhinella spinulosa* que con 30 individuos representa el 60% de la abundancia total, se lograron registrar 9 adultos, 3 subadultos y 19 juveniles. Esta especie se distribuyó solo en el ámbito de la UF Quicay, en las zonas II, III, IV y V, no se encontró ningún individuo en la zona control. *R. spinulosa* estuvo asociada principalmente a la formación vegetal de bofedal y césped de puna. La mayoría de los adultos fueron encontrados debajo de las geomembranas y los juveniles en el cauce seco de las quebradas o zonas húmedas. La mayoría de los individuos fueron registrados mediante las búsquedas por encuentro visual – VES, 2 en las búsquedas libres y 6 en transectos.

La segunda especie mas abundante fue el «Sapo de cuatro ojos marmóreo» *Pleurodema marmoratum*, se lograron hallar 14 individuos (9 adultos y 5 juveniles) que representan el 28 % del la abundancia total. Esta especie tuvo una distribución más amplia, se halló en la zona control y en la UF Quicay, zonas I y II, asociada principalmente césped de puna. La mayoría de los individuos fueron registrados mediante los VES y 2 individuos mediante transectos.

La especie «Rana marsupial de Perú» *Gastrotheca peruana* fue poco abundante con 5 individuos, todos adultos, representa el 10 % de la abundancia total. Durante esta evaluación su distribución se restringió solo a la zona control. Fue registrada mediante VES, bajo piedras en la formación de césped de puna y campos de cultivo abandonados.

Finalmente, la «Rana gigante de Perú» *Telmatobius macrostomus* se registró en un solo punto en la quebrada Quicay, zona III dentro la UF Quicay. Se halló un metamorfo muerto durante la evaluación de VES y 15 renacuajos durante la evaluación de los transectos. Esta especie acuática fue la menos abundante, con un individuo representa el 2% de la abundancia total.

Esfuerzo de muestreo

En el área de estudio se evaluaron en total 43 búsquedas por encuentro visual – VES, 18 transectos de 50 m en hábitats acuáticos y 2 búsquedas libres, que en conjunto constituyen un aproximado de 35,92 horas - hombre de esfuerzo de muestreo, realizadas mayormente por un solo evaluador. La curva de acumulación se estabiliza en una asíntota logrando alcanzar una cobertura de muestreo del 100% (Figura 6.92), que indica una buena representatividad del muestreo realizado.

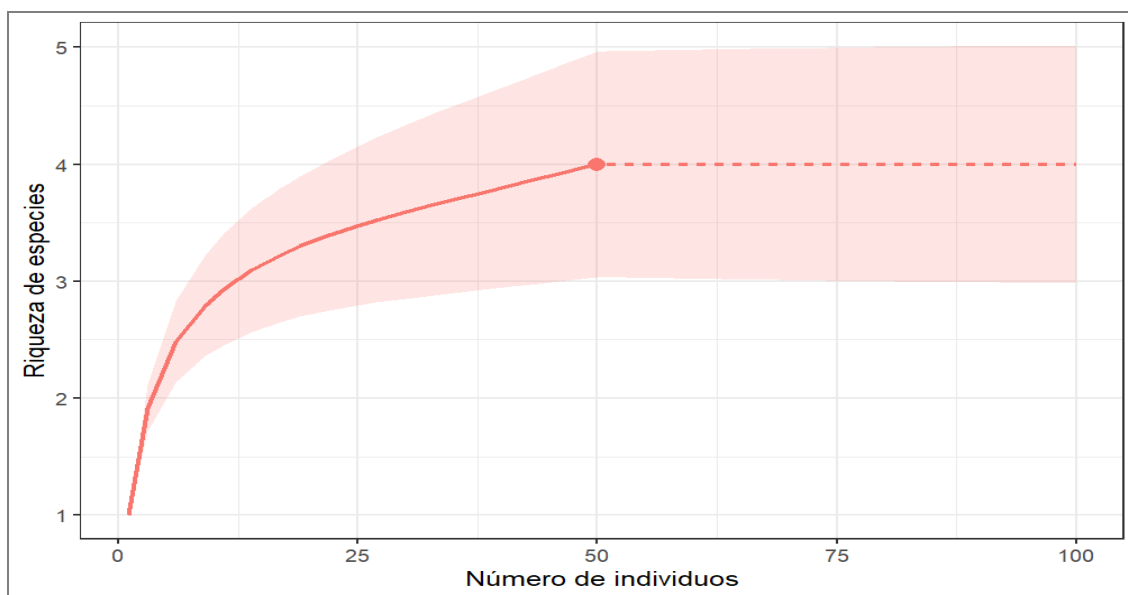


Figura 6.92. Curva de acumulación de especies

La línea continua indica la riqueza observada y la discontinua la riqueza predicha, las zonas sombreadas indican el valor de los intervalos de confianza 0,95

Composición, abundancia y diversidad de anfibios

Para los análisis de diversidad y abundancia relativa se consideraron solo los datos registrados en las búsquedas por encuentro visual (VES). Se realizó mayor esfuerzo de muestreo en la UF Quicay, llegando a alcanzar una cobertura de muestra del 89,7 % y en la zona de control se alcanzó el 100 %, lo que sugiere que el esfuerzo de muestreo fue adecuado (Tabla 6.39).

• Composición y abundancia relativa

En toda el área de estudio la especie más abundante fue *Rhinella spinulosa* con 21 individuos hallados en la evaluación de los VES, seguida de la especie *Pleurodema marmoratum* con 12 individuos. Las especies menos abundantes fueron la rana marsupial *Gastrotheca peruana* (5 individuos) y la rana acuática *Telmatobius macrostomus* que, con 1 solo individuo, puede ser considerada como una especie rara.

Al comparar la composición y abundancia relativa entre la UF Quicay y la zona control, se observa que están constituidas por dos conjuntos de especies diferentes, con solo una especie en común, el sapo *Pleurodema marmoratum*.

En la UF Quicay predominó *Rhinella spinulosa* que tuvo mayor abundancia relativa, pero se registró solo en esta localidad. Por el contrario, las especies *Pleurodema marmoratum* y *Telmatobius macrostomus*, presentaron abundancias relativas muy bajas (Figura 6.2), pudiendo ser consideradas especies raras en esta localidad. Mas aun la especie *T. macrostomus*, que solo fue registrada en un solo VES de la UF Quicay.

En la zona control se observó una composición de especies diferente conformada por *Pleurodema marmoratum* y *Gastrotheca peruana*. La primera fue la especie más abundante y con una distribución amplia en la zona control y una zona de la UF Quicay; por contrario,

la rana marsupial *G. peruana* presentó una abundancia relativa menor y una distribución restringida a la zona control.

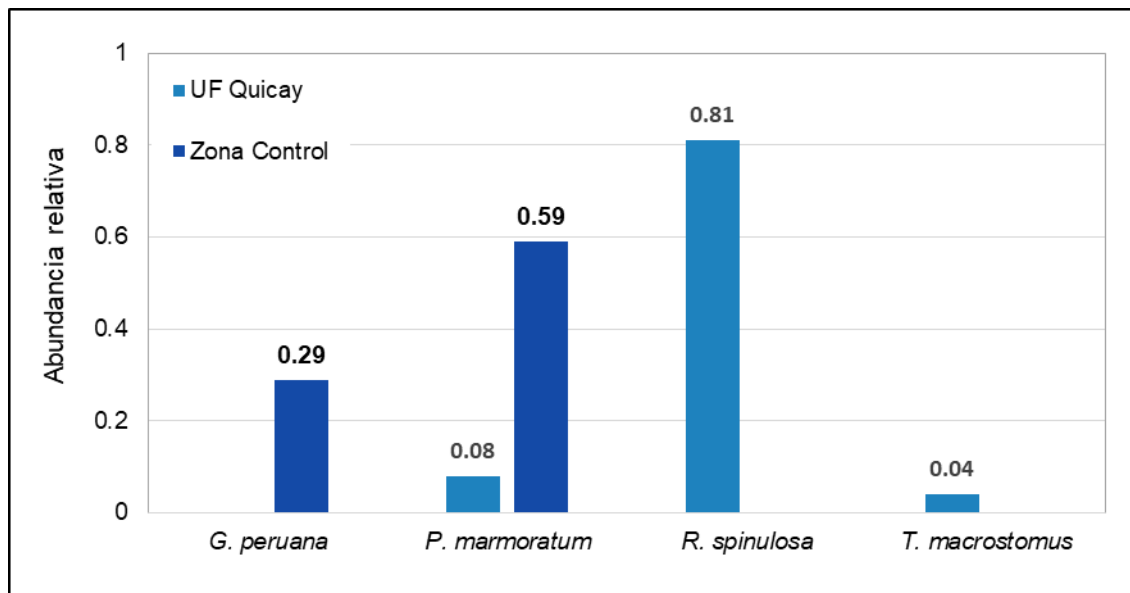


Figura 6.93. Abundancia relativa de especies en la UF Quicay y la Zona Control

Las zonas de evaluación establecidas en la UF Quicay, también presentaron un conjunto de especies diferente. El sapo *Rhinella spinulosa*, fue la única especie distribuida en 4 zonas de evaluación, no se registró ningún individuo en la zona I.

Las zonas IV y V presentaron la misma composición de especies, en ambas se registró solo el sapo *Rhinella spinulosa*. La zona V, presentó la mayor abundancia relativa y por el contrario la zona IV la menor, con 0,25 individuos / VES (Figura 6.94). Las zonas II y III, presentaron abundancias relativas similares, también tuvieron en común la presencia de *Rhinella spinulosa*; sin embargo, cada una presentó especies únicas que no fueron registradas en otras zonas. La rana *Telmatobius macrostomus* fue registrada solo en la Zona III y el sapo *Pleurodema marmoratum* solo se registró en la zona II, ambas especies presentaron bajas abundancias relativas con 0,20 y 0,29 individuos / VES respectivamente. (Figura 6.94)

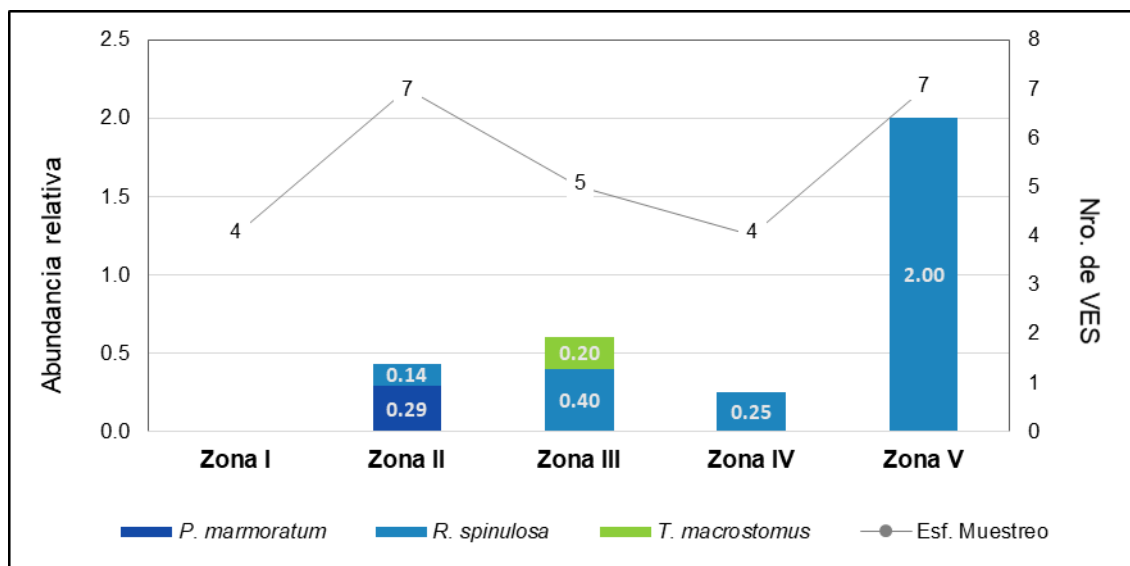


Figura 6.94. Abundancia relativa de especies por zona de evaluación en la UF Quicay

• Diversidad alfa (localidades)

Para comparar la diversidad entre la UF Quicay y la zona control, que presentaron diferentes esfuerzos de muestreo, se realizó una interpolación a un nivel de 17 VES, que corresponde al menor número de muestras evaluadas en la zona control.

La UF Quicay y la Zona Control muestran una diversidad similar de especies. Las curvas de extrapolación / interpolación no muestran una diferencia significativa entre la riqueza de especies (${}_0D$) de ambas localidades, se calculó 2,54 y 2 especies efectivas, en la UF Quicay y la zona control, respectivamente (Figura 6.89). Similar ocurre para los otros dos órdenes de diversidad. El índice de Shannon (${}_1D$) que está influenciado por las especies más abundantes fue de 2,09 especies efectivas en la UF Quicay y 1,96 en la zona Control. Respecto al índice de Simpson (${}_2D$), que representa a las especies dominantes, también registró similar diversidad con 1,96 y 1,92 especies efectivas en cada localidad.

En la UF Quicay los valores de diversidad de los números de Hill van disminuyendo ${}_0D > {}_1D > {}_2D$; por el contrario, los valores de los números de Hill en la zona control se mantienen constantes (Tabla 6.39 y Figura 6.95) lo que indica que en esta zona la comunidad de especies muestra una distribución de la abundancia más equitativa

Tabla 6.39. Diversidad y esfuerzo de muestreo por zona de evaluación

Parámetros	UF Quicay	Zona Control
Nro, VES	26	17
Abundancia	24	15
Cobertura de muestreo	89, 7%	100%
Nro, spp, Únicas	0	0
Diversidad observada		
Riqueza (${}_0D$)	3	2
IC 95%	3,03 - 11,17	1,84 - 2,16
Shannon (${}_1D$)	2,34	1,96
IC 95%	2,34 - 4,75	1,64 - 2,28
Simpson (${}_2D$)	1,98	1,92
IC 95%	2,34 - 4,75	1,54 - 2,31

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Parámetros	UF Quicay	Zona Control
Diversidad interpolada (17 VES)		
Riqueza (0D)	2,54	2
IC 95%	1,32 - 3,77	1,84 - 2,16
Shannon (1D)	2,09	1,96
IC 95%	1,05 - 3,13	1,64 - 2,28
Simpson (2D)	1,80	1,92
IC 95%	0,92 - 2,68	1,54 - 2,31

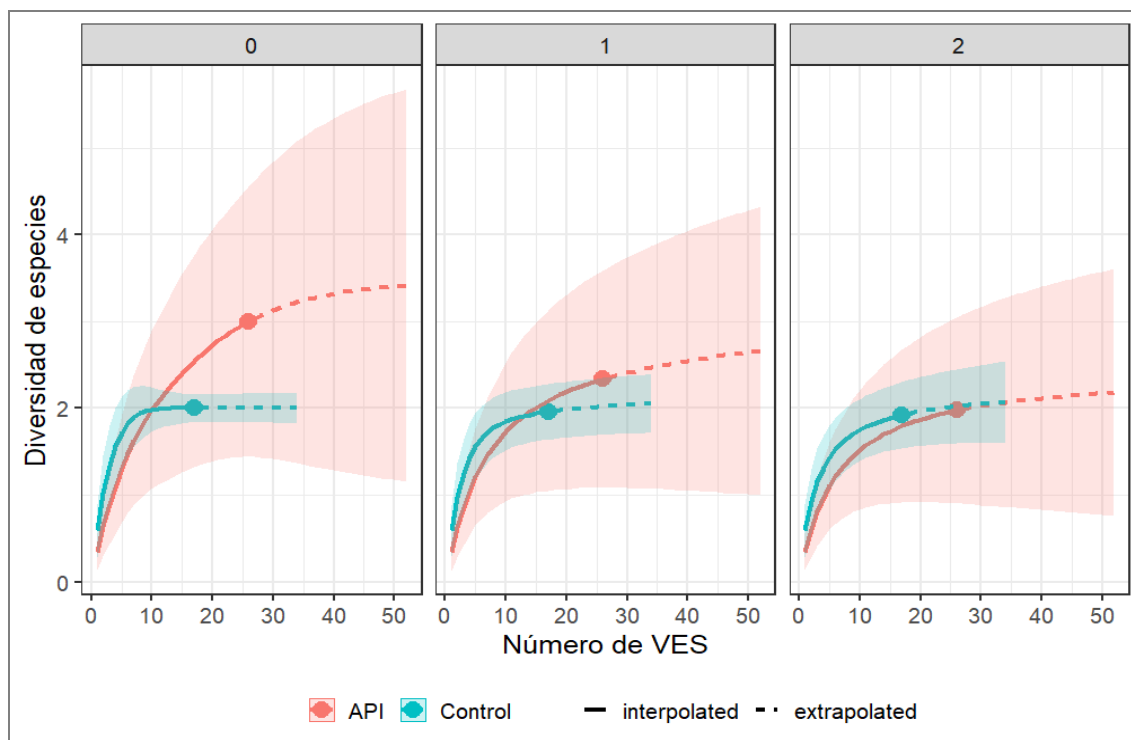


Figura 6.95. Diversidad de anfibios (números de Hill, $q = 0, 1$ y 2) en el área de estudio

Las líneas continuas representan los valores interpolados, la discontinua los valores extrapolados y las zonas sombreadas los valores de los intervalos de confianza al 95 %

• Diversidad alfa (zonas de la UF Quicay)

Dentro de la UF Quicay, la evaluación se realizó considerando 5 zonas de evaluación relacionadas a cada una de las áreas de potencial interés API identificadas para la evaluación de suelos. El esfuerzo de muestreo en cada zona fue representativo, se logró alcanzar entre el 40 % y 100 % de cobertura de muestreo (Tabla 6.40).

Las zonas de evaluación ubicadas en el ámbito de la UF Quicay presentaron similar diversidad. Las zonas II y III registraron 2 especies cada una, y las zonas IV y V solo 1. El análisis de extrapolación muestra que esta diferencia no es significativa (Tabla 6.39, Figura 6.95). Sin embargo, la zona 3 es la que con 2,58 especies efectivas muestra una tendencia a ser la más diversa, considerando además que en esta zona se requiere incrementar el esfuerzo de muestreo.

Similar ocurre con los otros dos órdenes de diversidad, la zona III presenta los valores más altos (Tabla 6.40, Figura 6.96). El índice de Shannon (1D) es mayor para la zona III con 3,8 especies efectivas, indicando que además de ser la zona con mayor riqueza es la que presenta mayor equidad. Respecto al índice de Simpson (2D), que está relacionado a las

especies dominantes, también la zona III presenta el mayor valor con 3,5 especies efectivas y la zona V el menor, porque a pesar de presentar la más alta abundancia, registra solo una especie.

Tabla 6.40. Diversidad y esfuerzo de muestreo por zona de evaluación

Parámetros	Zonas de evaluación				
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
API	API I	API II	API III	API IV	API V
Nro. VES	4	7	5	4	7
Abundancia	0	3	3	1	14
Cobertura de muestreo	---	75%	40%	100%	100%
Nro. Especies únicas	0	1	1	1	0
Diversidad observada					
Riqueza (0D)	0	2	2	1	1
IC 95%	---	0,59 - 3,41	0,69 - 3,31	---	---
Shannon (1D)	---	1,89	2	1	1
IC 95%	---	0,61 - 3,17	0,79 - 3,21	---	---
Simpson (2D)	---	1,8	2	1	1
IC 95%	---	0,63 - 2,97	0,86 - 3,14	---	---
Diversidad extrapolada 7 VES*					
Riqueza (0D)	0	2	2,58	1	1
IC 95%	---	0,59 - 3,41	0,66 - 4,52	1 - 1	---
Shannon (1D)	---	1,89	3,28	1,59	1
IC 95%	---	0,61 - 3,17	1,32 - 5,23	1,07 - 2,12	---
Simpson (2D)	---	1,8	3,5	1,75	1
IC 95%	---	0,63 - 2,97	1,54 - 5,46	1,18 - 2,32	---

*: Extrapolada para las zonas I, III y IV que tuvieron menor esfuerzo de muestreo

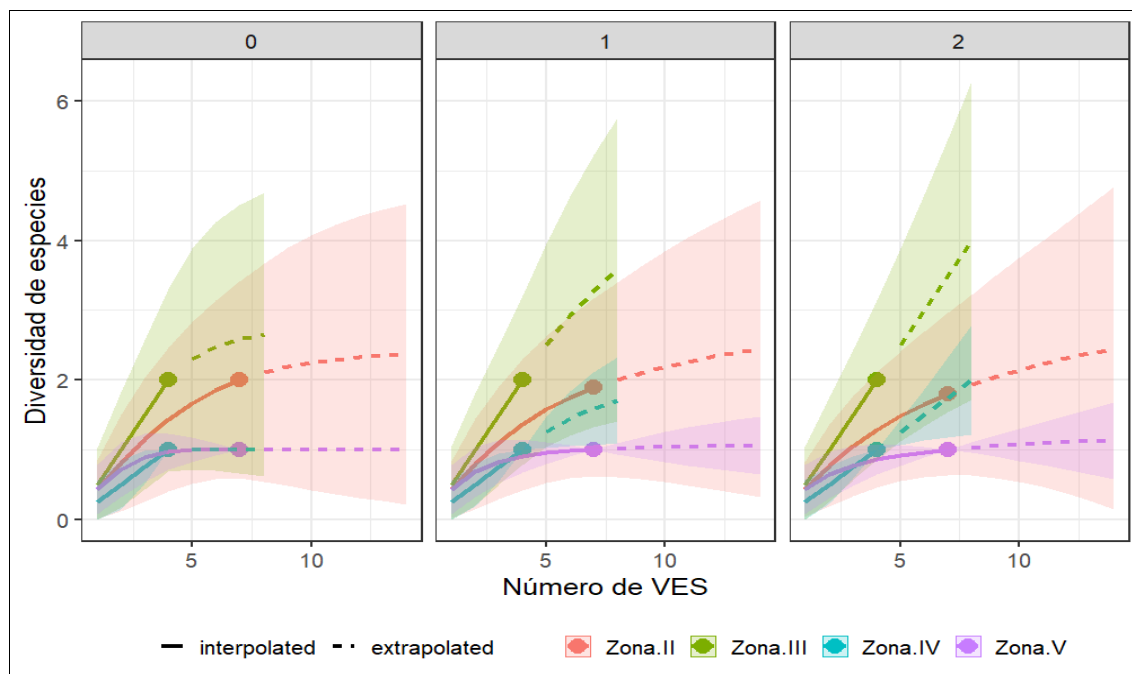


Figura 6.96. Diversidad de anfibios (números de Hill, $q = 0, 1$ y 2) en las zonas de evaluación de la UF Quicay

Las líneas continuas representan los valores interpolados, la discontinua los valores extrapolados y las zonas sombreadas los valores de los intervalos de confianza al 95 %

- **Diversidad beta**

La diversidad beta se calculó mediante el índice de similaridad de Morisita y Jaccard, en ambos dendrogramas se muestra que la zona I se diferencia del resto porque en esta no se registró ninguna especie.

Al analizar el índice cualitativo de Jaccard, considerando solo presencia y ausencia de especies, se obtiene que las zonas evaluadas en la UF Quicay se agrupan con un valor del índice que varía entre 0,5 y 1 (Figura 6.97). Las zonas IV y V son las más parecidas entre sí ($S_J = 1$), ya que en ambas se registró solo la especie *Rhinella spinulosa*. La zona control se diferencia del resto obteniendo el menor valor del índice ($S_J = 0,3$).

Por el contrario, el índice de Morisita, que considera también la abundancia, muestra dos grupos, el primero formado por la zona II y la zona control, con un valor de similaridad de 0,8, esto responde a que, en ambas zonas, son los únicos lugares donde se registró la especie *Pleurodema marmoratum*. El segundo grupo formado por las zonas III, IV y V con valores de similaridad que varían entre 0,86 y 1, siendo otra vez las zonas IV y V las más parecidas entre sí ($S_M = 1$), en estas zonas predominó la presencia y abundancia de la especie *Rhinella spinulosa*.

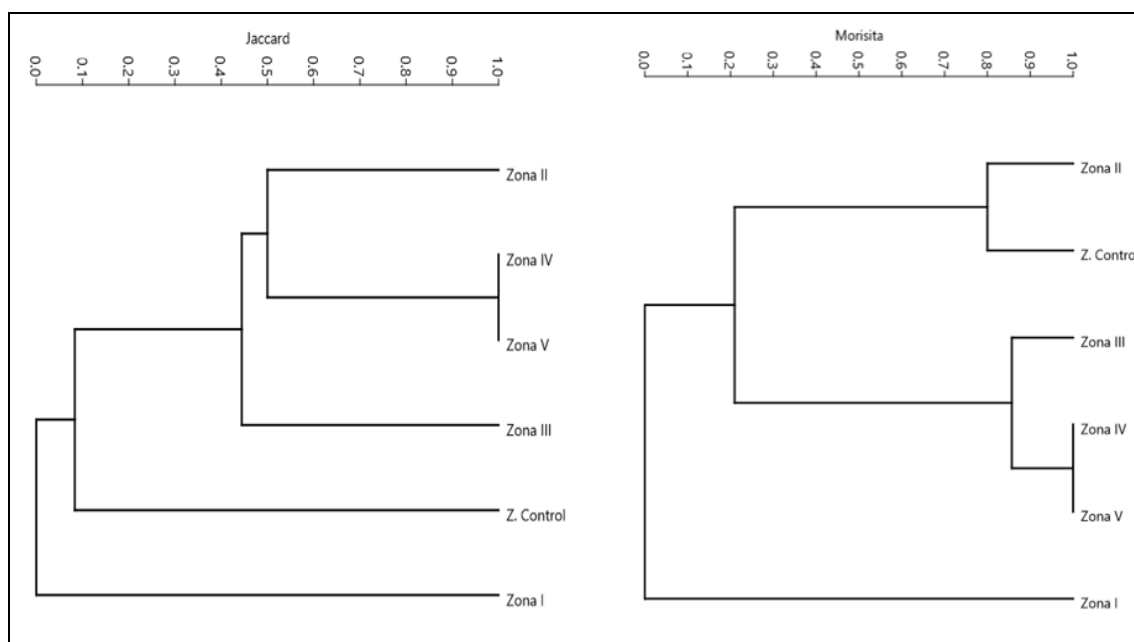


Figura 6.97. Dendrogramas de similaridad de la comunidad de anfibios por zonas de evaluación en el área de estudio

Dendrogramas basados en el índice de similaridad de Jaccard (A) y Morisita (B)

6.2.7.1.2. Especies amenazadas, endémicas e importancia científica

En el área de estudio solo la rana *Telmatobius macrostomus* «rana gigante de Junín» esta categorizada como especie En Peligro (EN) según la clasificación de especies amenazadas de fauna silvestre realizada por el Estado Peruano (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI) y la lista roja de especies amenazadas de la UICN (Tabla 6.41). Esta especie es considerada como una especie EN debido a que su área de ocurrencia es menor a 2000 km² habiéndose registrado en menos de 5 localidades (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). Estudios recientes demuestran que la población de



esta especie continúa disminuyendo a causa de la contaminación de sus hábitats y la sobreexplotación de individuos, para ser comercializados en los mercados locales (Icochea *et al.*, 2010; Aguilar *et al.*, 2018).

T. macrostomus es exclusivamente acuática, en el área de estudio fue registrada en un solo punto del río Quicay, aunque pobladores de la zona afirman que ocasionalmente fue vista en la laguna Quicay y en el río Rutuchina, indicando también que en los últimos años es más raro y difícil encontrarlas.

Gastrotheca peruana es una especie endémica de Perú, que se distribuye entre los departamentos de Ancash, Lima, Pasco y Junín (Rodríguez *et al.*, 2019). Es considerada una especie de Preocupación menor (LC) debido su amplia distribución, tolerancia a diferentes tipos de hábitats y población abundante (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020).

Tabla 6.41. Especies categorizadas según norma nacional y la UICN (2020), presentes en el área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre local	Categoría de amenaza	
					UICN	D.S. N.º 004-2014-MINAGRI
Amphibia	Anura	Telmatobiidae	<i>Telmatobius macrostomus</i>	Rana de Junín	EN	EN
Amphibia	Anura	Telmatobiidae	<i>Gastrotheca peruana</i>	Rana marsupial de Perú	LC	---

EN: En Peligro, LC: Preocupación menor

6.2.7.1.3. Concentración de metales y cianuro en anfibios en la UF Quicay y zona control

Concentración de metales en anfibios (hábitats terrestres)

Para este análisis se mantuvieron por separado las muestras de la UF Quicay y la zona control, considerando todas las especies juntas, se obtuvo que en promedio la concentración de todos los metales fue mayor en las muestras de la UF Quicay, siendo entre 484,85 % a 54137,10 % mayor (Tabla 6.42, Figura 6.98).

En la UF Quicay, el hierro, fue el metal de mayor concentración alcanzando un valor promedio de 1683,68 mg/kg, seguido por el cobre, aluminio, silicio y zinc que presentaron concentraciones intermedias entre 183,82 y 450,53 mg/kg, el resto de los metales presentó concentraciones menores a 80 mg/kg (Tabla 6.42). El orden relativo de concentración fue: Fe < Cu < Al < Si < Zn < Li < Sn < Sr < Mn < Ba < Cr < Se < As < Pb < Cd < Co < Hg < Ni < Sb.

En la zona control, se obtuvieron concentraciones de metales mucho menores, alcanzando una concentración promedio máxima de 38,57 mg/kg para el hierro, que en esta localidad fue también el metal de mayor concentración, seguido de aluminio, silicio, y zinc que presentan concentraciones promedio que varían entre 19,49 y 38,57 mg/kg; el resto de los elementos presentaron concentraciones menores a 10 mg/kg (Tabla 6.42). El orden relativo de concentraciones en esta localidad fue: Fe < Al < Si < Zn < Li < Sn < Sr < Ba < Mn < Cu < Pb < As < Cr < Hg < Se < Ni < Cd < Co < Sb.



El cianuro estuvo presente en las muestras de ambas localidades con bajas concentraciones (Anexo 7). La zona control obtuvo la mayor concentración promedio con 0,56 cianuro (mg CN/kg) (Tabla 6.42).

Tabla 6.42. Promedios de la concentración de metales y cianuro en tejido de anfibios en la UF Quicay y la zona control

Parámetro	Localidades		Porcentaje diferencial
	UF Quicay (n = 6)	Zona Control (n = 5)	
Metales (mg/kg)			
Al	318,85 ± 566,64	34,97 ± 69,81	1620,36%
As	4,7 ± 5,62	0,52 ± 0,26	1080,77%
Ba	20,96 ± 23,34	2,75 ± 0,84	848,73%
Cd	1,62 ± 2,29	0,07 ± 0,03	3271,43%
Co	1,25 ± 1,71	0,04 ± 0,01	4275%
Cr	7,75 ± 8,81	0,35 ± 0,26	2517,14%
Cu	450,53 ± 671,3	1,24 ± 0,57	54137,10%
Fe	1683,68 ± 2342,57	38,57 ± 37,8	6073,55%
Hg	1,24 ± 1,4	0,2 ± 0,13	700%
Li	32,05 ± 68,13	4,94 ± 4,51	1379,15%
Mn	22,91 ± 30,59	2,67 ± 1,37	1145,69%
Ni	1,16 ± 1,3	0,08 ± 0,02	1625%
Pb	2,52 ± 3,2	0,66 ± 0,44	484,85%
Sb	0,2 ± 0,2	0,04 ± 0,01	500%
Se	6,54 ± 8,95	0,14 ± 0,06	6392,86%
Si	283,57 ± 480,1	27,15 ± 25,32	1768,32%
Sn	31,27 ± 68,36	4,54 ± 3,99	1505,73%
Sr	24,86 ± 33,41	4,15 ± 0,9	805,06%
Zn	183,82 ± 202,1	19,49 ± 8,53	1036,94%
Cianuro (mg CN/kg)			
Cianuro	0,56 ± 0,6	1,18 ± 0,87	50,85%

A pesar de que las concentraciones de metales en anfibios fueron mucho mayores en la UF Quicay, la concentración entre las muestras individuales presentó mucha variación. Por ello, solo el cadmio, cobalto, cobre y selenio, presentaron diferencias significativas (Tabla 6.43, Figura 6.98).

Las concentraciones de cianuro tampoco presentaron diferencias significativas (Tabla 6.43).

Tabla 6.43. Test de Mann-Whitney de la concentración de metales de la UF Quicay y la zona control

Parámetro	Localidades ^a		Estadísticos	
	UF Quicay (n = 6)	Zona Control (n = 5)	Valor Mann-Whitney	Valor <i>p</i>
Metales (mg/kg)				
Al	136.1 (1.236 - 1446)	4.6 (1.6 - 159.8)	16	0,93

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Parámetro	Localidades ^a		Estadísticos	
	UF Quicay (n = 6)	Zona Control (n = 5)	Valor Mann- Whitney	Valor <i>p</i>
Metales (mg/kg)				
As	5,82 (0,211 - 14,607)	0,62 (0,098 - 0,716)	22	0,25
Ba	27,17 (0,6 - 42,73)	2,48 (1,872 - 4,132)	15	1,00
Cd	0,3 (0,0924 - 4,949)	0,05 (0,0462 - 0,101)	27	0,03*
Co	0,45 (0,02535 - 3,707)	0,03 (0,02535 - 0,0507)	26,5	0,04*
Cr	10,2 (0,101 - 19,43)	0,29 (0,177 - 0,805)	18	0,66
Cu	49,79 (0,867 - 1521,7)	1,13 (0,608 - 2,154)	26	0,05*
Fe	865,7 (14,09 - 5620)	19,99 (11,32 - 103,1)	23	0,18
Hg	1,17 (0,112 - 3,732)	0,2 (0,0476 - 0,336)	24	0,13
Li	2,71 (0,02185 - 170,9)	7,7 (0,02185 - 8,733)	19	0,52
Mn	17,08 (0,275 - 77,53)	2,77 (0,975 - 4,513)	17	0,79
Ni	1,32 (0,0656 - 2,761)	0,07 (0,0656 - 0,119)	21	0,29
Pb	2,35 (0,0423 - 7,87)	0,6 (0,198 - 1,373)	15	1,00
Sb	0,29 (0,0157 - 0,4145)	0,03 (0,0314 - 0,051)	17	0,77
Se	2,05 (0,115 - 18,32)	0,13 (0,0924 - 0,251)	27	0,03*
Si	130,9 (4,544 - 1235)	14,63 (6,25 - 69,14)	19	0,54
Sn	0,47 (0,1754 - 170,6)	7,09 (0,1754 - 7,874)	20	0,41
Sr	10,23 (0,182 - 64,86)	4,44 (2,581 - 4,872)	16	0,93
Zn	200,9 (15,37 - 473,1)	15,43 (12,33 - 32,36)	23	0,18
Cianuro (mg CN/kg)				
Cianuro	0,04 (0,036 - 1,338)	0,78 (0,466 - 2,421)	9	0,31

(a): Se indica el valor de la mediana y entre paréntesis los valores mínimos y máximos de la concentración de metales. (*) Metales que presentaron diferencia significativa



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

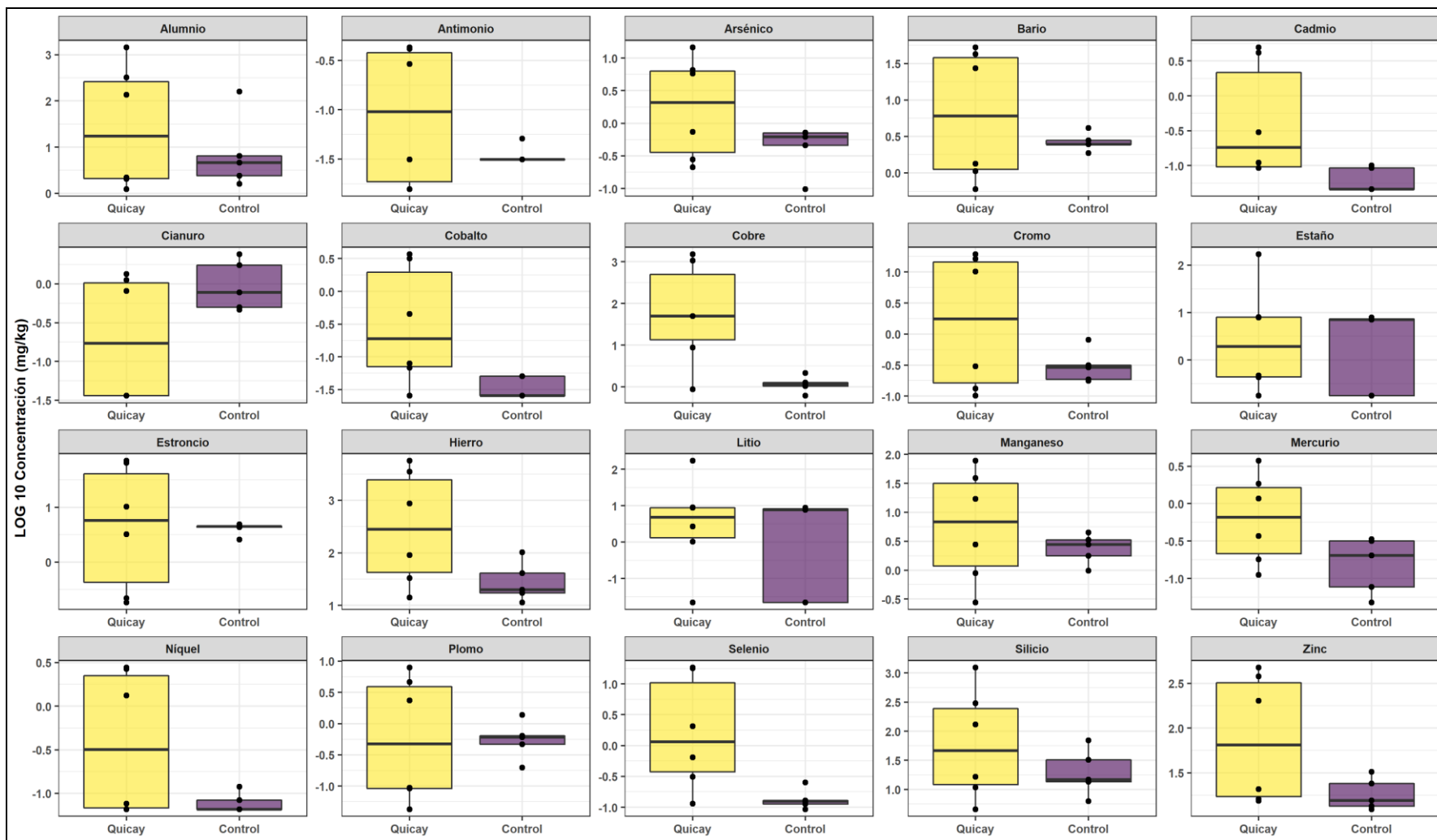


Figura 6.98. Comparación de concentración de metales y cianuro ente la UF Quicay y la zona control

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Concentración de metales y cianuro en anfibios en las zonas de evaluación de la UF
Quicay**

La concentración de los metales evaluados varía entre las zonas de evaluación. Aunque no se puede hacer un análisis estadístico, debido a la poca cantidad de muestras colectadas, se observó que la zona IV presentó los mayores valores promedio, seguida de la zona III, para la mayoría de los metales (Tabla 6.44, Figura 6.99). La zona V registró los valores superiores más altos solo para el antimonio, bario y estroncio. La zona I presentó los menores valores promedio para la mayoría de los metales excepto el litio y estaño (Tabla 6.44, Figura 6.99).

Respecto al cianuro, la mayor concentración promedio se registró en la zona I con 0,809; sin embargo, el valor más alto se registró en una muestra de la zona V con 1,338 mg CN/kg (Tabla 6.44 y Figura 6.99).

Tabla 6.44. Promedios de la concentración de metales y cianuro en tejido de anfibios por zonas de evaluación en la UF Quicay y la zona control

Parámetro	Zonas UF Quicay				Zona Control (n = 5)
	Zona I (n = 1)	Zona III (n = 2)	Zona IV (n = 1)	Zona V (n = 2)	
Metales (mg/kg)					
Al	2,063	163,86 (2,21 - 325,5)	1446	68,67 (1,236 - 136,1)	4,6 (1,6 - 159,8)
As	0,28	7,67 (0,742 - 14,607)	5,816	3,38 (0,211 - 6,542)	0,62 (0,098 - 0,716)
Ba	1,055	13,89 (0,6 - 27,17)	42,73	27,09 (1,34 - 52,84)	2,48 (1,872 - 4,132)
Cd	0,0924	2,53 (0,11 - 4,949)	4,153	0,2 (0,0924 - 0,3016)	0,05 (0,0462 - 0,101)
Co	0,079	1,89 (0,068 - 3,707)	3,175	0,24 (0,02535 - 0,4507)	0,03 (0,02535 - 0,0507)
Cr	0,132	9,87 (0,304 - 19,43)	16,35	5,15 (0,101 - 10,2)	0,29 (0,177 - 0,805)
Cu	0,867	785,75 (49,79 - 1521,7)	1072,6	29,1 (8,666 - 49,53)	1,13 (0,608 - 2,154)
Fe	14,09	1784,68 (90,35 - 3479)	5620	449,32 (32,93 - 865,7)	19,99 (11,32 - 103,1)
Hg	0,18	1,92 (0,112 - 3,732)	1,848	0,77 (0,369 - 1,172)	0,2 (0,0476 - 0,336)
Li	8,724	0,52 (0,02185 - 1,023)	170,9	5,83 (2,707 - 8,944)	7,7 (0,02185 - 8,733)
Mn	2,76	8,98 (0,884 - 17,08)	77,53	19,61 (0,275 - 38,95)	2,77 (0,975 - 4,513)
Ni	0,076	1,37 (0,0656 - 2,671)	2,761	0,69 (0,0656 - 1,323)	0,07 (0,0656 - 0,119)
Pb	0,094	2,37 (0,091 - 4,656)	7,87	1,19 (0,0423 - 2,347)	0,6 (0,198 - 1,373)
Sb	0,0314	0,15 (0,0157 - 0,2916)	0,4145	0,22 (0,0157 - 0,4286)	0,03 (0,0314 - 0,051)
Se	0,313	9,48 (0,643 - 18,32)	17,81	1,08(0,115 - 2,054)	0,13 (0,0924 - 0,251)
Si	4,544	160,04 (16,47 - 303,6)	1235	70,9(10,9 - 130,9)	14,63 (6,25 - 69,14)
Sn	8,053	0,32 (0,1754 - 0,467)	170,6	4,17(0,4298 - 7,916)	7,09 (0,1754 - 7,874)
Sr	3,214	5,21 (0,182 - 10,23)	64,86	35,35(0,219 - 70,48)	4,44 (2,581 - 4,872)
Zn	20,81	195,99 (15,37 - 376,6)	473,1	108,51(16,11 - 200,9)	15,43 (12,33 - 32,36)
Cianuro (mg CN/kg)					
Cianuro	0,809	0,58 (0,036 - 1,119)	0,036	0,69(0,036 - 1,338)	0,78 (0,466 - 2,421)

n: número de muestras



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

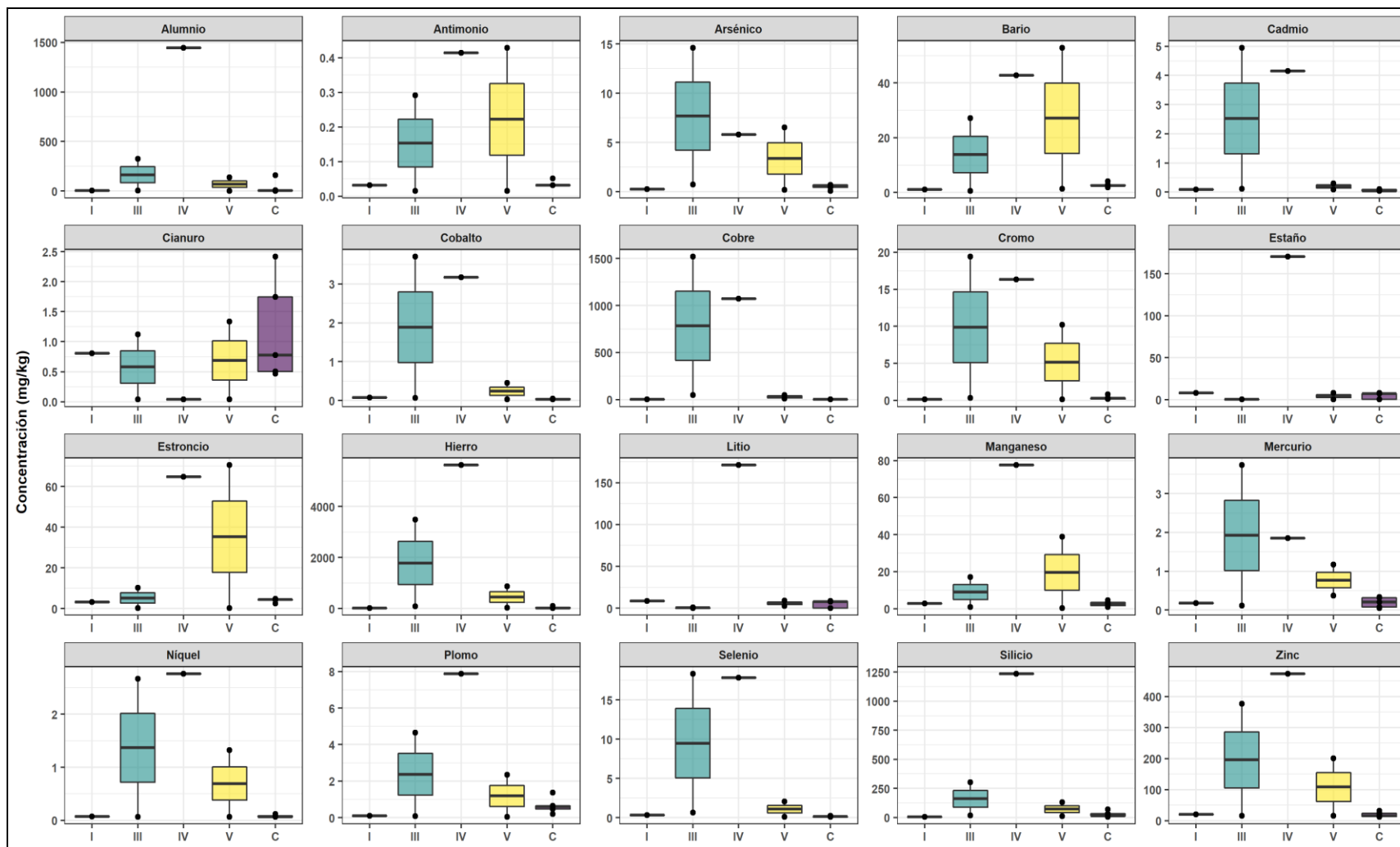


Figura 6.99. Comparación de la concentración de metales y cianuro entre las zonas de evaluación de la UF Quicay (zona I, zona III, zona IV, zona, V) y la zona control (C)



Análisis multivariados

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y posteriormente un análisis de clúster jerárquico, en base a distancias euclidianas, para determinar la asociación entre la concentración de metales de las localidades y zonas de evaluación. Para realizar este análisis se realizó una transformación Log 10, debido a la variabilidad de datos.

El ACP muestra que el 87,5 % de la variación de los datos es explicada por los 2 primeros componentes, 76,7 % por el primero y 10,8 % por el segundo (Figura 6.100A). Los metales níquel, zinc, cromo, antimonio y cobalto son los que contribuyen más en el primer componente, pero tienen una correlación negativa. El estaño, litio y estroncio son los que tienen mayor contribución al segundo componente presentando una correlación positiva.

El análisis clúster realizado sobre los componentes, determinó que las muestras se agrupan en 3 grupos según la concentración de metales (Figura 6.100B). El primer grupo conformado por las muestras QUI-He-V7, QUI-He-V11 y QUI-He-V13, que tuvieron mayor concentración de la mayoría de los metales. El segundo y tercer grupo están formados por todas las muestras de la zona control y algunas muestras de la UF Quicay que tuvieron bajas concentraciones de metales. El segundo grupo está conformado por las muestras las menores concentraciones de arsénico y el tercer grupo por las muestras que tuvieron las menores concentraciones de estaño y litio.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

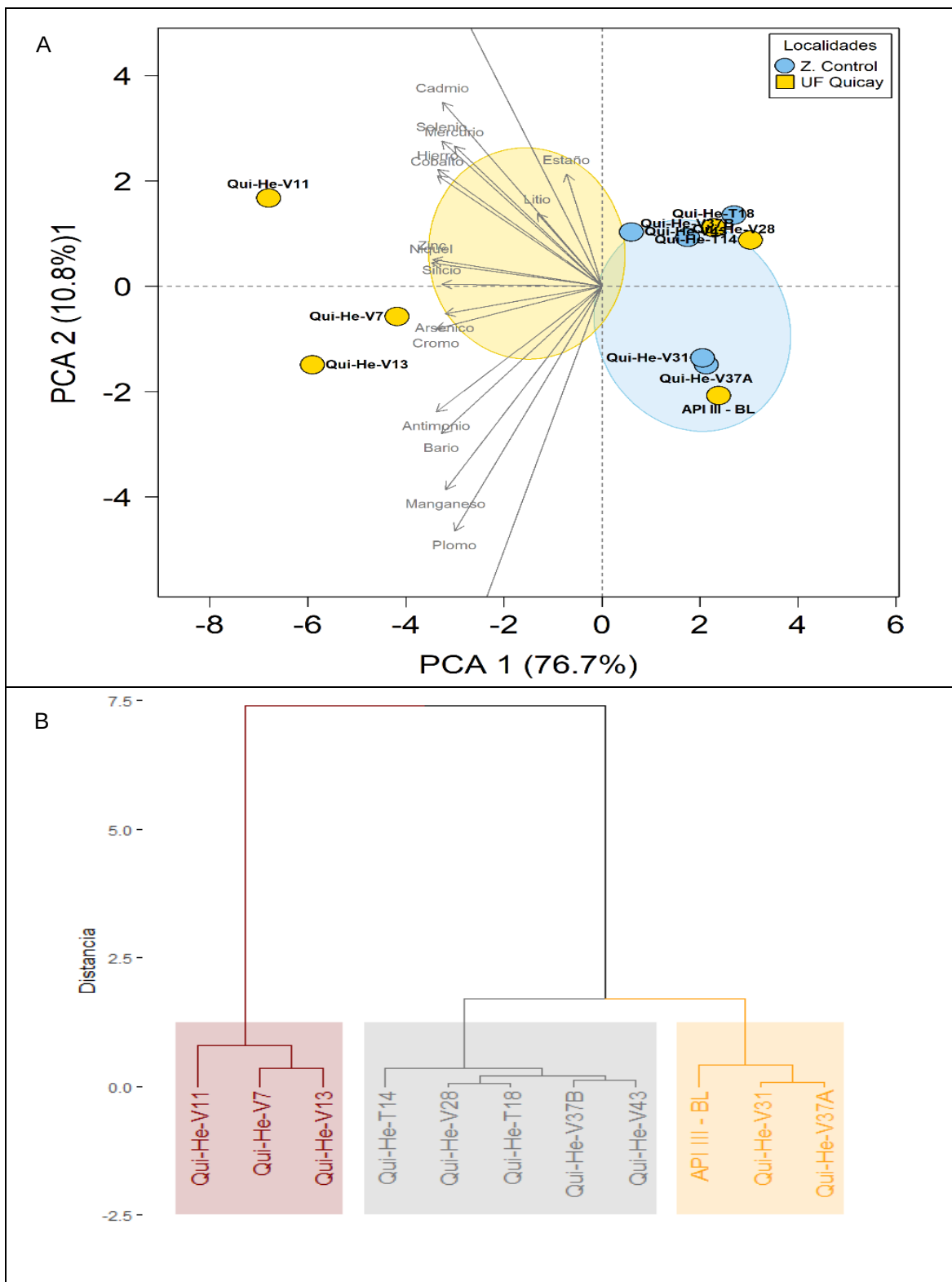


Figura 6.100. Análisis multivariados de las concentraciones de metales en anfibios en la UF Quicay y la zona control. A) ACP y B) Análisis clúster

**Concentración de metales y cianuro en las especies 3 especies de anfibios registradas**

La concentración de metales también muestra diferencias considerando las especies de anfibios. El sapo *Rhinella spinulosa* presentó la mayor variación y acumulación de metales, sin embargo, se debe tomar en cuenta que su concentración de metales esta referida solo a la UF Quicay ya que no se registró esta especie en la zona control (Figura 6.101).

En la zona control las especies *Pleurodema marmoratum* y *Gastrotheca peruana*, aunque no es posible realizar una comparación estadística, se observa que la especie *P. marmoratum* tiende a acumular mayor concentración de la mayoría de los metales y cianuro (Figura 6.101). Estas concentraciones tienden a ser entre 46,94 % y 1376,45 % mayor que las reportadas para *Rhinella spinulosa*, la mayor diferencia entre las concentraciones de aluminio (Tabla 6.45).

Tabla 6.45. Comparación de las concentraciones de metales y cianuro entre las especies *Pleurodema marmoratum* y *Gastrotheca peruana*

Parámetro	Especies*		Diferencia Porcentual <i>P. marmoratum</i> vs <i>G. peruana</i>
	<i>P. marmoratum</i> (n = 4)	<i>G. peruana</i> (n = 2)	
Metales (mg/kg)			
Al	42,67 ± 78,11	3,1 ± 2,12	1376,45 %
As	0,52 ± 0,19	0,41 ± 0,44	126,83 %
Ba	2,38 ± 1,3	2,64 ± 0,23	90,15 %
Cd	0,08 ± 0,02	0,05 ± 0	160,00 %
Co	0,05 ± 0,02	0,03 ± 0	166,67 %
Cr	0,23 ± 0,09	0,49 ± 0,44	46,94 %
Cu	1,3 ± 0,58	0,93 ± 0,46	139,78 %
Fe	42,44 ± 42,63	18,59 ± 1,99	228,29 %
Hg	0,22 ± 0,13	0,14 ± 0,09	157,14 %
Li	4,38 ± 5,03	7,97 ± 0,38	54,96 %
Mn	3,34 ± 0,82	1,37 ± 0,56	243,80 %
Ni	0,08 ± 0,03	0,07 ± 0,01	114,29 %
Pb	0,45 ± 0,25	0,79 ± 0,83	56,96 %
Sb	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0	133,33 %
Se	0,17 ± 0,1	0,17 ± 0,11	100,00 %
Si	29,86 ± 28,59	10,44 ± 5,93	286,02 %
Sn	4,07 ± 4,5	7,23 ± 0,19	56,29 %
Sr	3,78 ± 1,06	4,43 ± 0,13	85,33 %
Zn	23,15 ± 7,08	12,84 ± 0,72	180,30 %
Cianuro (mg CN/kg)			
Cianuro	1,36 ± 0,89	0,64 ± 0,19	212,50

*: Los valores representan la media y la desviación estándar



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

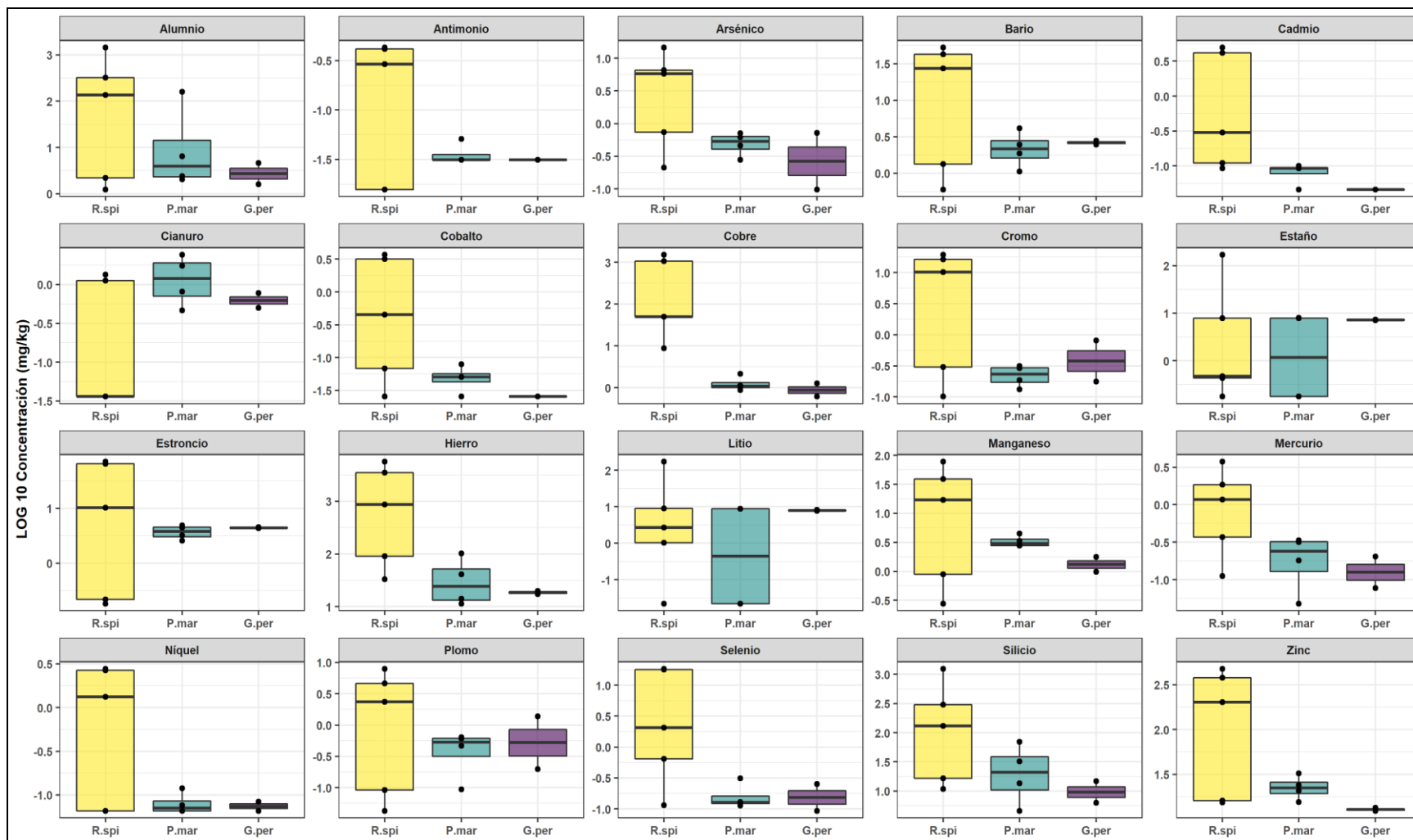


Figura 6.101. Comparación de las concentraciones de metales y cianuro entre las especies capturadas en la UF Quicay y la zona control

Relación de la concentración de metales en tejido de anfibios y suelo

Para determinar si existe una relación entre la concentración de metales pesados detectados en el suelo y tejido de anfibios se hizo una correlación bivariada para cada uno de los metales. Se halló que en efecto muchos de los metales analizados en tejido y sedimento, tienen correlación positiva con valores del coeficiente de Spearman que varían desde -0,32 hasta 0,95 (Tabla 6.4646); sin embargo, solo cobalto y cobre presentaron correlaciones significativas ($p > 0,05$).

Tabla 6.46. Relación entre la concentración de metales detectados en tejido de anfibios y sedimento

Metales (mg/kg)	Coeficiente de correlación de Spearman r	Significancia p
Aluminio	-0,08	0,83
Arsénico	0,6	0,09
Bario	0,19	0,62
Cadmio	0,33	0,39
Cobalto	0,7	0,03
Cromo	-0,22	0,57
Cobre	0,92	0
Hierro	0,45	0,22
Mercurio	0,28	0,47
Litio	0,18	0,64
Manganeso	0,27	0,48
Niquel	0,07	0,85
Plomo	0,23	0,56
Antimonio	-0,16	0,67
Selenio	0,44	0,24
Estaño	0,07	0,86
Estroncio	0,23	0,56
Zinc	0,36	0,34

Acumulación de metales en anfibios en hábitats acuáticos

En los quebradas y ríos de la UF Quicay se lograron registrar 3 especies de anfibios; *Rhinella spinulosa* y *Pleurodema marmoratum* que atraviesan por una fase larval acuática y una fase adulta terrestre; y la rana acuática *Telmatobius macrostomus* que culmina todo su ciclo dentro del agua, siendo además la única de la cual se registraron renacuajos.

Al comparar las concentraciones de metales entre todos los individuos adultos o metamórficos capturados en hábitats acuáticos se observó que *T. macrostomus*, es la especie que tiene una mayor concentración de metales. Las especies *R. spinulosa* y *P. marmoratum*, cuyos adultos migran hacia hábitats terrestres después de culminada su metamorfosis, presentaron mayores concentraciones solo de litio y estaño (Tabla 6.48)

Los 2 individuos de *T. macrostomus* analizados, se encontraron en diferentes etapas de desarrollo. Se analizó un renacuajo en estadio larval 36 y un metamorfo en estadio de desarrollo 44, casi culminando su proceso de metamorfosis, es decir tiene patas, brazos y

boca desarrolladas (Gosner, 1960). La concentración de metales entre ambos presenta diferencias significativas, en el estadio larval se llega a cuantificar concentraciones 571 veces mayores de litio, 245 veces mayores de manganeso, 221 veces mayores de estaño y 218 veces mayores de aluminio, entre otros (Tabla 6.47).

En estadio larval, estas ranas acumulan mayor cantidad de aluminio y sodio que llegan a alcanzar valores de 28 510 mg/kg y 28 398 mg/kg, seguidamente el hierro con 18 275 mg/kg y el manganeso con 1 921 mg/kg, el resto de los minerales se presentan en concentraciones menores a 300 mg/kg (Tabla 6.48). El orden relativo de concentración de metales en el individuo colectado es: Al > Na > Fe > Mn > Zn > Cu > Ba > Sn > Li > Sr > Pb > As > Cr > Co > Ni > Cs > Se > Hg > Sb.

En estadio metamórfico, *T. macrostomus* acumula menores concentraciones de metales, en comparación con los estadios larvales. El sodio es el elemento con mayor concentración alcanzando los 3063 mg/kg, seguido de hierro con 723,2 mg/kg, zinc con 266,7 mg/kg y aluminio con 130,2 mg/kg. El resto de los elementos presentaron concentraciones menores a 100 mg/kg (Tabla 6.48), siendo el orden relativo de concentración el siguiente: Na > Cr > Fe > Zn > Cu > Al > Ba > As > Sr > Mn > Se > Cd > Co > Hg > Ni > Pb > Sn > Sb > Li.

Tabla 6.47. Acumulación de metales en especies de anfibios registrados en hábitats acuáticos

Código Anfibios	Qui-He-T14	Qui-He-T2	Qui-He-V14	Qui-He-T7	Qui-He-T18
Cod. Agua superficial	RQuic-6	RQuic-7	RQuic-7	QQuic-2	RQ-2
Especie	<i>R. spinulosa</i>	<i>T. macrostomus</i> *	<i>T. macrostomus</i>	<i>R. spinulosa</i>	<i>P. marmoratum</i>
Al	1,236	28510	130,2	3,6	2,063
As	0,211	49,84	13,423	1,1898	0,28
Ba	1,34	209,9	14,38	7,334	1,055
Cd	0,0924	7,19	1,843	0,5206	0,0924
Co	0,02535	15,32	1,677	0,2715	0,079
Cr	0,101	20,51	18,33	0,7581	0,132
Cu	8,666	263,9	64,85	13,85	0,867
Fe	32,93	18275	723,2	578,2	14,09
Hg	0,369	1,927	1,353	0,1107	0,18
Li	8,944	176,9	0,3099	0,0865	8,724
Mn	0,275	1921	7,816	26,47	2,76
Na	685,4	28398	3063	41,3	948,4
Ni	0,0656	9,506	1,107	0,1527	0,076
Pb	0,0423	65,12	1,063	1,397	0,094
Sb	0,0157	1,149	0,4342	0,0314	0,0314
Se	0,115	6,51	4,362	0,725	0,313
Sn	7,916	176,9	0,799	0,1754	8,053
Sr	0,219	135,3	12,96	6,901	3,214
Zn	16,11	266,7	159,1	33,23	20,81

*: Espécimen que corresponde a un renacuajo (estadio larval 36)

6.3.7.2. Aves

Se obtuvieron muestras de plumas de 22 aves que pertenecen a 9 especies, 7 familias y 4 órdenes. De las 22 muestras, 17 fueron colectadas en el área de influencia de la UF Quicay, y 5 en una zona control, en el centro poblado Pacoyán, aproximadamente a 2 km de esa unidad (Tabla 6.4848). De todas las especies evaluadas, 2 pudieron ser capturadas en ambas zonas de muestreo: el churrete de ala crema (*Cincludes albiventris*) y el minero común (*Geositta cunicularia*), donde en la UF Quicay se capturaron 7 y 1 individuos respectivamente, mientras que en la zona control se capturaron 2 y 3 individuos respectivamente.

Tabla 6.48. Número de muestras colectadas por especie en el área de influencia de la UF Quicay y zona control

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Zona de muestreo	N° de muestras
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas puna</i>	Pato de la puna	UF Quicay	2
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Avefría andina	UF Quicay	1
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna	UF Quicay	1
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de collar rufo	UF Quicay	2
	Furnariidae	<i>Asthenes humilis</i>	Canastero de garganta anaranjada	UF Quicay	1
		<i>Cincludes albiventris</i>	Churrete de ala crema	Control	2
				UF Quicay	7
		<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	Control	3
				UF Quicay	1
	Motacillidae	<i>Anthus furcatus</i>	Cachirla de pico corto	UF Quicay	1
	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la puna	UF Quicay	1
4 órdenes	7 familias	9 especies		7 zonas	22 muestras

*: Cada muestra equivale a plumas de 1 individuo.

Se cuantificaron 30 metales y cianuro en todas las muestras de plumas, pero para los análisis se consideraron solo aquellos que superaron los estándares de calidad de suelo. También se excluyeron los metales que fueron detectados por debajo del límite de cuantificación en la mayoría de las muestras. Los metales considerados en los análisis fueron: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn); también se incluyó al cianuro (CN) en los análisis.

6.3.7.2.1. Concentración de metales en aves

Independientemente de la especie (y de la zona de muestreo, en el caso de *Cincludes albiventris* y *Geositta cunicularia*), las concentraciones de metales variaron principalmente en el siguiente orden: Fe > Al > Zn > Mn > Cu > Ba > Pb > Cr > Hg > As > Se > Co > Mo > Cd > Sb > CN. En la Figura 6.102 se muestran las concentraciones de metales en plumas de las 9 especies de aves. En el caso de *Cincludes albiventris* y *Geositta cunicularia* se muestran, también, las medias por zona de muestreo (*C. albiventris*_{Quicay} = 7 individuos; *C. albiventris*_{Control} = 2 individuos; *G. cunicularia*_{Quicay} = 1 individuo; *G. cunicularia*_{Control} = 3 individuos).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

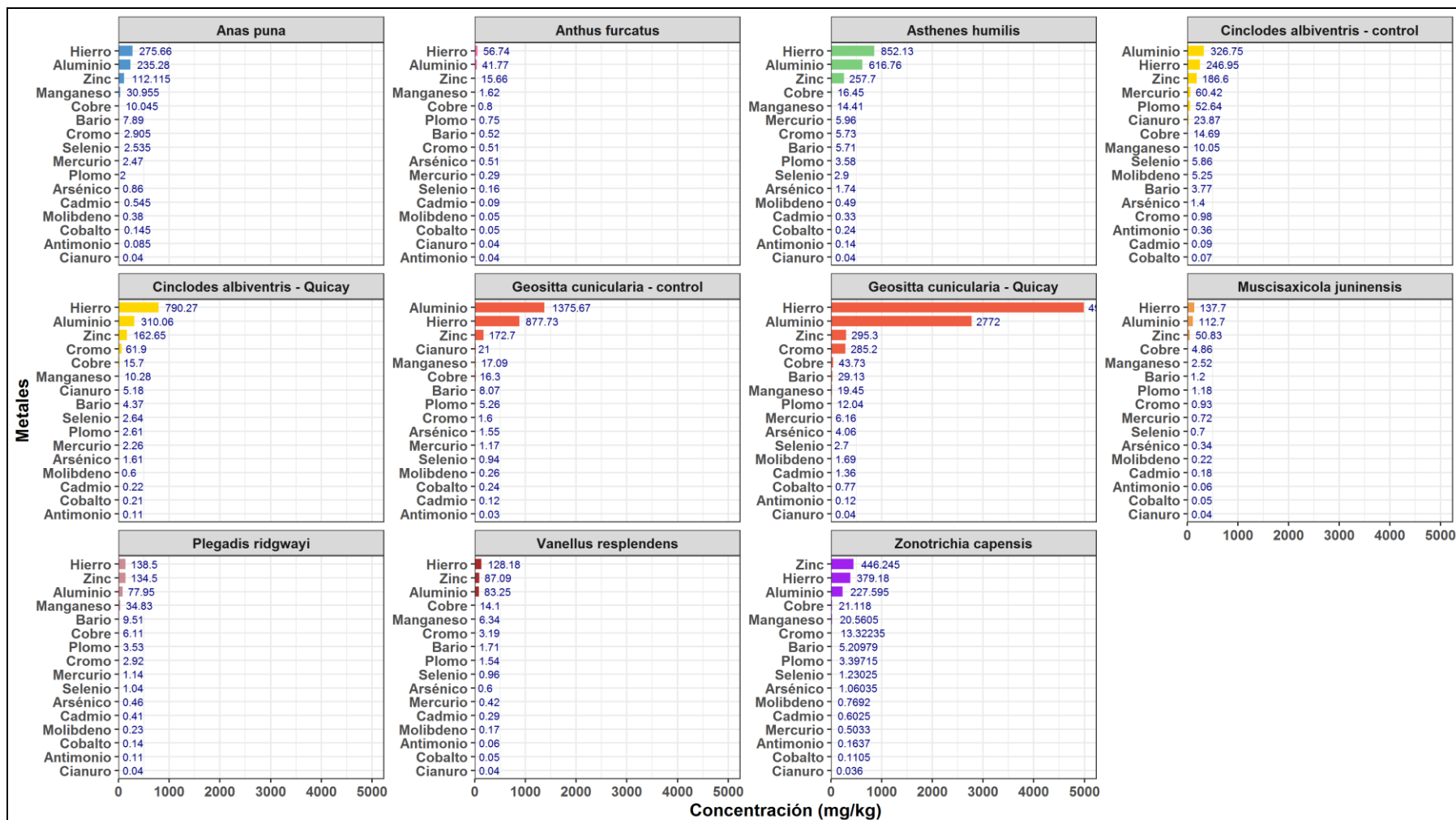


Figura 6.102. Concentración de metales (mg/kg) en plumas por especie en el área de influencia de la UF Quicay y zona control

6.3.7.2.2. Concentración de metales en plumas de Passeriformes por componente minero y laguna Quicay

Se presentan las concentraciones promedio de los metales cuantificados en plumas de Passeriformes en zonas asociadas a 3 componentes mineros: el botadero de desmote Suroeste, el botadero de desmote Sur y el botadero de desmote Este. Adicionalmente, se muestran las concentraciones de metales en plumas tomadas en el borde de la laguna Quicay que corresponden a la zona VI. El botadero de desmote Suroeste abarca la zona V, el botadero de desmote Sur abarca las zonas III y IV, y, por último, el botadero de desmote Este abarca las zonas I y II.

En el botadero de desmote Suroeste se tomaron muestras de 2 aves pertenecientes a la orden Passeriformes, mientras que, en los botaderos de desmote Sur y Este se tomaron 4 y 5 muestras respectivamente. Con respecto a la laguna Quicay, en esta zona se tomaron 2 muestras (Tabla 6.4949).

Tabla 6.49. Número de muestras de Passeriformes por componente minero y laguna Quicay

Componente minero	Zona de muestreo	ID de muestra	Especie	N° de muestras por componente
Botadero de desmote Este	Zona I	Quicay_ave_06	<i>Geositta cunicularia</i>	5
	Zona II	Quicay_ave_07	<i>Anthus furcatus</i>	
	Zona II	Quicay_ave_09	<i>Cinclodes albiventris</i>	
	Zona II	Quicay_ave_11	<i>Asthenes humilis</i>	
	Zona II	Quicay_ave_12	<i>Cinclodes albiventris</i>	
Botadero de desmote Sur	Zona III	Quicay_ave_10	<i>Cinclodes albiventris</i>	4
	Zona IV	Quicay_ave_01	<i>Zonotrichia capensis</i>	
	Zona IV	Quicay_ave_02	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	
	Zona IV	Quicay_ave_03	<i>Zonotrichia capensis</i>	
Botadero de desmote Suroeste	Zona V	Quicay_ave_04	<i>Cinclodes albiventris</i>	2
	Zona V	Quicay_ave_05	<i>Cinclodes albiventris</i>	
Laguna Quicay	Zona VI	Quicay_ave_16	<i>Cinclodes albiventris</i>	2
	Zona VI	Quicay_ave_17	<i>Cinclodes albiventris</i>	

En la Figura 6.103 se presentan las concentraciones en mg/kg de las muestras tomadas en cada componente minero y en la laguna Quicay, donde se puede observar que la concentración de metales varía entre componentes, siendo la diferencia más notoria la presencia de cianuro en las muestras tomadas en la laguna Quicay. En el caso de los componentes mineros, las muestras tomadas en las zonas aledañas a estos no superan el límite de cuantificación para este parámetro (0,04 mg CN/kg).

• Botadero de desmote Suroeste

En el componente botadero de desmote Suroeste se tomaron 2 muestras. La muestra que tuvo las mayores concentraciones de metales fue la muestra Quicay_ave_05 (*Cinclodes albiventris*), la cual presentó concentraciones altas de Sb, As, Co, Cu, Cr, Mn, Hg, Mo y Se (Figura 6.103).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

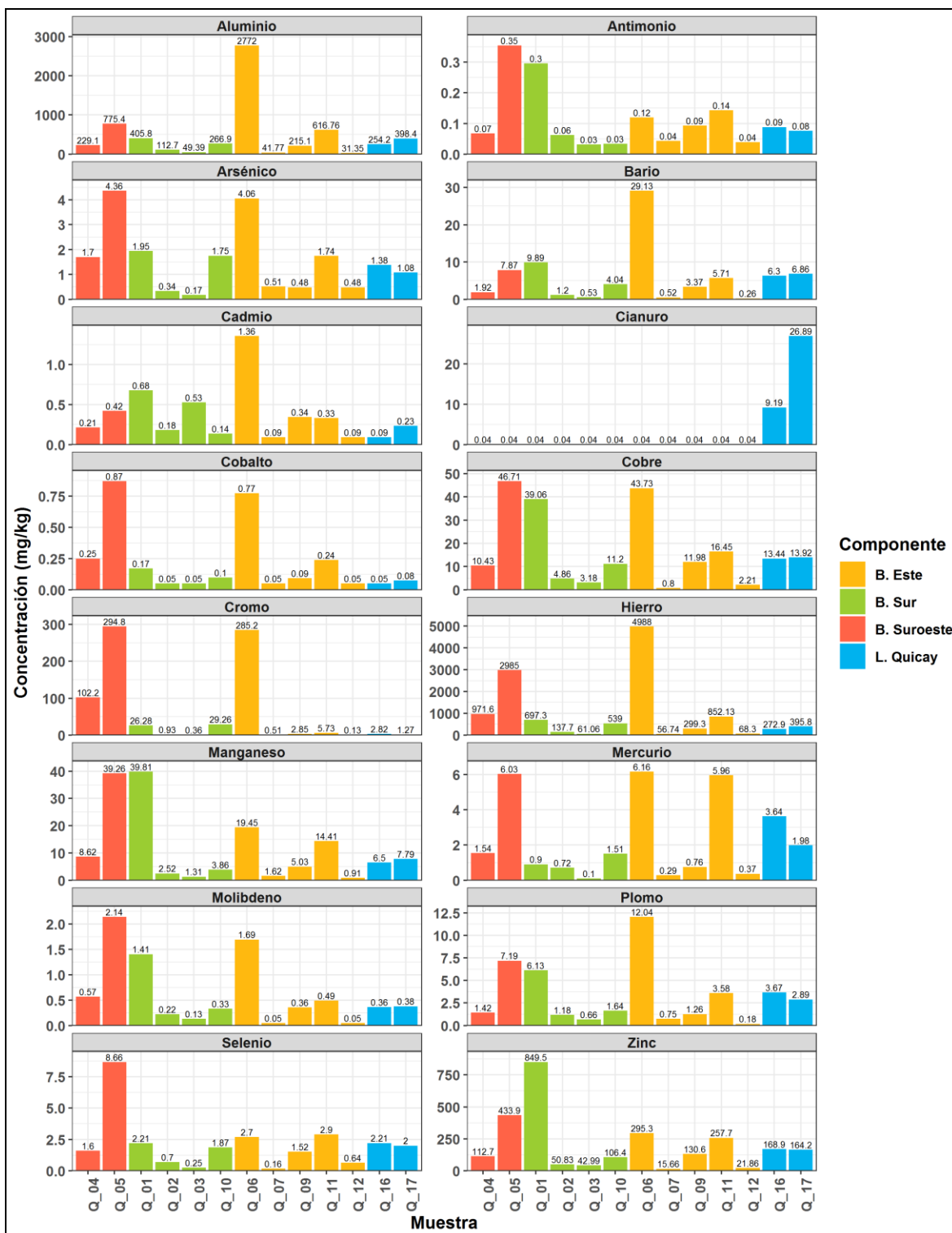


Figura 6.103. Concentración de metales en plumas de Passeriformes (mg/kg) por componente minero y laguna Quicay

- **Botadero de desmote Este**

En el componente botadero de desmote Este se tomaron 5 muestras. De todas ellas, la muestra Quicay_ave_06 (*Geositta cunicularia*) fue la que presentó las mayores concentraciones, resaltando los siguientes metales: Al, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Mo y Pb. Después de esa muestra, las que presentaron concentraciones altas fueron Quicay_ave_11 (*Asthenes humilis*) y Quicay_ave_09 (*C. albiventris*), ver Figura 6.103.

- **Botadero de desmote Sur**

En el componente botadero de desmote Sur se tomaron 4 muestras. De todas ellas, la muestra Quicay_ave_01 (*Zonotrichia capensis*) resalta por sus concentraciones de Sb, Cu, Mn, Mo y Zn, siendo la concentración de este último metal (Zn) la mayor registrada en la UF Quicay (Figura 6.103).

6.3.7.2.3. Comparación de la concentración de metales en plumas de Passeriformes entre la UF Quicay y zona control

Debido a que no se contó con un alto tamaño de muestra en ambas zonas de evaluación, que pudiera otorgar un valor de p estadísticamente significativo ($N_{\text{Quicay}} = 17$, $N_{\text{control}} = 5$), se optó por comparar las concentraciones de metales entre dichas zonas por medio de intervalos de confianza al 95 % (IC). Asimismo, se consideraron solo las muestras de aves correspondientes a la Orden Passeriformes ($N_{\text{Quicay}} = 13$, $N_{\text{control}} = 5$), por ser especies residentes que no realizan desplazamientos geográficos grandes. En la Tabla 6.5050 se muestran los valores de media $\pm$ IC al 95 %, los cuales también se visualizan en la Figura 6.104, para una mejor interpretación. De acuerdo con los intervalos de confianza, se puede observar diferencias en 2 de los 16 metales analizados, Cd y CN.

Tabla 6.50. Intervalos de confianza al 95% de metales analizados en plumas de Passeriformes en el área de estudio

Parámetro	UF Quicay (n = 13)			Zona control (n = 5)		
	Media	IC inferior	IC superior	Media	IC inferior	IC superior
Metales totales						
Al	474,53	36,18	912,87	956,1	194,43	1717,77
Sb	0,11	0,05	0,17	0,16	-0,2	0,53
As	1,54	0,73	2,35	1,49	1,23	1,75
Ba	5,97	1,36	10,58	6,35	3,38	9,32
Cd	0,36	0,15	0,57	0,11	0,09	0,13
Co	0,22	0,05	0,39	0,17	0,06	0,29
Cu	16,77	7,17	26,36	15,66	11,57	19,75
Cr	57,87	-6,64	122,38	1,36	0,91	1,8
Fe	948,06	77,52	1818,61	625,42	166,6	1084,24
Mn	11,62	3,47	19,78	14,27	8,36	20,18
Hg	2,3	0,9	3,71	24,87	-40,54	90,28
Mo	0,63	0,22	1,04	2,25	-3,28	7,79
Pb	3,28	1,23	5,33	24,21	-31	79,42
Se	2,11	0,8	3,42	2,91	-0,51	6,33
Zn	203,89	65,99	341,78	178,26	165,71	190,81
Cianuro						
CN	2,81	-1,83	7,44	22,15	17,68	26,61

Al analizar los metales que presentaron diferencias en los IC (Figura 6.104) se pudo observar además que, la media $\pm$ IC de Cd en la UF Quicay fue mayor que en la zona control (Cd_{Quicay}

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

= $0,36 \pm 0,21$; $Cd_{Control} = 0,11 \pm 0,02$), y que la media $\pm$ IC de CN en la zona control fue mayor que en la UF Quicay ($CN_{Quicay} = 2,15 \pm 4,63$; $CN_{Control} = 22,15 \pm 4,46$).

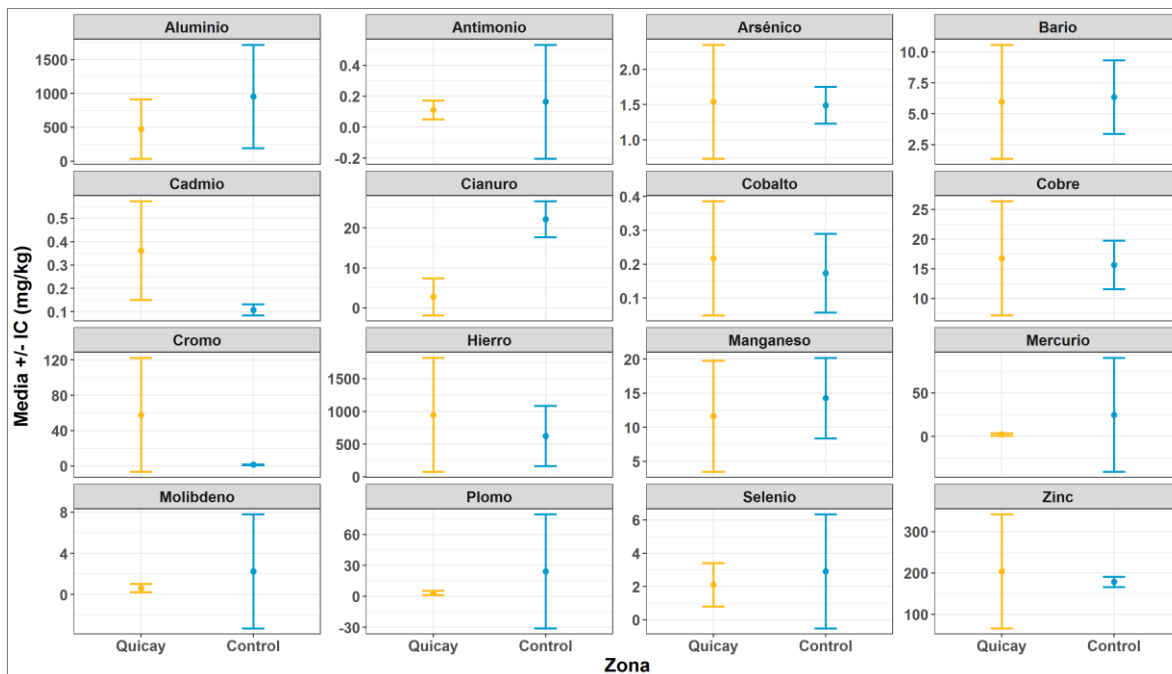


Figura 6.104. Media e intervalos de confianza al 95 % de metales analizados en plumas de Passeriformes en el área de estudio

En cuanto al análisis de componentes principales (ACP) de la concentración de metales en plumas de Passeriformes por zona de evaluación se tiene que, la variabilidad puede ser explicada al 70,1 % en 2 componentes (Figura 6.105). El componente 1 contribuye con 45 %, mientras que, el componente 2 con 25,1 %. En la representación gráfica del ACP (Figura 6.105) se puede observar la falta de diferencias en los puntos de muestreo entre zonas de evaluación, ya que hay un agrupamiento de puntos de ambas zonas en el centro del ACP. Asimismo, se puede observar que las variables Hg, Pb, Mo, Sb y CN se encuentran en el segundo componente asociados al punto de muestreo Quicay_ZC_ave_04, en el cual se obtuvieron altas concentraciones de metales respecto a los demás puntos de muestreo. En la figura se puede observar también que los metales restantes (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Zn) se encuentran en el primer componente asociados a los puntos de muestreo Quicay_ave_01, Quicay_ave_05 y Quicay_ave_06, que fueron los puntos de muestreo que presentaron las mayores concentraciones de esos metales.

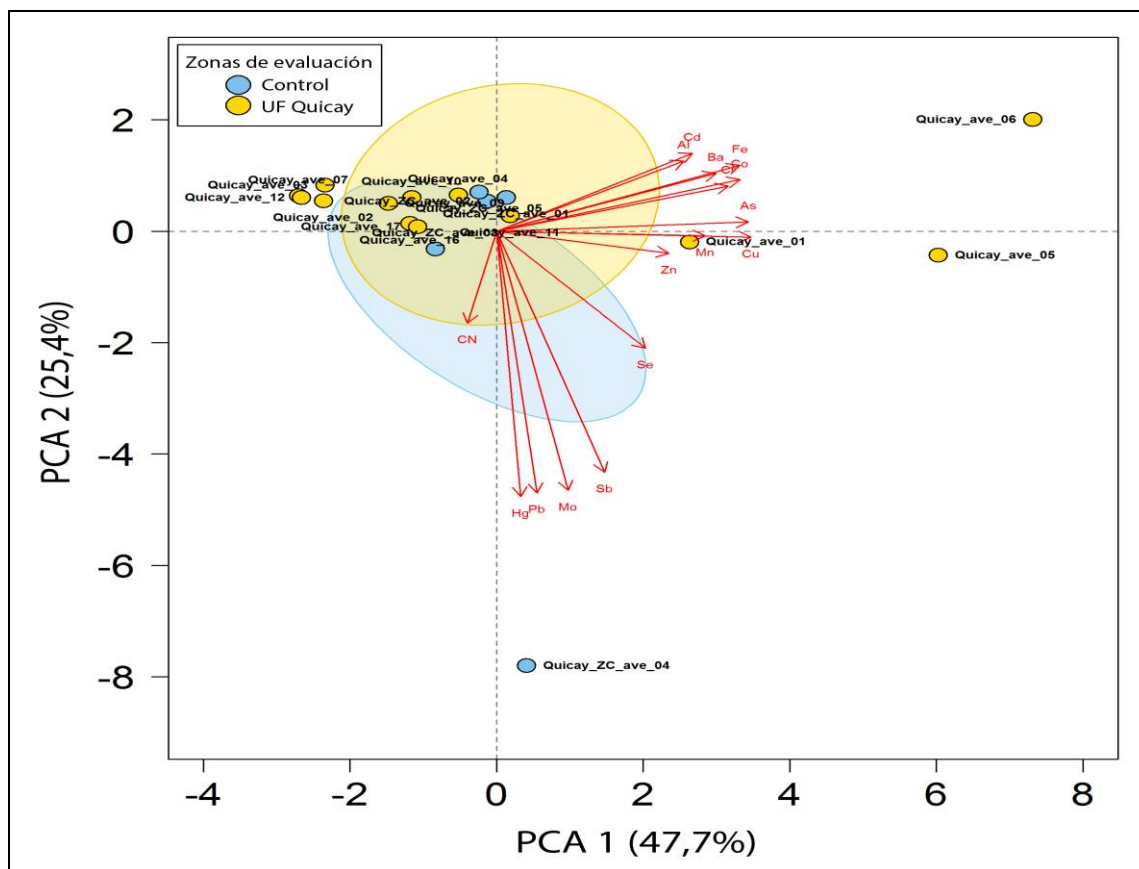


Figura 6.105. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en plumas de Passeriformes

6.3.7.2.4. Comparación de la concentración de metales en plumas de *Cinclodes albiventris* entre la UF Quicay y zona control

Así como en las especies agrupadas de la orden Passeriformes, a nivel de especie, en este caso de *Cinclodes albiventris*, tampoco se obtuvieron muchas muestras en ambas zonas de evaluación ($N_{\text{Quicay}} = 7$, $N_{\text{control}} = 2$) que permitan analizar con precisión las diferencias entre zonas por medio de pruebas de hipótesis, por lo que, se optó también por hacer comparaciones de los intervalos de confianza de los metales analizados entre zonas de evaluación. En la Tabla 6.51 se muestran los valores de media $\pm$ IC al 95 %, los cuales también se observan en la Figura 6.106, para una mejor interpretación. De acuerdo con los intervalos de confianza, solo se observa diferencias en la concentración de Cd entre zonas de evaluación ($\text{Cd}_{\text{Quicay}} = 0,22 \pm 0,12$; $\text{Cd}_{\text{Control}} = 0,09 \pm 0,00$).

Tabla 6.51. Intervalos de confianza al 95 % de metales analizados en plumas de *Cinclodes albiventris* en el área de estudio

Parámetro	UF Quicay (n = 7)			Zona control (n = 2)		
	Media	IC inferior	IC superior	Media	IC inferior	IC superior
Metales totales						
Al	310,06	95,62	524,51	326,75	-255,83	909,33
Sb	0,11	0,00	0,21	0,36	-3,85	4,58
As	1,61	0,38	2,83	1,40	1,10	1,70
Ba	4,37	1,81	6,94	3,77	2,41	5,13
Cd	0,22	0,10	0,34	0,09	0,09	0,09

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Parámetro	UF Quicay (n = 7)			Zona control (n = 2)		
	Media	IC inferior	IC superior	Media	IC inferior	IC superior
Co	0,21	-0,06	0,49	0,07	-0,02	0,17
Cu	15,70	2,54	28,85	14,69	-10,98	40,36
Cr	61,90	-38,98	162,79	0,98	-0,29	2,25
Fe	790,27	-142,13	1722,67	246,95	-143,77	637,67
Mn	10,28	-1,77	22,34	10,05	-4,59	24,69
Hg	2,26	0,45	4,08	60,42	-685,13	805,98
Mo	0,60	-0,05	1,24	5,25	-57,99	68,50
Pb	2,61	0,46	4,75	52,64	-596,11	701,40
Se	2,64	0,15	5,14	5,86	-4,42	16,15
Zn	162,65	43,18	282,12	186,60	154,83	218,37
Cianuro						
CN	5,18	-4,22	14,58	23,87	-16,83	64,58

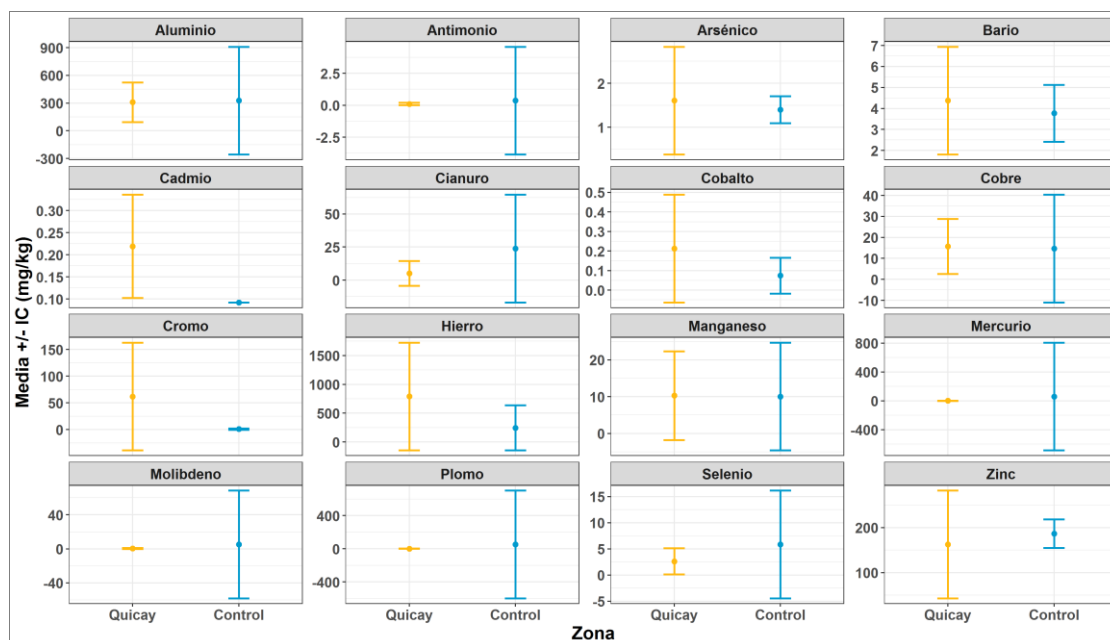


Figura 6.106. Media e intervalos de confianza al 95 % de metales analizados en plumas de *Cinclodes albiventris* en el área de estudio

En cuanto al análisis de componentes principales (ACP) de la concentración de metales en plumas de aves (especies agrupadas) por zona de evaluación se tiene que, la variabilidad puede ser explicada al 83,9 % en 2 componentes (Figura 6.107). El componente 1 contribuye con 57,4 %, mientras que, el componente 2 con 26,5 %. En la representación gráfica del ACP se puede observar la distribución de los metales en ambos componentes. En primer lugar, en el componente 1 se encuentran el Al, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Se y Zn, los cuales están asociados a la muestra Quicay_ave_05, tomada en la UF Quicay, donde se encontró las mayores concentraciones de estos metales. Por otro lado, en el segundo componente se encuentran el Sb, Hg, Mo y Pb altamente correlacionados y asociados a la muestra Quicay_ZC_ave_04, tomada en la zona control, y que registró las mayores concentraciones de estos metales. En dicha figura se puede observar también que, las 7 muestras restantes se encuentran agrupadas en el centro de ambos componentes.

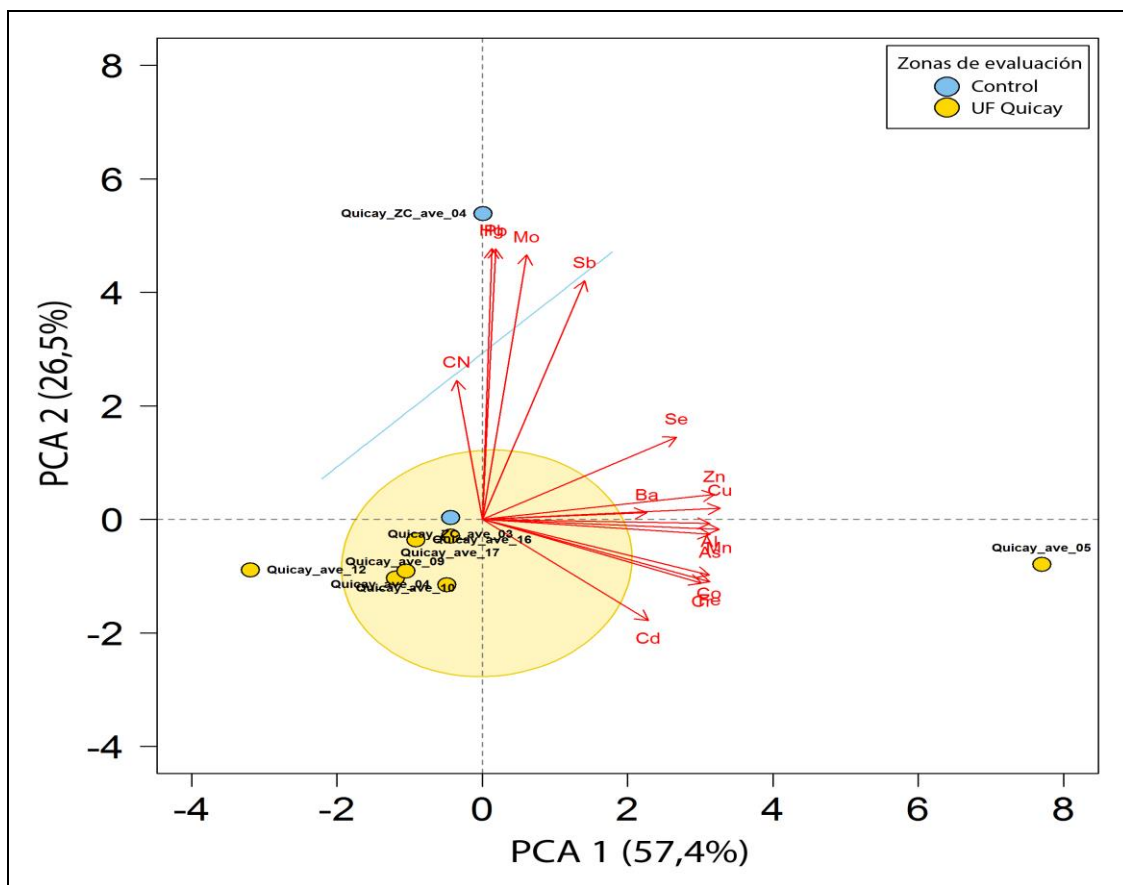


Figura 6.107. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en plumas de *Cinclodes albiventris*

6.3.7.2.5. Comparación del peso y medidas morfométricas de *Cinclodes albiventris* entre la UF Quicay y zona control

A todos los individuos de *C. albiventris* capturados se les tomó medidas morfométricas (longitud de ala, cola, pico-narina, tarso), fisiológicas (protuberancia cloacal, parche de incubación, cantidad de grasa), de plumaje (muda de cuerpo, muda de vuelo, desgaste de primarias) y osificación, pero para efectos de la presente evaluación solo se consideraron las medidas morfométricas y peso como variables para comparación, ya que los valores de las variables fisiológicas, de plumaje y osificación no difirieron entre zonas de evaluación. Las medidas morfométricas y peso de los individuos de *C. albiventris* capturados se muestran en la Tabla 6.5252.

Tabla 6.52. Peso y medidas morfométricas de individuos de *Cinclodes albiventris* capturados en el área de estudio

Zona de evaluación	ID de muestra	Peso	Long. tarso	Long. pico-narina	Long. ala	Long. cola
UF Quicay	Quicay_ave_04	25	25,8	11,4	9,2	6,2
	Quicay_ave_05	25	26,6	11,3	9,1	6,5
	Quicay_ave_09	27	28,6	11,2	9,1	6,7
	Quicay_ave_10	26	26,9	11,6	9,2	6,8
	Quicay_ave_12	25	27	12,6	9,1	7,1
	Quicay_ave_16	25	27	12	9,7	6,5
	Quicay_ave_17	24	27	12,2	9,2	5,9
Zona control	Quicay_ZC_ave_03	27	28,6	12,8	9,8	6,7

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Zona de evaluación	ID de muestra	Peso	Long. tarso	Long. pico-narina	Long. ala	Long. cola
	Quicay_ZC_ave_04	26	28,3	12,5	9,6	6,5

Long.: Longitud

Se compararon los intervalos de confianza al 95 % de las medidas morfométricas y peso de los individuos de *C. albiventris* entre zonas de evaluación, pero no se encontraron diferencias (Tabla 6.5353, Figura 6.108).

Tabla 6.53. Intervalos de confianza al 95 % de medidas morfométricas y peso de individuos de *Cinclodes albiventris* en el área de estudio

Medida morfométrica/peso	UF Quicay (n = 7)			Zona control (n = 2)		
	Media	IC inferior	IC superior	Media	IC inferior	IC superior
Longitud de ala (cm)	9,23	9,03	9,43	9,70	8,43	10,97
Longitud de cola (cm)	6,53	6,16	6,89	6,60	5,33	7,87
Longitud de pico-narina (mm)	11,76	11,27	12,24	12,65	10,74	14,56
Longitud de tarso (mm)	26,99	26,21	27,76	28,45	26,54	30,36
Peso (g)	25,29	24,41	26,17	26,50	20,15	32,85

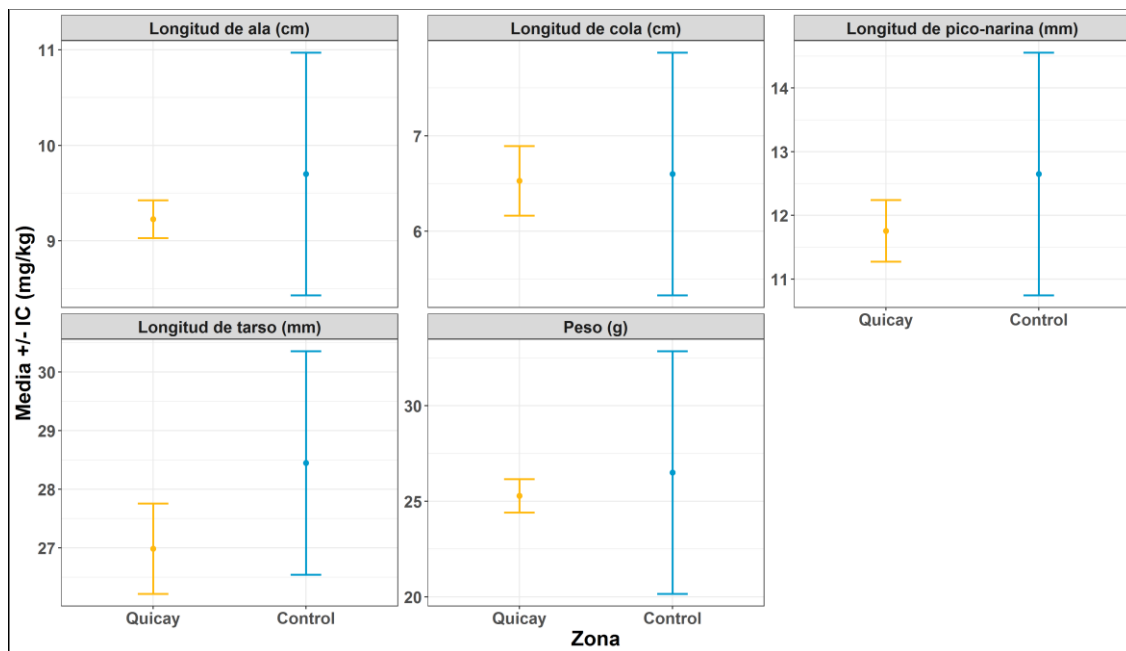


Figura 6.108. Media e intervalos de confianza al 95 % de medidas morfométricas y peso de individuos de *Cinclodes albiventris* en el área de estudio

6.3.7.2.6. Comparación de la concentración de metales en plumas de *Geositta cunicularia* entre la UF Quicay y zona control

Con respecto a *Geositta cunicularia*, no se pudieron realizar pruebas de hipótesis o comparación de intervalos de confianza debido a que solo se obtuvo una captura de esta especie en la UF Quicay y 3 capturas en la zona control, lo que no permitió realizar análisis estadísticos confiables que demuestren diferencias significativas. A pesar de ello, en la Figura 6.109 se puede observar que, las concentraciones de Al, Sb, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Mo, Pb, Se y Zn son más elevadas en la UF Quicay que en la zona control, mientras que, el CN y Mn es más elevado en la zona control que en la UF Quicay.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

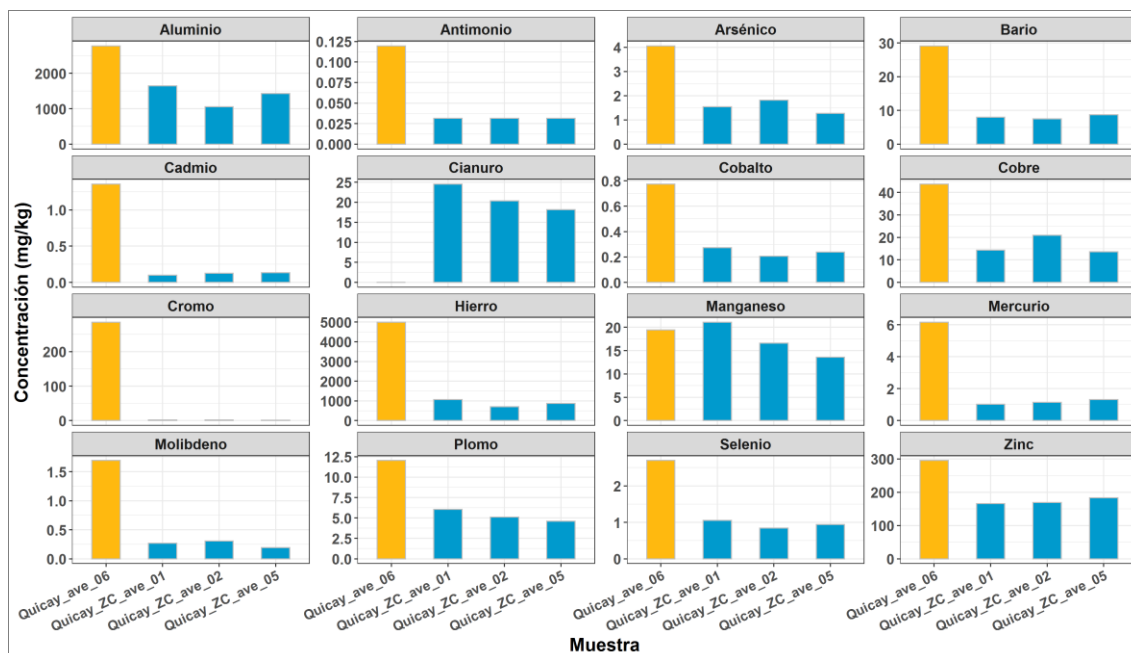


Figura 6.109. Concentración de metales (mg/kg) en plumas de *Geositta cunicularia*

En cuanto al análisis de componentes principales (ACP) de la concentración de metales en plumas de *Geositta cunicularia* por zona de evaluación se tiene que, la variabilidad puede ser explicada al 98,9 % en dos componentes (Figura 6.110). El componente 1 contribuye con 92,6 %, mientras que, el componente 2 con 6,3 %. En la representación gráfica del ACP se puede observar la distribución de los metales en ambos componentes. En primer lugar, en el lado positivo del componente 1 se encuentran el Al, Sb, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Mo, Pb, Se y Zn, los cuales están asociados a la muestra Quicay_ave_06, tomada en la UF Quicay, donde se encontró las mayores concentraciones de estos metales. Mientras que, en el lado negativo del componente 1 está el CN, el cual fue registrado en las 3 muestras de la zona control. Por último, en el componente 2 se encuentra al manganeso, el cual se encontró en concentraciones similares en todas las muestras, y que también puede ser observado en la Figura 6.109.

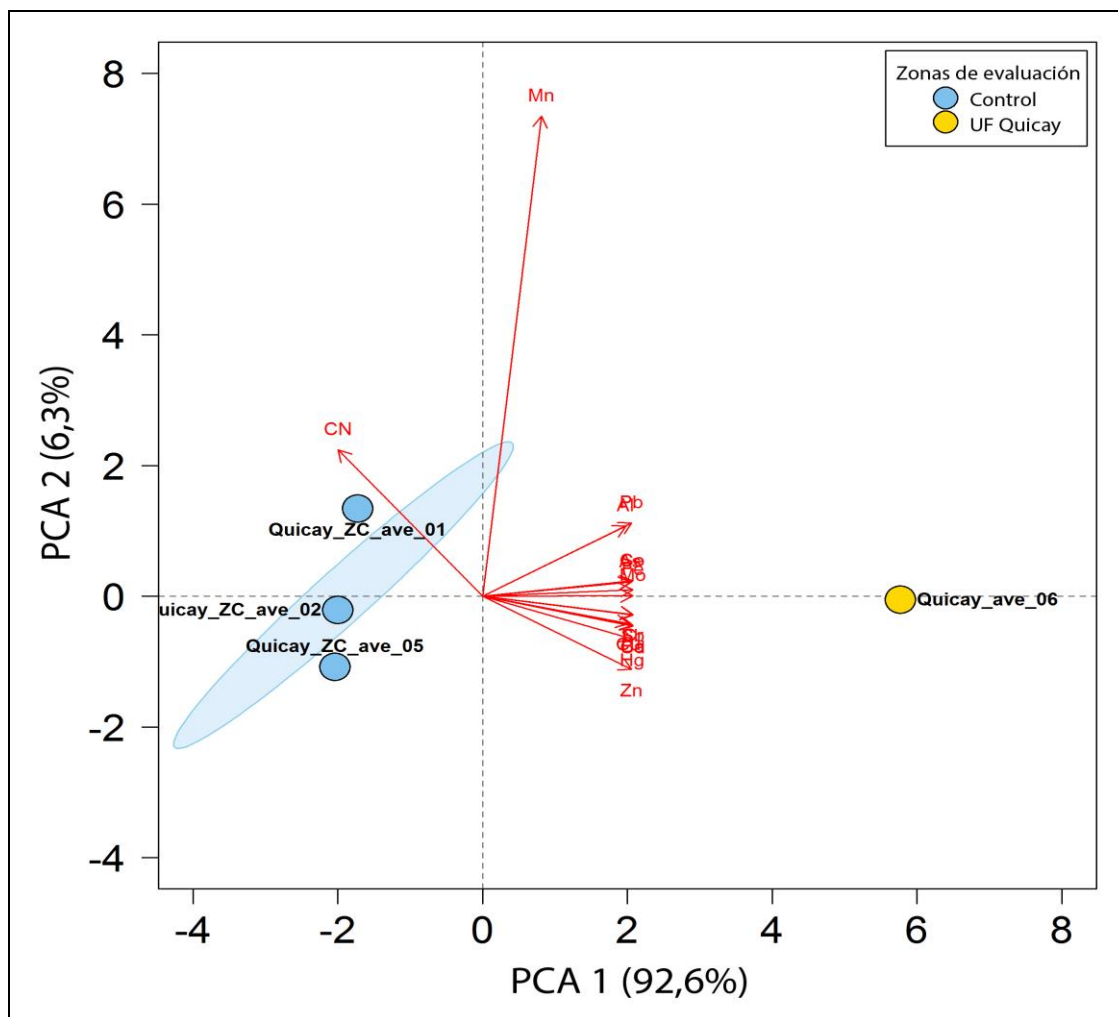


Figura 6.110. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en plumas de *Geositta cunicularia*

6.3.7.2.7. Comparación del peso y medidas morfométricas de *Geositta cunicularia* entre la UF Quicay y zona control

Se tomaron medidas morfométricas y peso de los individuos de *G. cunicularia* capturados en ambas zonas de evaluación (Tabla 6.544 y Figura 6.111). Sin embargo, la poca cantidad de muestras obtenidas ($N_{\text{Quicay}} = 1$, $N_{\text{control}} = 3$) no permite realizar análisis estadísticos confiables que demuestren diferencias significativas.

Tabla 6.54. Peso y medidas morfométricas de individuos de *Geositta cunicularia* capturados en el área de estudio

Zona de evaluación	ID de muestra	Peso	Long. tarso	Long. pico-narina	Long. Ala	Long. Cola
UF Quicay	Quicay_ave_06	19	22,8	10,6	9,5	5,3
Zona control	Quicay_ZC_ave_01	20	22,3	13,5	9,9	5,5
	Quicay_ZC_ave_02	20	23,2	13,7	9,8	5,6
	Quicay_ZC_ave_05	19	24	14	9,5	5,3

Long.: Longitud

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

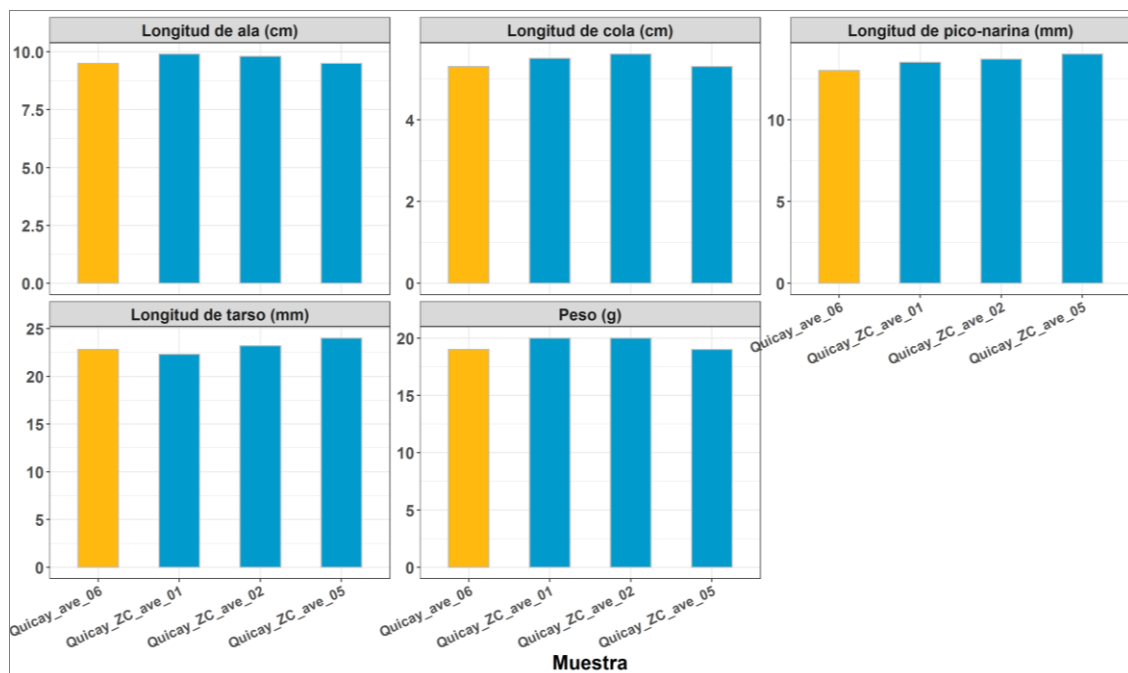


Figura 6.111. Peso y medidas morfométricas de individuos de *Geositta cunicularia* capturados en el área de estudio

6.3.7.2.8. Especies de aves amenazadas y endémicas

De acuerdo con la categorización de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2020), y la «Categorización Nacional de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre», aprobada mediante Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI; no se registró ninguna especie en alguna categoría de amenaza, y tampoco se registraron especies endémicas.

6.3.7.3. Mamíferos menores

Durante las evaluaciones se obtuvieron muestras de tejidos de mamíferos de 29 roedores que pertenecen a 5 especies, una familia y un orden. De las 29 muestras, 26 fueron colectadas en el área de influencia de la UF Quicay, y 3 en una zona control, en el centro poblado Pacoyán, aproximadamente a 2 km de la UF Quicay (Tabla 6.55). De todas las especies evaluadas, 2 especies pudieron ser capturadas en ambas zonas de evaluación: *Auliscomys pictus* «ratón orejón pintado» y *Akodon juninensis* «ratón campestre de Junín», donde en la UF Quicay se capturaron 3 y 6 individuos respectivamente, mientras que, en la zona control se capturaron 2 y un individuo respectivamente.

Tabla 6.55. Esfuerzo de muestreo en las zonas de evaluación

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Zonas de evaluación	Nº de muestras
Rodentia	Cricetidae	<i>Abrothrix jelskii</i>	Ratón campestre de jelski	UF Quicay	1
		<i>Akodon juninensis</i>	Ratón campestre de Junín	UF Quicay	6
				Control	1
		<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón orejón pintado	UF Quicay	3
				Control	2



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Zonas de evaluación	N° de muestras
		<i>Calomys lepidus</i>	Ratón vespertino precioso	UF Quicay	14
		<i>Neotomys ebriosus</i>	Ratón de humedales andino	UF Quicay	2
4 órdenes	1 familia	5 especies		5 zonas de evaluación	29 muestras

*: Cada muestra equivale a tejido de 1 individuo

Se cuantificaron 30 metales y cianuro en todas las muestras de tejidos, pero para los análisis se consideraron solo aquellos que superaron los estándares de calidad de suelo. También se excluyeron los metales que fueron detectados por debajo del límite de cuantificación en la mayoría de las muestras. Los metales considerados en los análisis fueron: aluminio (Al), arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), plomo (Pb), selenio (Se), silicio (Si) y zinc (Zn); también se incluyó al cianuro (CN) en los análisis.

6.3.7.3.1. Concentración de metales en tejidos de mamíferos menores

Con el fin de comprobar la capacidad de los mamíferos menores para reflejar las diferencias ambientales en la contaminación por metales, se analizaron roedores en un transecto en la UF Quicay, y se instaló un transecto en una zona control. Para los análisis estadísticos no se consideró a la muestra Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*), ya que este espécimen se encontró muerto, pero se analizó metales en todo el individuo presentando valores altos (para este espécimen se realizó análisis independientes).

El magnesio (Mg) y hierro (Fe) fueron los metales que en promedio presentaron mayor concentración en los tejidos mamíferos menores en la UF Quicay y la zona control (Figura 6.112). El orden relativo de concentración en mamíferos menores en la UF Quicay fue: Mg > Fe > Zn > Si > Li > Cu > Al > Mn > Se > Cr > Cd > Pb > Ni > As. Mientras que en la zona control el orden fue el siguiente: Mg > Fe > Si > Zn > Al > Cu > Mn > Cr > Se > Pb > Ni > Cd > As > Li (Tabla 6.56, Figura 6.112).

Se observó que los tejidos de la UF Quicay presentaron concentraciones de cadmio, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, níquel, plomo, selenio y zinc más altas respecto a la zona control (Tabla 6.56), lo que indica la bioacumulación de estos metales en mamíferos menores en la UF Quicay. Las concentraciones de aluminio y silicio en los especímenes de la zona control presentaron mayor concentración que los especímenes de la UF Quicay. En promedio la mayor concentración de cianuro fue registrada en la zona control, pero el valor más alto registrado fue en la UF Quicay, en el espécimen Mm-Qui-26 (*Calomys lepidus*) registrado en la zona V (API-5) (Tabla 6.56).

Tabla 6.56. Concentración de metales (mg/kg), cianuro (mgCN/kg) en mamíferos menores (roedores) en la UF Quicay y zona control con estadística descriptiva básica de metales

Metales	Zonas de evaluación		Porcentaje diferencial
	UF Quicay	Zona control	
Metales (mg/kg)			
Aluminio (Al)	3,55 ± 6,26 (0,83 - 30,79)	7,78 ± 1,02 (6,76 – 8,79)	119,15%
Arsénico (As)	0,07 ± 0,05 (0,05 – 0,25)	0,07 ± 0,02 (0,05 – 0,09)	No aplica
Cadmio (Cd)	0,28 ± 0,60 (0,09 – 3,09)	0,09 (0,9 -,09)	211,11%
Cobre (Cu)	3,90 ± 0,69 (2,51 – 5,18)	1,73 ± 0,05 (1,67 – 1,78)	125,43%

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Metales	Zonas de evaluación		Porcentaje diferencial
	UF Quicay	Zona control	
Metales (mg/kg)			
Cromo (Cr)	0,65 ± 1,00 (0,15 – 5,16)	0,30 ± 0,02 (0,27 – 0,32)	116,66%
Hierro (Fe)	190,97 ± 123,05 (80,61 – 576,40)	42,64 ± 9,53 (33,11 – 52,17)	347,23%
Litio (Li)	4,06 ± 4,35 (0,04 – 10,86)	0,04 (0,04 – 0,04)	10050%
Magnesio (Mg)	234,39 ± 54,92 (121,30 – 446,60)	244,65 ± 20,65) (224 – 265,30)	4,37%*
Manganeso (Mn)	2,33 ± 4,85 (0,65 – 25,57)	0,59 ± 0,06 (0,53 – 0,65)	294,91%
Níquel (Ni)	0,12 ± 0,19 (0,07 – 1,03)	0,09 ± 0,02 (0,07 – 0,11)	33,33%
Plomo (Pb)	0,25 ± 0,32 (0,04 – 1,31)	0,11 ± 0,04 (0,06 – 0,15)	127,27%
Selenio (Se)	0,68 ± 0,26 (0,25 – 1,40)	0,21 ± 0,08 (0,14 – 0,29)	223,80%
Silicio (Si)	4,47 ± 13,26 (1,17 – 68,52)	17,46 ± 0,74 (16,71 – 18,20)	290,60%*
Zinc (Zn)	19,51 ± 5,70 (10,48 – 39,24)	10,43 ± 2,22 (8,22 – 12,65)	87,05%
Cianuro (mg CN/kg)			
Cianuro	0,56 ± 1,17 (0,04 – 5,24)	1,01 ± 0,52 (0,63 – 1,61)	80,35%

*: Valor mayor en la zona control en comparación con la UF Quicay

Nota: Los valores representan la media ± desviación estándar, entre paréntesis los rangos



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

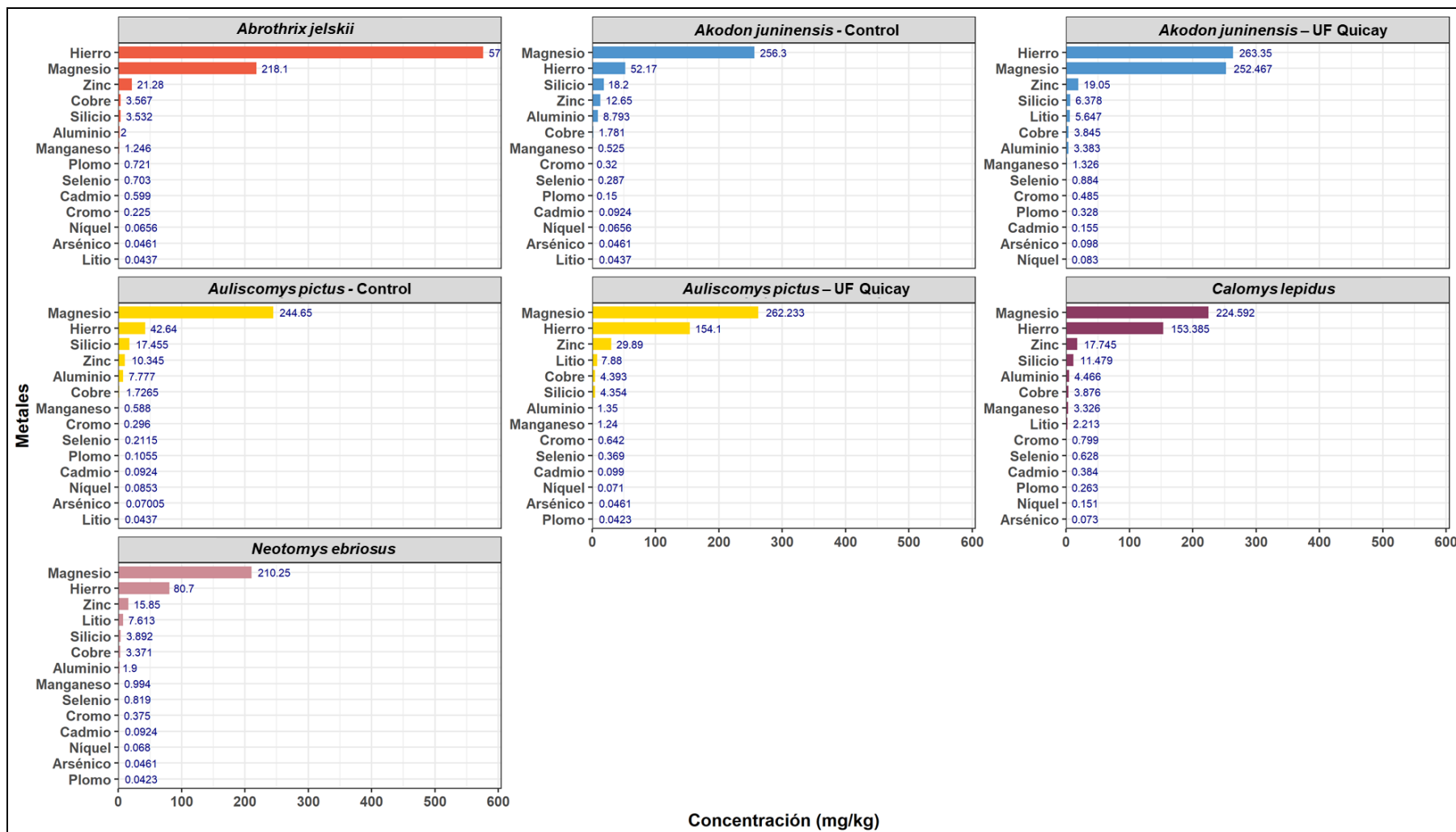


Figura 6.112. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores por especie en el área de influencia de la UF Quicay y zona control

Se realizó la comparación de las concentraciones de metales y cianuro para todas las especies entre zonas de evaluación, mediante la prueba de Mann Whitney, obteniendo como resultado diferencias significativas en 7 de los 14 parámetros analizados. Los parámetros que mostraron diferencias ($p < 0,05$) fueron: aluminio, cobre, hierro, manganeso, selenio, silicio y zinc (Tabla 6.57).

Tabla 6.57. Valores de la prueba de Mann-Whitney para la concentración de metales en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas) entre zonas de evaluación

Parámetro	Mediana (UF Quicay)	Mediana (Zona control)	Valor de Mann- Whitney (W)	p-value
Metales totales				
Aluminio (Al)	1,70	7,78	75	0,0191*
Arsénico (As)	0,05	0,07	52	0,4926
Cadmio (Cd)	0,09	0,09	25,50	0,1383
Cobre (Cu)	3,94	1,73	6	0,0053*
Cromo (Cr)	0,33	0,30	39,50	0,7663
Hierro (Fe)	153	42,64	6	0,0053*
Litio (Li)	0,04	0,04	25	0,1383
Magnesio (Mg)	229,70	244,65	54	0,4354
Manganeso (Mn)	1,37	0,59	6	0,0053*
Níquel (Ni)	0,07	0,09	56	0,2921
Plomo (Pb)	0,13	0,11	37	0,6282
Selenio (Se)	0,64	0,21	8	0,0084*
Silicio (Si)	5,38	17,46	75	0,0191*
Zinc (Zn)	18,24	10,43	8	0,0084*
Cianuro				
Cianuro	0,79	0,04	68	0,0521

*: Metales que presentan diferencias significativas entre zonas de evaluación

Al observar los metales que presentaron diferencias significativas (Tabla 6.57), se pudo contrastar lo siguiente:

- La concentración de aluminio en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la UF Quicay que en la zona control ($Al_{Quicay} = 0,28 \pm 0,60$; $Al_{Control} = 0,09$).
- La concentración de cobre en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la UF Quicay que en la zona control ($Cu_{Quicay} = 3,90 \pm 0,69$; $Cu_{Control} = 1,73 \pm 0,05$).
- La concentración de hierro en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la UF Quicay que en la zona control ($Fe_{Quicay} = 190,97 \pm 123,05$; $Fe_{Control} = 42,64 \pm 9,53$).
- La concentración de manganeso en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la UF Quicay que en la zona control ($Mn_{Quicay} = 2,33 \pm 4,85$; $Mn_{Control} = 0,59 \pm 0,06$).
- La concentración de selenio en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la UF Quicay que en la zona control ($Se_{Quicay} = 0,68 \pm 0,26$; $Se_{Control} = 0,21 \pm 0,08$).
- La concentración de silicio en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la la zona control que en la UF Quicay ($Si_{Quicay} = 4,47 \pm 13,26$; $Si_{Control} = 17,46 \pm 0,74$).
- La concentración de zinc en tejidos de mamíferos menores fue mayor en la UF Quicay que en la zona control ($Zn_{Quicay} = 19,51 \pm 5,70$; $Zn_{Control} = 10,43 \pm 2,22$).

En la Figura 6.113 se puede observar también que las concentraciones de arsénico, cromo, litio, plomo son mayores en la UF Quicay, y que las concentraciones de cianuro son mayores en la zona control; sin embargo, de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney, no existen diferencias significativas entre las zonas de muestreo para estos metales y el cianuro (Tabla 6.57).

Las diferencias de las concentraciones de metales en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas) por zonas de muestreo se presentan en la Figura 6.113.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

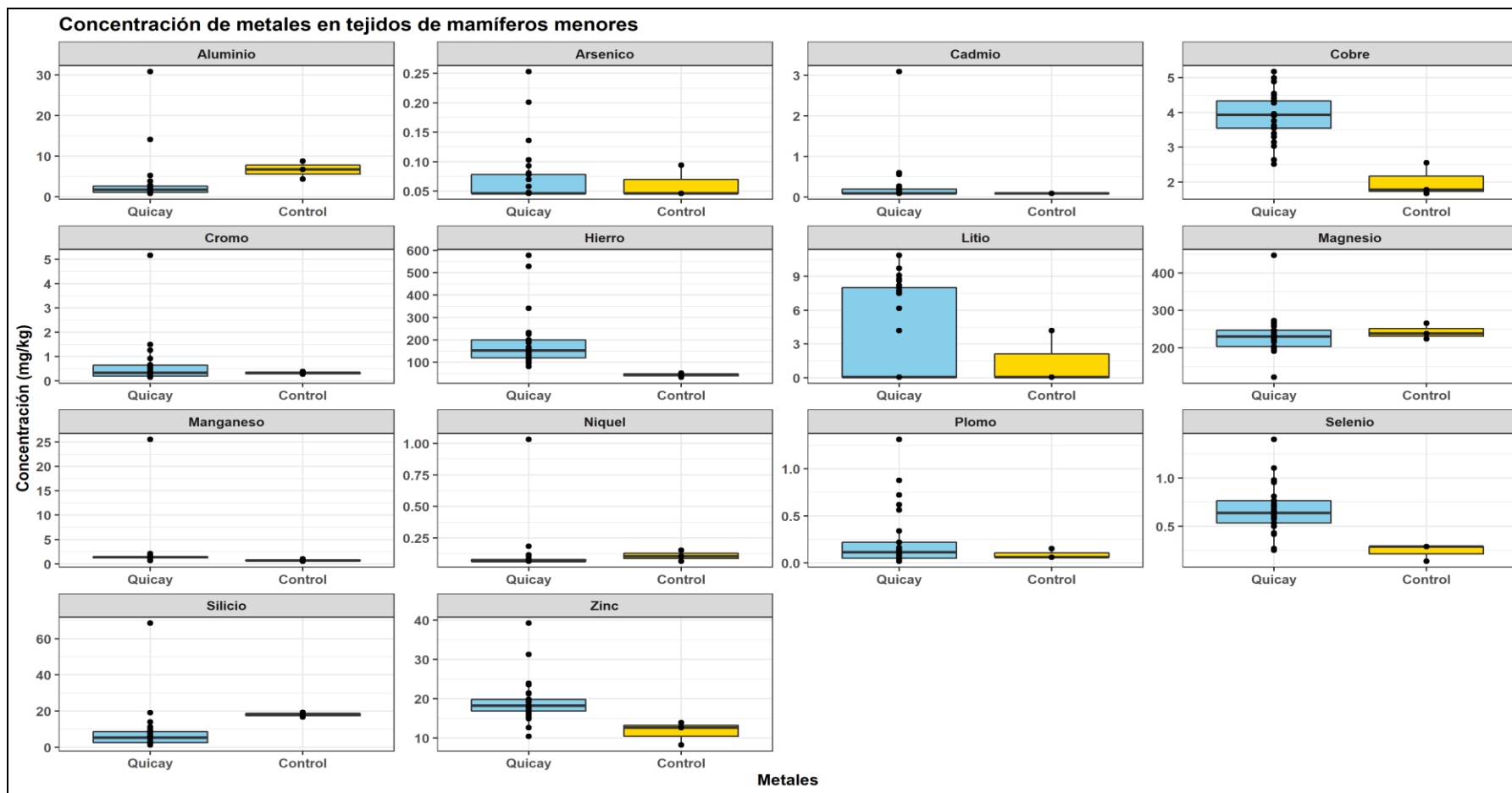


Figura 6.113. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas) por zona de evaluación

El análisis de componentes principales (ACP) de la concentración de metales en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas) por zona de evaluación, se realizó considerando 14 metales (Tabla 6.57) evaluados en la UF Quicay y zona control. La variabilidad puede ser explicada al 61,3 % en 2 componentes (Figura 6.114). El componente 1 contribuye con 43,5 %, mientras que, el componente 2 con 17,8 %. En la representación gráfica del ACP (Figura 6.114) se puede observar las diferencias en los puntos de muestreo entre zonas de evaluación, ya que hay un agrupamiento de puntos para las muestras de la UF Quicay y la zona control. Asimismo, se puede observar que las variables plomo, cromo, manganeso, arsénico, silicio, aluminio y níquel se encuentran en el segundo componente asociados al punto de muestreo Qui-18 (Mm-Qui-18) perteneciente a la UF Quicay, en el cual se obtuvieron altas concentraciones de metales respecto a los demás puntos de muestreo. En el ACP también se puede observar que los metales como selenio, hierro, zinc, cobre, litio se encuentran en el primer componente asociados a los puntos de muestreo de la UF Quicay, dichos puntos fueron los que presentaron las mayores concentraciones de esos metales.

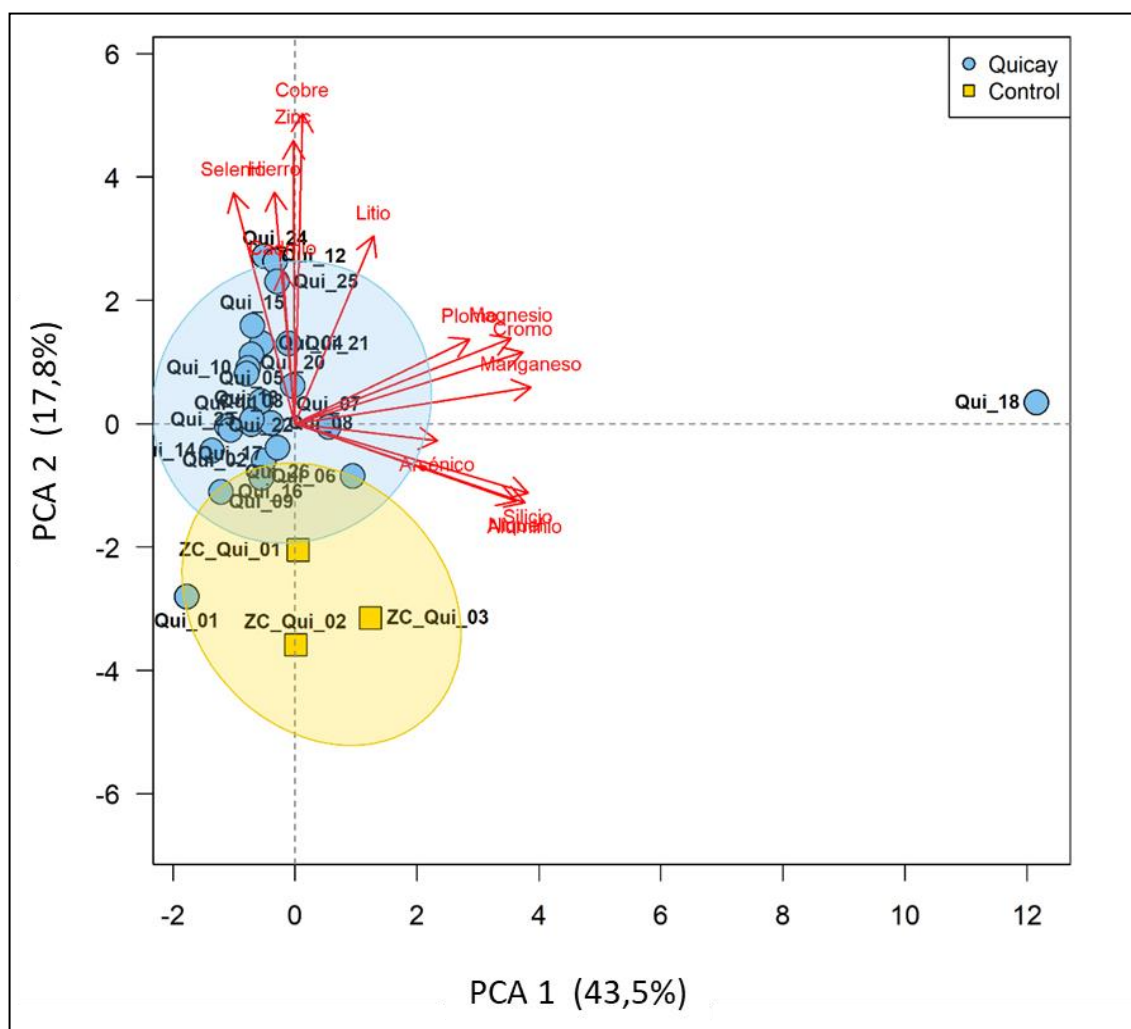


Figura 6.114. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en tejidos de mamíferos menores (especies agrupadas)

**6.3.7.3.2. Concentraciones de metales y cianuro en mamíferos menores en las zonas de muestreo de la UF Quicay**

La concentración de los metales evaluados varía entre las zonas de muestreo. Se observó que la zona IV presentó los mayores valores promedio, seguida de la zona V, para la mayoría de los metales (Tabla 6.58). La zona III registró los valores superiores más altos solo para el selenio, mientras que la zona II presentó el mayor valor promedio para el cadmio. Respecto al cianuro, la mayor concentración promedio se registró en la zona V con 1,86 mg CN/kg; el valor más alto se registró en esta zona con 5,24 mg CN/kg.

Tabla 6.58. Promedios de la concentración de metales y cianuro en tejido de mamíferos menores por zonas de muestreo en la UF Quicay y la zona control

Parámetro	UF Quicay				Zona Control (n = 3)
	Botadero de desmonte Este	Botadero de desmonte Sur		Botadero de desmonte Suroeste	
	Zona II (n = 8)	Zona III (n = 4)	Zona IV (n = 8)	Zona V (n = 5)	
Metales (mg/kg)					
Aluminio (Al)	3,20 (1,00 – 14,10)	1,80 (0,90 – 2,80)	5,52 (0,83 – 30,79)	2,34 (1,00 – 5,23)	7,78 (6,76 – 8,79)
Arsénico (As)	0,07 (0,09 – 0,14)	0,06 (0,05 – 0,09)	0,09 (0,05 – 0,25)	0,06 (0,05 – 0,08)	0,07 (0,05 – 0,09)
Cadmio (Cd)	0,56 (0,09 – 3,09)	0,14 (0,09 – 0,27)	0,17 (0,09 – 0,60)	0,12 (0,09 – 0,21)	0,09 (0,9 – ,09)
Cobre (Cu)	3,84 (2,64 – 5,00)	3,63 (2,51 – 4,31)	3,93 (3,15 – 5,18)	4,18 (3,30 – 4,88)	1,73 (1,67 – 1,78)
Cromo (Cr)	0,41 (0,17 – 1,50)	0,35 (0,16 – 0,55)	1,00 (0,15 – 5,16)	0,70 (0,19 – 1,26)	0,30 (0,27 – 0,32)
Hierro (Fe)	161,82 (80,79 – 226,50)	212,58 (80,61 – 527,40)	225,46 (105,60 – 576,40)	165,12 (119,90 – 233,0)	42,64 (33,11 – 52,17)
Litio (Li)	6,07 (0,04 – 9,73)	4,18 (0,04 – 9,11)	1,40 (0,04 – 10,86)	5,02 (0,04 – 8,79)	0,04 (0,04 – 0,04)
Magnesio (Mg)	221,06 (190,80 – 257,40)	196,55 (121,30 – 235,20)	259,79 (203,80 – 446,60)	245,36 (200,50 – 273,10)	244,65 (224 – 265,30)
Manganeso (Mn)	1,22 (0,65 – 2,13)	1,32 (1,16 – 1,48)	4,51 (1,03 – 25,57)	1,40 (1,24 – 1,47)	0,59 (0,53 – 0,65)
Níquel (Ni)	0,07 (0,07 – 0,11)	0,07 (0,07 – 0,07)	0,21 (0,07 – 1,03)	0,07 (0,07 – 0,08)	0,09 (0,07 – 0,11)
Plomo (Pb)	0,13 (0,04 – 0,34)	0,20 (0,04 – 0,62)	0,49 (0,05 – 1,31)	0,10 (0,04 – 0,22)	0,11 (0,06 – 0,15)
Selenio (Se)	0,60 (0,42 – 0,95)	1,03 (0,62 – 1,40)	0,69 (0,27 – 0,97)	0,49 (0,25 – 0,69)	0,21 (0,14 – 0,29)
Silicio (Si)	6,38 (1,17 – 19,09)	3,59 (1,17 – 6,74)	12,72 (2,26 – 68,52)	8,94 (3,40 – 13,90)	17,46 (16,71 – 18,20)
Zinc (Zn)	18,20 (12,63 – 23,97)	16,26 (10,48 – 19,07)	18,04 (14,91 – 21,47)	26,53 (19,25 – 39,24)	10,43 (8,22 – 12,65)
Cianuro (mg CN/kg)					
Cianuro	0,51 (0,04 – 1,65)	0,25 (0,04 – 0,90)	0,04	1,86 (0,04 – 5,24)	1,01 (0,63 – 1,61)

6.3.7.3.3. Comparación de la concentración de metales en tejidos de *Auliscomys pictus* entre zonas de evaluación

Considerando las zonas de evaluación, se realizó una comparación entre los especímenes de *A. pictus* capturados en el ámbito de la UF Quicay y la zona control; en la UF Quicay se capturó 3 especímenes, mientras que en la zona control se capturó 2 especímenes. Se encontró que los especímenes de la UF Quicay presentaron mayor concentración de cobre, cromo, hierro, litio, magnesio, manganeso, selenio y zinc respecto a los de la zona

control, mientras que los especímenes de la zona control presentaron mayor concentración de aluminio y silicio en comparación a la UF Quicay (Tabla 6.59).

Tabla 6.59. Promedios y rangos de las concentraciones de metales y cianuro en *A. pictus* en las zonas de evaluación

Parámetro	Zonas de evaluación	
	UF Quicay	Zona control
Metales (mg/kg)		
Aluminio (Al)	1,50 ± 0,36 (1,10 – 1,79)	7,78 ± 1,44 (6,79 – 8,79)
Arsénico (As)	0,05 (0,5 – 0,5)	0,07 ± 0,03 (0,05 – 0,09)
Cadmio (Cd)	0,10 ± 0,01 (0,09 – 0,11)	0,09 (0,09 – 0,09)
Cobre (Cu)	4,39 ± 0,95 (3,30 – 5,)	1,73 ± 0,08 (0,27 – 0,32)
Cromo (Cr)	0,64 ± 0,55 (0,20 – 1,26)	0,30 ± 0,03 (0,27 – 0,32)
Hierro (Fe)	154,10 ± 34,35 (119,90 – 188,60)	42,64 ± 13,48 (33,11 – 52,17)
Litio (Li)	7,88 ± 0,42 (4,41 – 8,23)	0,04 (0,04 – 0,04)
Magnesio (Mg)	262,23 ± 15,17 (244,90 – 273,10)	244,65 ± 29,20 (224 – 265,30)
Manganeso (Mn)	1,24 ± 0,39 (0,79 – 1,47)	0,59 ± 0,09 (0,53 – 0,65)
Níquel (Ni)	0,07 ± 0,01 (0,07 – 0,08)	0,09 ± 0,03 (0,07 – 0,11)
Plomo (Pb)	0,036 (0,036 – 0,036)	0,11 ± 0,06 (0,14 – 0,29)
Selenio (Se)	0,37 ± 0,10 (0,25 – 0,43)	0,21 ± 0,11 (0,14 – 0,29)
Silicio (Si)	4,35 ± 2,41 (2,56 – 7,10)	17,46 ± 1,05 (16,71 – 18,20)
Zinc (Zn)	29,89 ± 10,15 (19,09 – 39,24)	10,43 ± 3,13 (8,22 – 12,65)
Cianuro (mg CN/kg)		
Cianuro	0,46 ± 0,74 (0,036 – 1,31)	0,71 ± 0,12 (0,63 – 0,79)

Las pruebas de Mann-Whitney no mostraron diferencias significativas para ninguno de los metales analizados.

Las diferencias de las concentraciones de metales en tejidos de *A. pictus* por zonas de muestreo se presentan en la Figura 6.115.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

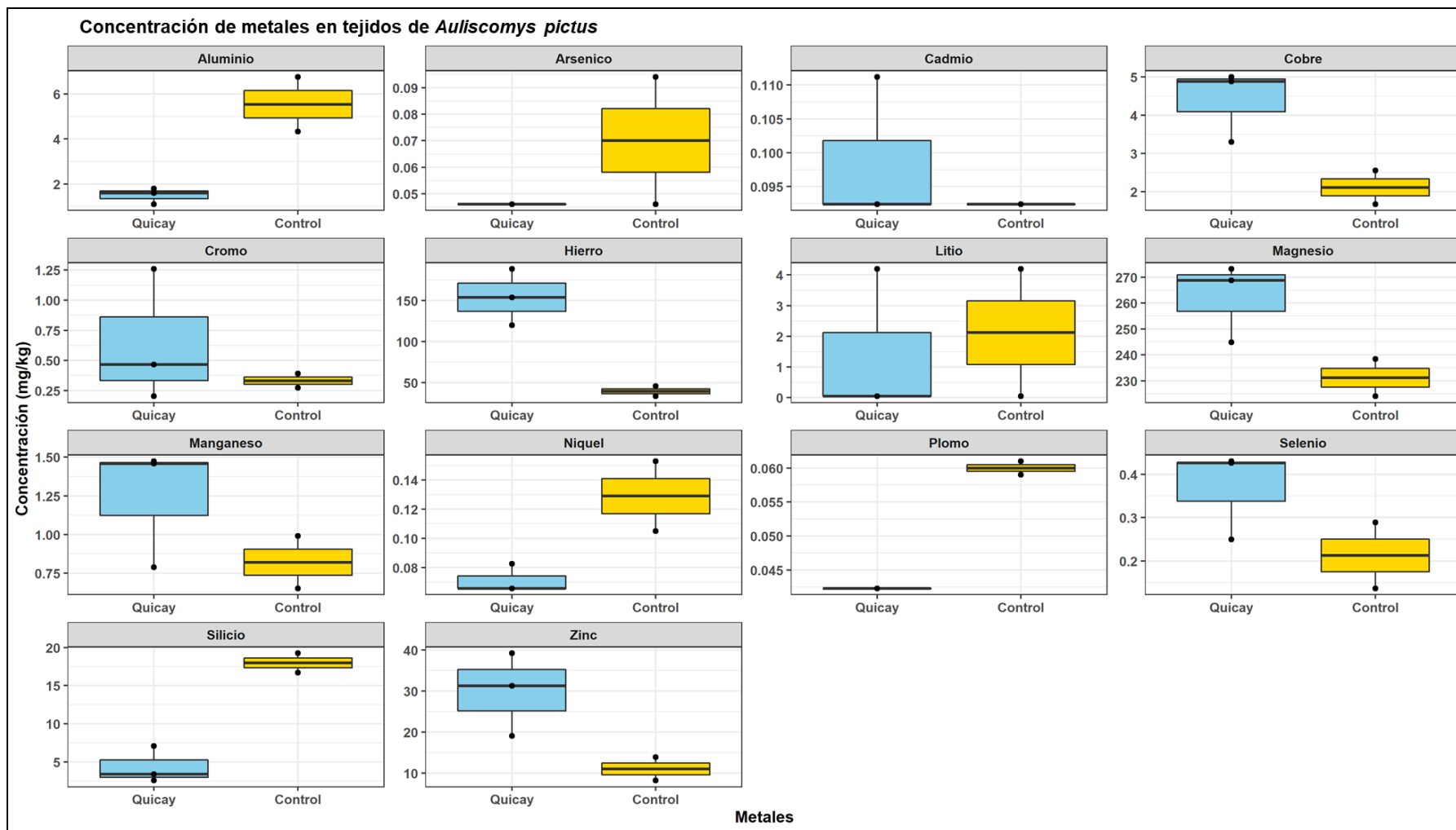


Figura 6.115. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de *A. pictus* por zona de evaluación

El análisis de componentes principales (ACP) de la concentración de metales en tejidos de *A. pictus* por zona de evaluación es explicado en 86,9 % en 2 componentes (Figura 6.116). El componente 1 contribuye con 67,2 %, mientras que, el componente 2 con 19,7 %. El ACP muestra la distribución de los metales en ambos componentes. En primer lugar, en el componente 1 se encuentran los siguientes metales: selenio, cobre, hierro, litio, zinc, magnesio, manganeso, cadmio y cromo, los cuales están asociados a la muestra Qui-13 (Mm-Qui-13), Qui-25 (Mm-Qui-25) y Qui-20 (Mm-Qui-20), tomadas en la UF Quicay, donde se encontró las mayores concentraciones de estos metales. Por otro lado, en el segundo componente se encuentran el aluminio, arsénico, silicio, plomo y níquel correlacionados y asociados a las muestras ZC-Qui-01 y ZC-Qui-02, que fueron tomadas en la zona control, y que registraron las mayores concentraciones de estos metales.

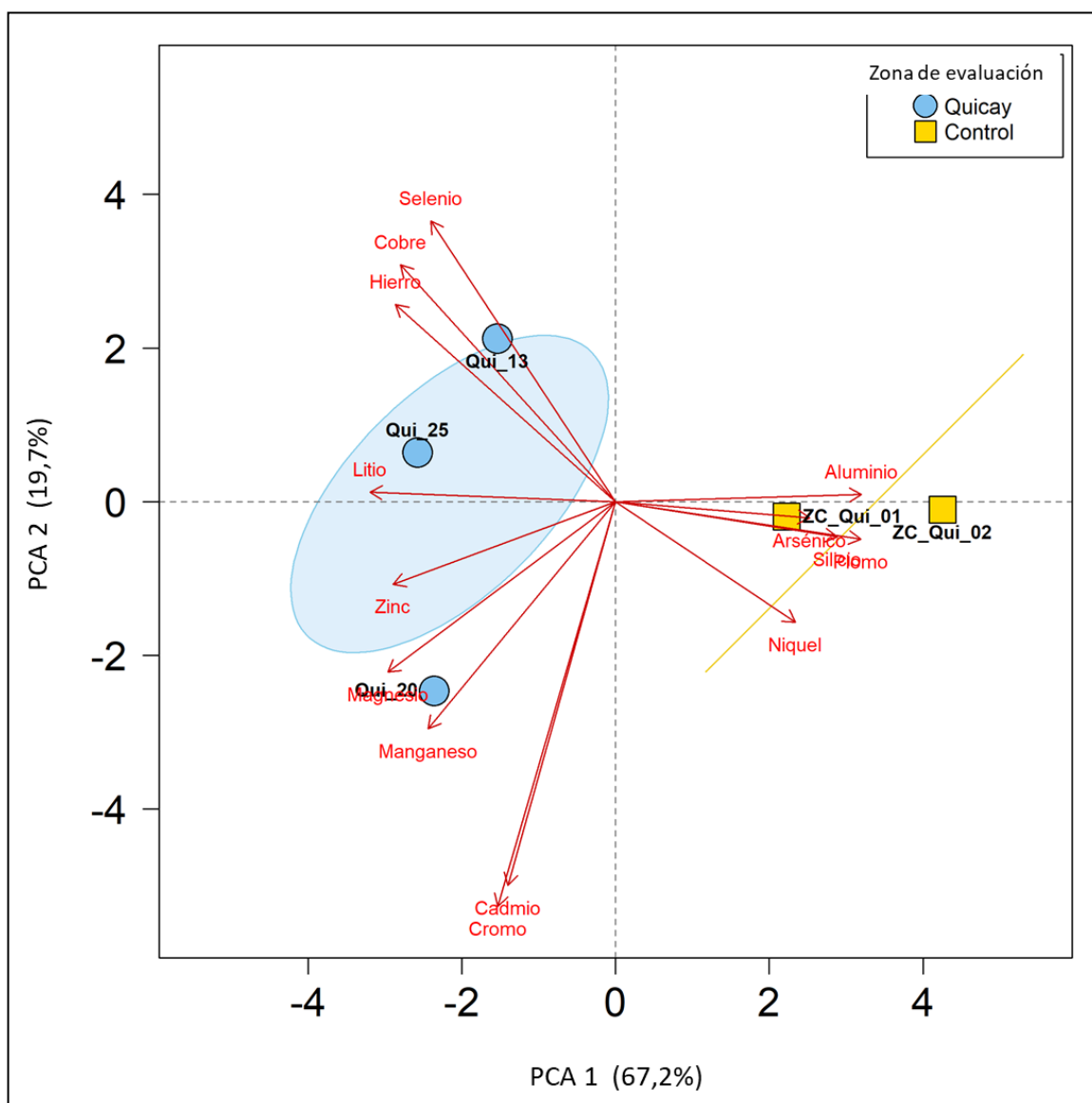


Figura 6.116. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en tejidos de *Auliscomys pictus*

6.3.7.3.4. Comparación de la concentración de metales en tejidos de *Akodon juninensis* entre zonas de evaluación

Se realizó una comparación entre los especímenes de *A. juninensis* capturados en el ámbito de la UF Quicay y la zona control; en la UF Quicay se capturó 6 especímenes, mientras que en la zona control se capturó un espécimen. Se encontró que los especímenes de la UF Quicay presentan mayor concentración de arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, litio, magnesio, manganeso, plomo, selenio y zinc respecto a los de la zona control, mientras que los especímenes de la zona control presentaron mayor concentración de aluminio y silicio en comparación a la UF Quicay (Tabla 6.60).

Tabla 6.60. Promedios y rangos de las concentraciones de metales y cianuro en *A. juninensis* en las zonas de evaluación

Parámetro	Zonas de evaluación	
	UF Quicay	Zona control
Metales (mg/kg)		
Aluminio (Al)	3,38 ± 5,26 (0,90 – 14,10)	7,78
Arsénico (As)	0,10 ± 0,08 (0,05 – 0,25)	0,07
Cadmio (Cd)	0,16 ± 0,08 (0,09 – ,027)	0,09
Cobre (Cu)	3,85 ± 0,85 (2,64 – 5,18)	1,73
Cromo (Cr)	0,49 ± 0,27 (0,20 – 0,93)	0,30
Hierro (Fe)	263,35 ± 131,65 (167 – 527,40)	42,64
Litio (Li)	5,65 ± 4,51 (0,04 – 9,73)	0,04
Magnesio (Mg)	262,23 ± 15,17 (244,90 – 273,10)	244,65
Manganeso (Mn)	1,33 ± 0,41 (0,82 – 2,04)	0,59
Níquel (Ni)	0,08 ± 0,02 (0,07 – 0,12)	0,09
Plomo (Pb)	0,33 ± 0,34 (0,08 – 0,88)	0,11
Selenio (Se)	0,88 ± 0,30 (0,58 – 1,40)	0,21
Silicio (Si)	6,38 ± 7,26 (1,17 – 19,09)	17,46
Zinc (Zn)	19,5 ± 3,12 (14,91 – 23,57)	10,43
Cianuro (mg CN/kg)		
Cianuro	0,29 ± 0,40 (0,036 – 0,90)	1,61

No se realizaron pruebas estadísticas para comparar los individuos de *A. juninensis* por solo haber capturado un individuo en la zona control.

Las diferencias de las concentraciones de metales en tejidos de *A. juninensis* por zonas de evaluación se presentan en la Figura 6.117.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

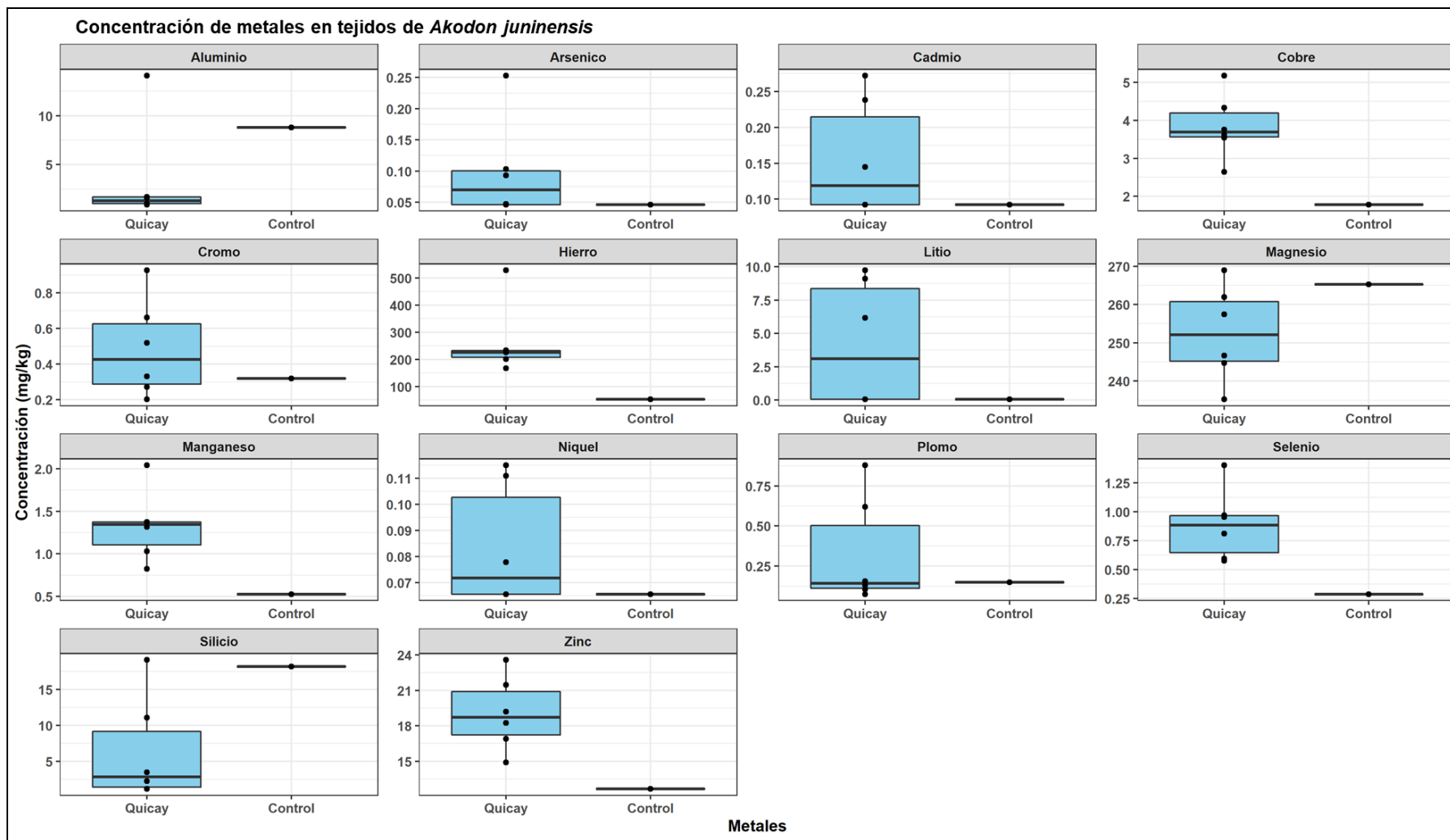


Figura 6.117. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos de *A. juninensis* por zona de evaluación

El análisis de componentes principales (ACP) de la concentración de metales en tejidos de *A. juninensis* por zona de evaluación es explicado en 73,9 % en dos componentes (Figura 6.118). El componente 1 contribuye con 44,1 %, mientras que, el componente 2 con 29,8 %. El ACP muestra la distribución de los metales en ambos componentes. En primer lugar, en el componente 1 se encuentran los siguientes metales: cromo, zinc, manganeso, cobre, litio, selenio, hierro, cadmio, plomo y arsénico, los cuales están asociados a la muestra Qui-21 (Mm-Qui-21), Qui-04 (Mm-Qui-04), Qui-05 (Mm-Qui-05), Qui-12 (Mm-Qui-12) y Qui-07 (Mm-Qui-07), tomadas en la UF Quicay, donde se encontró las mayores concentraciones de estos metales. Por otro lado, en el segundo componente se encuentran el aluminio, magnesio, silicio y níquel que están correlacionados y asociados a las muestras: Qui-06 (Mm-Qui-06), muestra que fue tomada en la UF Quicay y ZC-Qui-03, muestra tomada en la zona control, y que registraron las mayores concentraciones de estos metales.

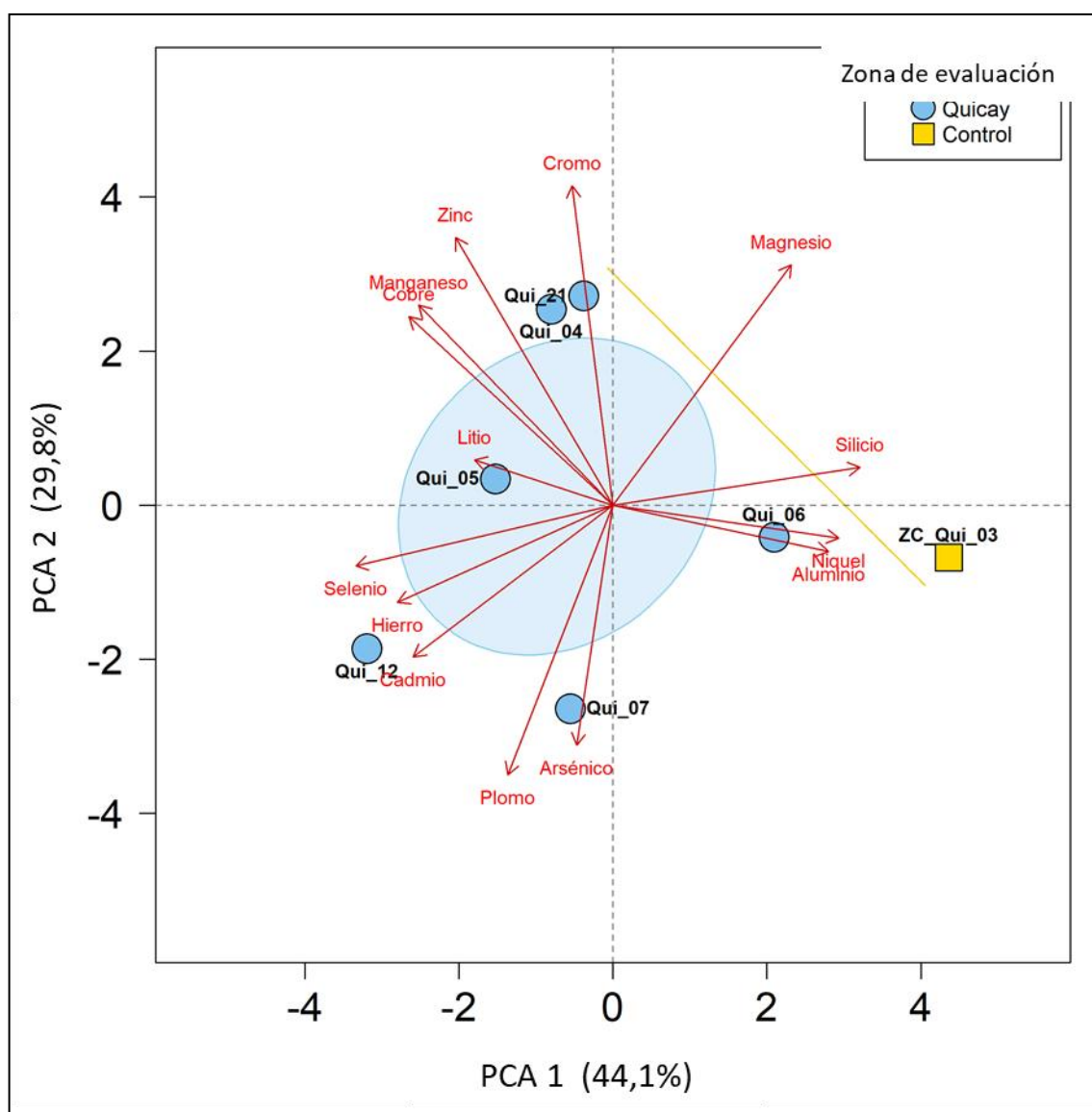


Figura 6.118. Análisis de componentes principales (ACP) de metales registrados en tejidos de *Auliscomys pictus*

Para determinar si hay una relación entre la concentración de metales detectados en el tejido de mamíferos menores y metales totales presentes en suelos, se hizo una correlación bivariado para cada uno de los metales. Se halló que, en efecto muchos de los metales analizados en tejido y suelo, tienen correlación positiva con valores del coeficiente de Spearman que varían desde -0,02 hasta 0,82; el manganeso presenta una correlación estadísticamente significativa ($r = 0,82$, $p < 0,05$) seguida de níquel, magnesio, cromo, litio, aluminio y arsénico (Figura 6.119).

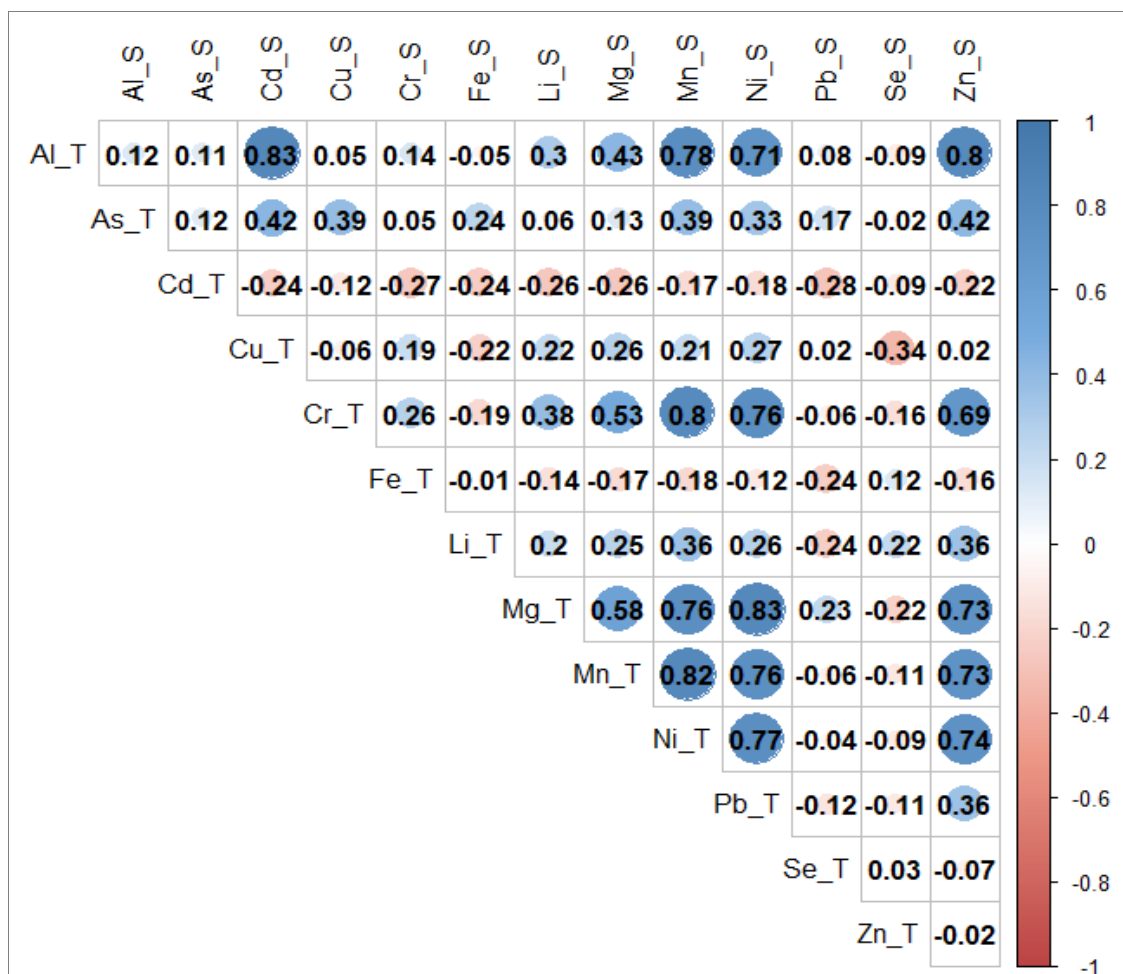


Figura 6.119. Relación entre la concentración de metales detectados en tejido de mamíferos menores (roedores) y suelo

6.3.7.3.5. Análisis de metales en el espécimen Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*)

Este espécimen pertenece a la especie *Calomys lepidus*, fue encontrado muerto en la zona III (API-3) cerca del punto de suelo Su-24, este individuo presentó los valores altos para casi todos los metales (Tabla 6.61), incluso para los metales que no fueron detectados en los otros individuos (Anexo 7).

El magnesio (Mg), hierro (Hg) y silicio (Si) fueron los metales que presentaron mayor concentración. El orden de concentración de los metales en este espécimen fue: $Mg > Fe > Si > Al > Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Se > As > Cd > Li$ (Tabla 6.61, Figura 6.120). El cianuro en este espécimen fue detectado debajo del límite de cuantificación.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Tabla 6.61. Concentraciones de metales y cianuro en el espécimen Mm-Qui-19 (*Calomys Lepidus*) registrado en la UF Quicay

Metales (mg/kg)						
Aluminio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Hierro	Litio
386,3	2,394	1,168	55,60	7,580	1370	0,5403
Magnesio	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Silicio	Zinc
5507	305,9	4,547	16,89	3,593	585,7	213,8
Cianuro (mgCN/kg)						
<0,036						

<: Menor al límite de cuantificación de laboratorio

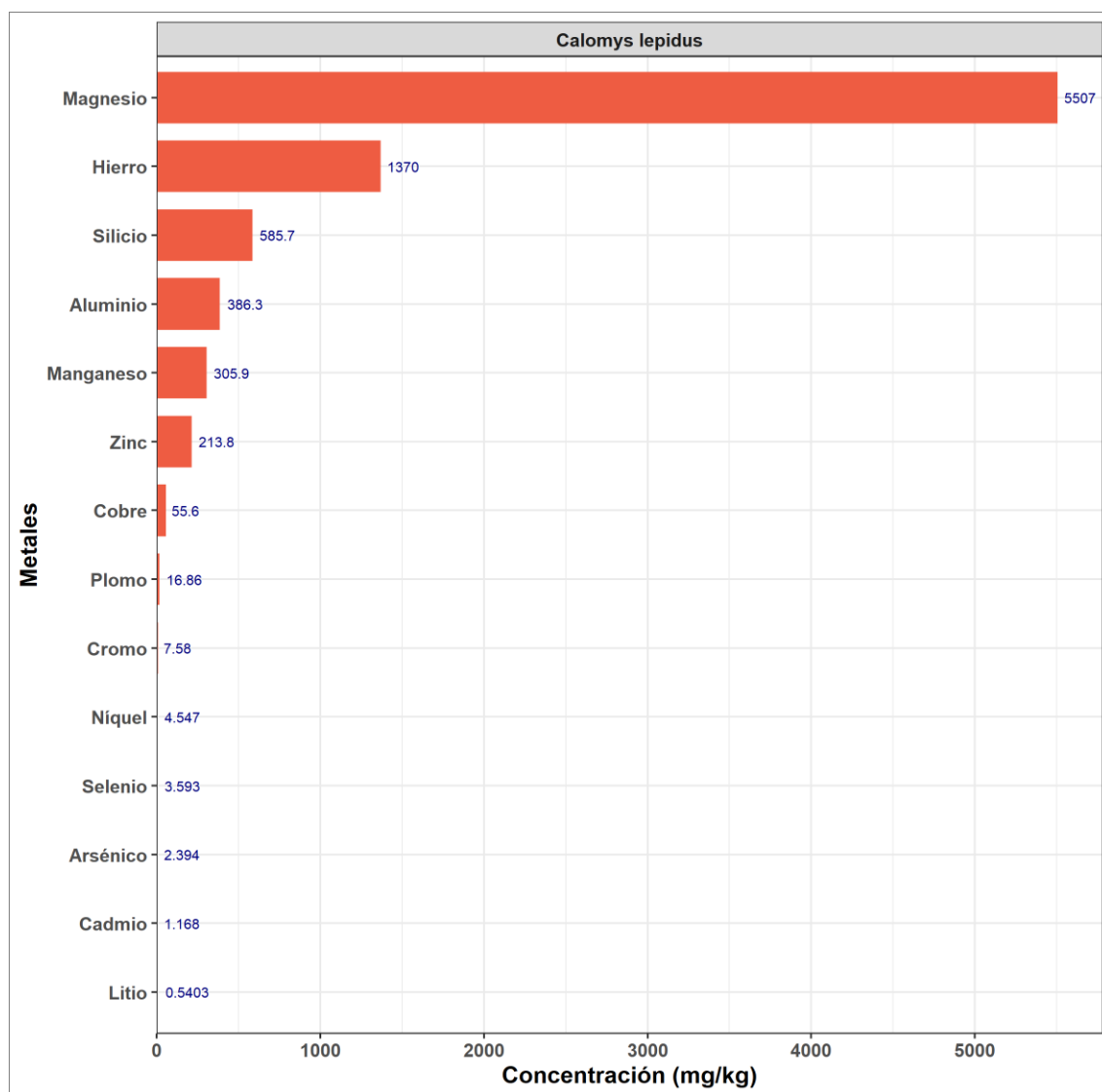


Figura 6.120. Concentración de metales (mg/kg) en tejidos del espécimen Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*) registrado en el API-3 de la UF Quicay

6.3.7.4. Mamíferos mayores

6.3.7.4.1. Evaluación de mamíferos con cámaras trampa

El esfuerzo total de muestreo con cámaras trampa fue de 224 días-cámara, producto de este, se obtuvieron 122 registros independientes de mamíferos mayores pertenecientes a 6 especies de mamíferos mayores, 4 de ellos pertenecientes a la fauna silvestre y 2 de ellos pertenecientes a la fauna doméstica (Figura 6.121).

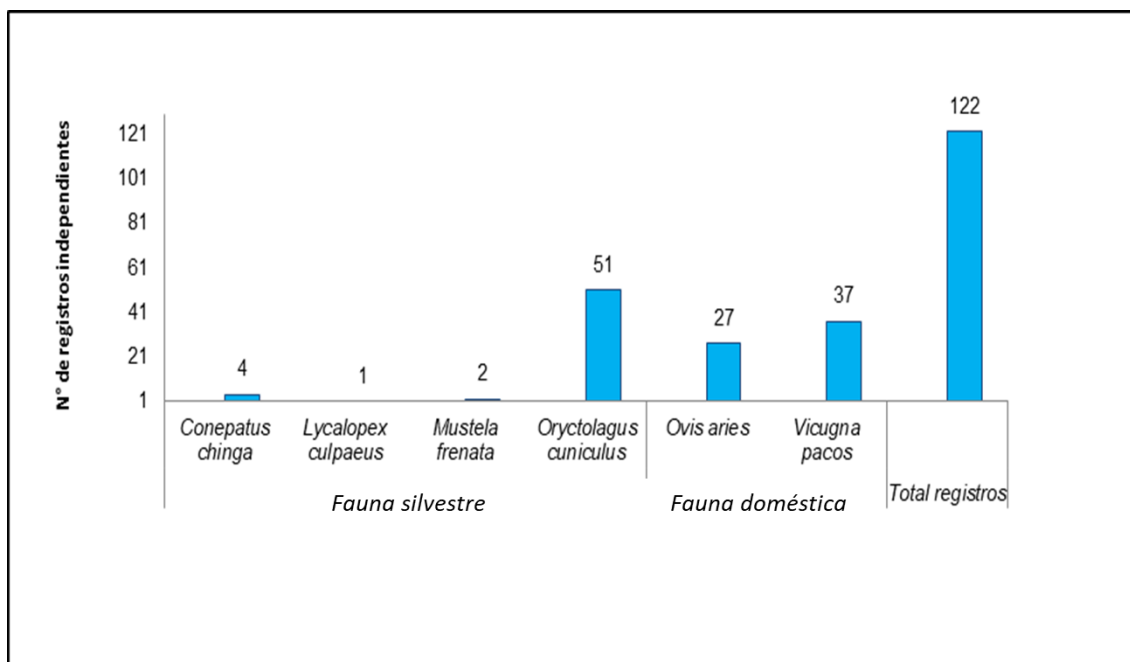


Figura 6.121. Número de registros independientes de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de influencia de la UF Quicay

El mayor número de registros independientes (Tabla 6.62) ocurrió en la cámara trampa CT-PASCO-17 con 51, de los cuales 46 de ellos pertenecen al conejo (*Oryctolagus cuniculus*); esta cámara también registró al zorro andino (*Lycalopex culpaeux*), a la añás (*Conepatus chinga*) y a la especie doméstica alpaca (*Vicugna pacos*).

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Tabla 6.62.** Registros independientes de mamíferos silvestres y domésticos registrados por las cámaras trampa en el área de estudio

Especie	CÁMARAS TRAMPA							
	CT-PASCO-01	CT-PASCO-02	CT-PASCO-03	CT-PASCO-04	CT-PASCO-05	CT-PASCO-06	CT-PASCO-07	CT-PASCO-08
<i>Conepatus chinga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycalopex culpaeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mustela frenata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ovis aries</i>	0	0	10	16	1	0	0	0
<i>Vicugna pacos</i>	0	0	3	1	6	6	0	2
Registros independientes	0	0	15	17	7	6	0	2
Especie	CÁMARAS TRAMPA							
	CT-PASCO-09	CT-PASCO-10	CT-PASCO-11	CT-PASCO-12	CT-PASCO-13	CT-PASCO-14	CT-PASCO-15	CT-PASCO-16
<i>Conepatus chinga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycalopex culpaeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mustela frenata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	0	0	0	0	0	0	1	4
<i>Ovis aries</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vicugna pacos</i>	0	0	4	0	0	0	1	1
Registros independientes	0	0	4	0	0	0	2	5
Especie	CÁMARAS TRAMPA							
	CT-PASCO-17	CT-PASCO-18	CT-PASCO-19	CT-PASCO-20	CT-PASCO-21	CT-PASCO-22	CT-PASCO-23	CT-PASCO-24
<i>Conepatus chinga</i>	3	0	0	1	0	0	0	0
<i>Lycalopex culpaeus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mustela frenata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	46	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ovis aries</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vicugna pacos</i>	1	0	2	0	0	0	10	0
Registros independientes	51	0	2	1	0	0	10	0

a) Registros independientes de mamíferos mayores por zona de muestreo

Las cámaras trampa estuvieron instaladas en 5 zonas de muestreo, donde se analizaron el número de registros independientes y la diversidad de mamíferos mayores en las diferentes zonas de muestreo.

Los mayores registros ocurrieron en la zona II, con un total de 58 registros independientes pertenecientes a 4 especies de mamíferos mayores, entre ellos el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) el añás o zorrillo (*Conepatus chinga*), una especie de fauna doméstica y el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), siendo este último el que presentó el mayor número de capturas con un total de 46 registros independientes y fue registrado en 3 cámaras trampa, CT-PASCO-15, CT-PASCO-16 y CT-PASCO-17, cámaras que estuvieron instaladas alrededor de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD.

Otra de las zonas con mayor número de registros independientes fue la zona V, con un total 32 registros pertenecientes a 3 especies de mamíferos mayores, una de ellas de fauna silvestre y se trata de la comadreja (*Mustela frenata*), y 2 especies de fauna doméstica de las cuales se obtuvieron los mayores valores en término de registros independientes (Figura 6.122).

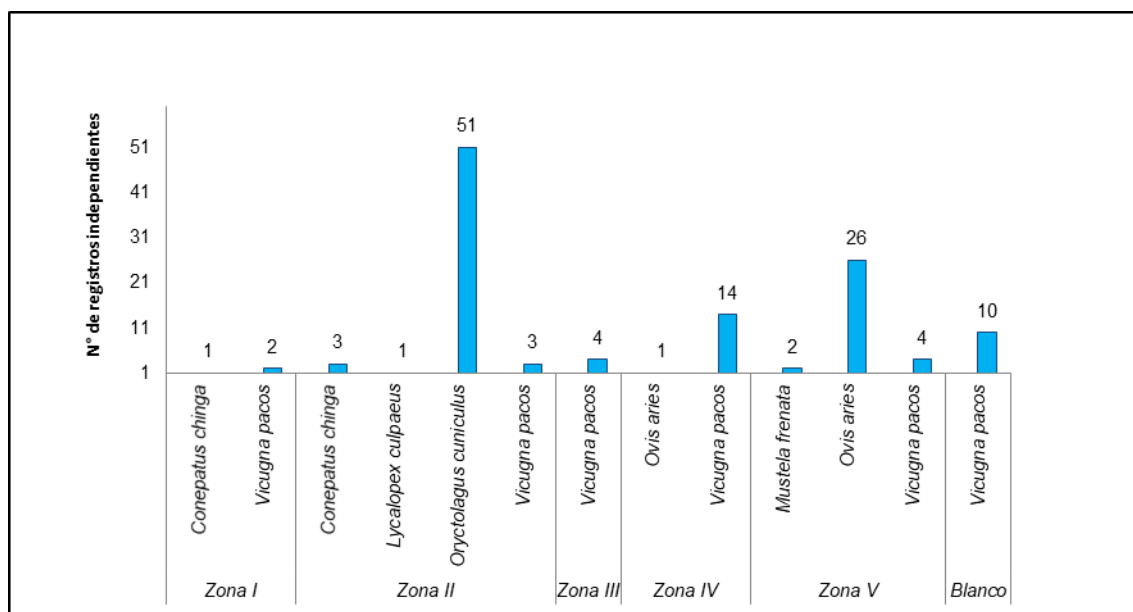


Figura 6.122. Registros independientes, diversidad y abundancia de mamíferos mayores registrados por las cámaras por zona de muestreo



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

b) Índice de diversidad y abundancia de mamíferos registrados en las cámaras trampa

De las 5 zonas de muestreo donde se ubicaron las cámaras trampa, los mayores valores en términos de diversidad ocurrieron en la zona V, en con un valor de 0,861 (Figura 6.123).

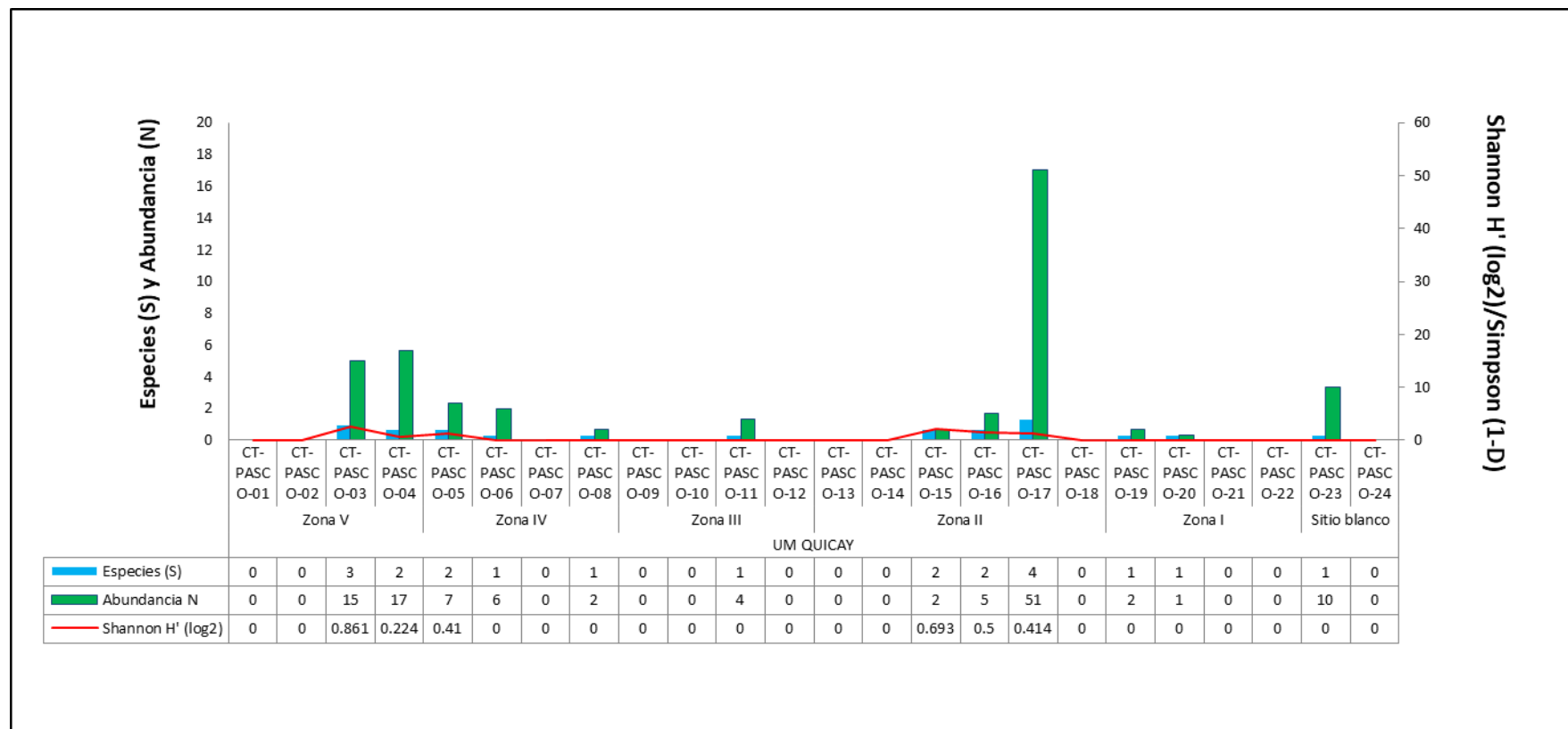


Figura 6.123. Diversidad y abundancia de mamíferos registrados por las cámaras trampa en la UF Quicay

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**c) Similitud por formaciones de zonas de muestreo**

Para determinar el grado de similitud entre las zonas de muestreo se utilizó el índice de Morisita, el cual nos confirma lo registrado por las cámaras trampa, es decir, que las 6 especies reportadas en la presente EAC se encontraron en todas las zonas de muestreo, sin embargo, en la zona II ocurrieron únicos registros como el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) por las cámaras CT-PASCO-15, CT-PASCO-16 y CT-PASCO-17 (Tabla 6.63 y Figura 6.124).

Tabla 6.63. Valores del índice de similitud de Morisita entre las zonas de muestreo

Cámaras trampa	PASCO-03	PASCO-04	PASCO-05	PASCO-06	PASCO-08	PASCO-11	PASCO-15	PASCO-16	PASCO-17	PASCO-19	PASCO-20	PASCO-23
PASCO-03	1	0,91892	0,66667	0,56	0,28571	0,43478	0,36364	0,56	0,49315	0,28571	0,2	0,75862
PASCO-04	0,91892	1	0,64286	0,53846	0,27273	0,41667	0,34783	0,53846	0,51351	0,27273	0,19048	0,73333
PASCO-05	0,66667	0,64286	1	0,875	0,5	0,71429	0,61538	0,875	0,28125	0,5	0,36364	0,8
PASCO-06	0,56	0,53846	0,875	1	0,6	0,83333	0,54545	0,85714	0,22581	0,6	0,44444	0,77778
PASCO-08	0,28571	0,27273	0,5	0,6	1	0,75	0,85714	0,6	0,10345	1	0,8	0,42857
PASCO-11	0,43478	0,41667	0,71429	0,83333	0,75	1	0,66667	0,83333	0,16667	0,75	0,57143	0,625
PASCO-15	0,36364	0,34783	0,61538	0,54545	0,85714	0,66667	1	0,72727	0,13559	0,85714	0,66667	0,4
PASCO-16	0,56	0,53846	0,875	0,85714	0,6	0,83333	0,72727	1	0,22581	0,6	0,44444	0,66667
PASCO-17	0,49315	0,51351	0,28125	0,22581	0,10345	0,16667	0,13559	0,22581	1	0,10345	0,070175	0,33333
PASCO-19	0,28571	0,27273	0,5	0,6	1	0,75	0,85714	0,6	0,10345	1	0,8	0,42857
PASCO-20	0,2	0,19048	0,36364	0,44444	0,8	0,57143	0,66667	0,44444	0,070175	0,8	1	0,30769
PASCO-23	0,75862	0,73333	0,8	0,77778	0,42857	0,625	0,4	0,66667	0,33333	0,42857	0,30769	1

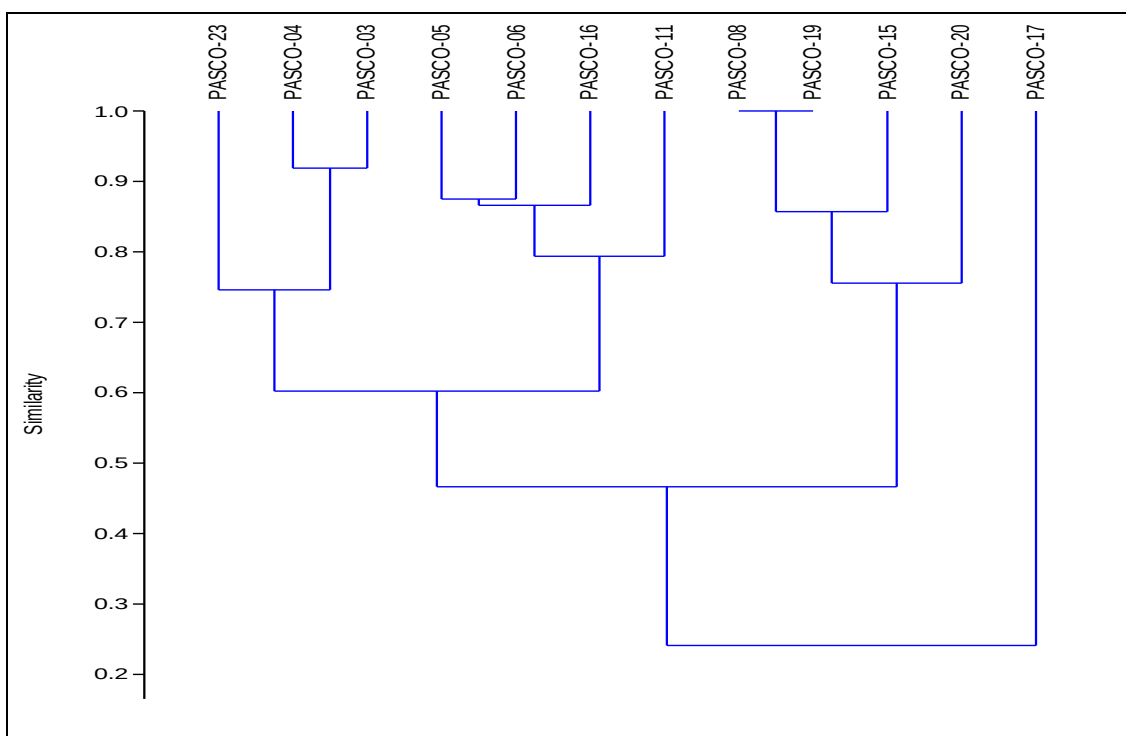


Figura 6.124. Dendrograma de similitud de Morisita entre las zonas de muestreo

d) Curva de acumulación de especies

De acuerdo a los resultados de los cálculos para determinar el total de mamíferos mayores que habitan en el área de influencia de la UF Quicay, se espera que habiten un máximo de 7 especies y un mínimo de 5 especies de mamíferos mayores; considerando que las 6 especies reportadas en la presente EAC representan el 85 % de las especies que ocurren en dicha unidad fiscalizable (Figura 6.125).

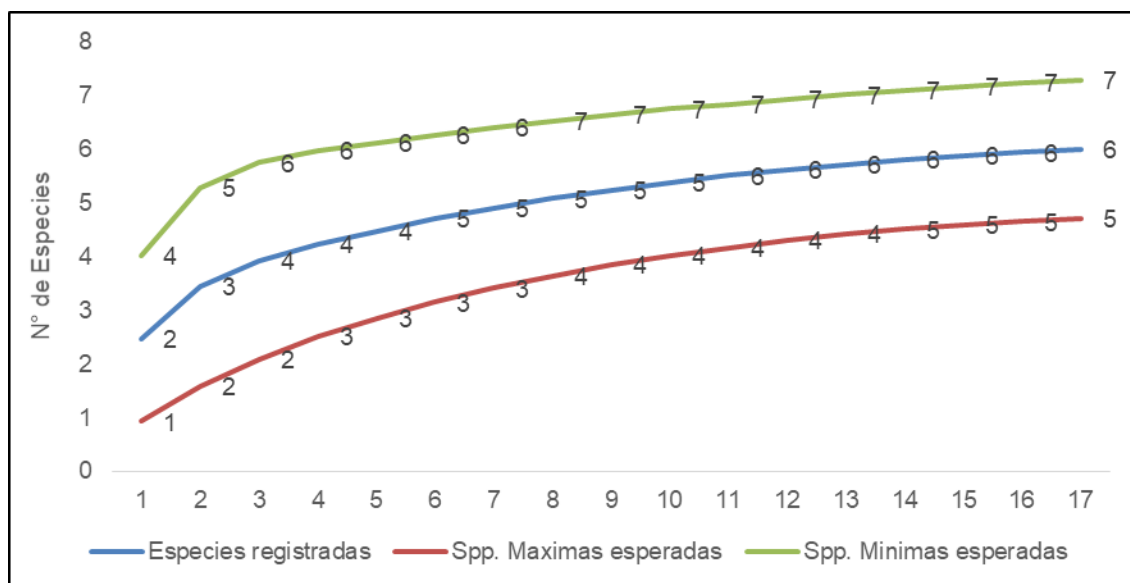


Figura 6.125. Curva de acumulación de especies de mamíferos mayores en la UF Quicay

e) Especies amenazadas y categorías de conservación

En la presente EAC se registró una sola especie que se encuentra comprendido en una lista de protección y se trata del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) que, de acuerdo a la lista de Cites (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) se encuentra comprendido en el apéndice II (Tabla 6.64).

Tabla 6.64. Especie de mamífero mayor comprendida en alguna categoría de conservación

Clase	Orden	Familia	ESPECIE	Categorización		
				(D.S. 004-2014-MINAGRI)	IUCN-2019	Cites-2019
MMAMALIA	Carnívora	Cánidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	No aplica	Least concern	II

f) Especies endémicas

En el área de estudio no se registraron especies de mamíferos bajo esta condición.

6.3.7.4.2. Análisis de sangre en ovinos

Durante setiembre 2020, y para efectos de comparación de la concentración de metales en la sangre de ovinos, se tomaron 10 muestras de sangre de ovejas en un sitio blanco, que se ubica en la jurisdicción de la comunidad Condorcayan (Tabla 6.65).

En octubre 2020, y con el propósito de la EAC, se obtuvieron 20 muestras de sangre de ovejas, 10 muestras fueron tomadas de animales de la estancia Quicay, el mismo que se encuentra ubicado a 200 metros aproximadamente al norte de la laguna Quicay y a 265 metros aproximadamente al norte de la Cancha de transferencia N° 1.

Señalar que, las otras 10 muestras fueron tomadas en la estancia Heredia que se encuentra a 115 metros aproximadamente al sur del botadero de desmonte Este y a 70 metros aproximadamente al sur de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD en la zona II.

Tabla 6.65. Número de muestras de sangre colectadas en el área de influencia del UF Quicay y sitio blanco

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Código de muestras	Zona	N° de muestras
ESTANCIA QUICAY						
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-01	Cancha de transferencia N° 1	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-02	Cancha de transferencia N° 1	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-03	Cancha de transferencia N° 1	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-04	Cancha de transferencia N° 1	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-05	Cancha de transferencia N° 1	2
ESTANCIA HEREDIA						
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-06	Zona II	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-07	Zona II	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-08	Zona II	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-09	Zona II	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-QUICAY-10	Zona II	2
SITIO BLANCO						
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-BLANCO-01	Sector Condorcayan	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-BLANCO-02	Sector Condorcayan	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-BLANCO-03	Sector Condorcayan	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-BLANCO-04	Sector Condorcayan	2
Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja	TS-BLANCO-05	Sector Condorcayan	2

Para el propósito de la EAC, se excluyeron aquellos metales que fueron detectados por debajo del límite de cuantificación y se consideraron solo aquellos que superaron los estándares de calidad de suelo, de tal manera que de los 30 metales considerados en los



análisis de laboratorio, solo fueron considerados los siguientes metales: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn).

a) Concentración de metales en ganado ovino

En la Figura 6.126 se muestra las concentraciones de metales en sangre de los 15 individuos que fueron considerados para la EAC, así mismo se muestra las comparaciones por zona de evaluación.

Concentración de Variables en sangre de oveja en la UF Quicay y zona control

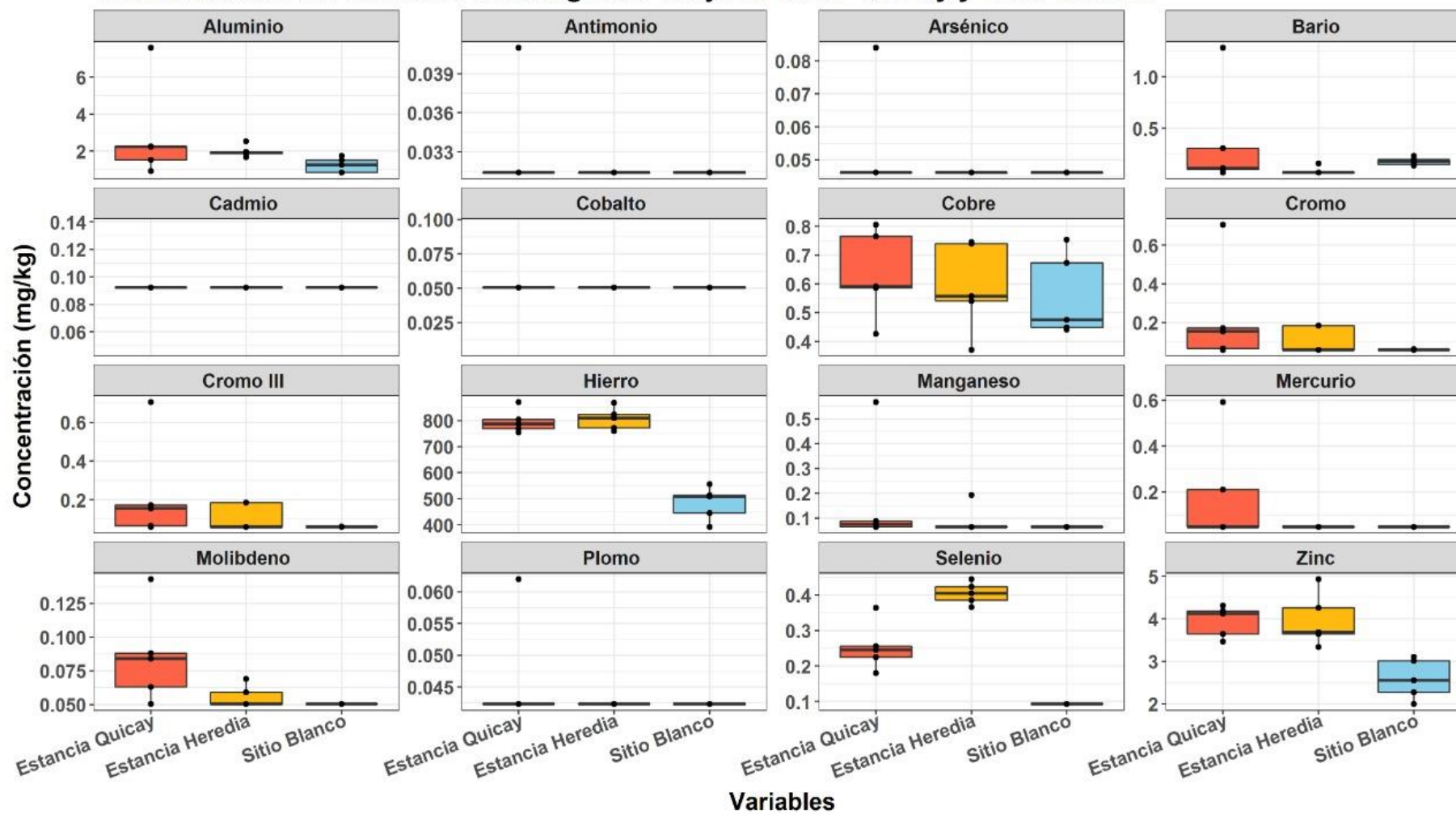


Figura 6.126. Diagrama de cajas y bigotes de la concentración de metales (mg/kg) en sangre de ovejas de la UF Quicay y sitio blanco



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

b) Comparación de la concentración de metales en sangre de oveja (*Ovis aries*) entre zonas de evaluación

Las diferencias de las concentraciones de metales en sangre de oveja (*Ovis aries*) por zona de evaluación se presentan en las Figuras 6.127.

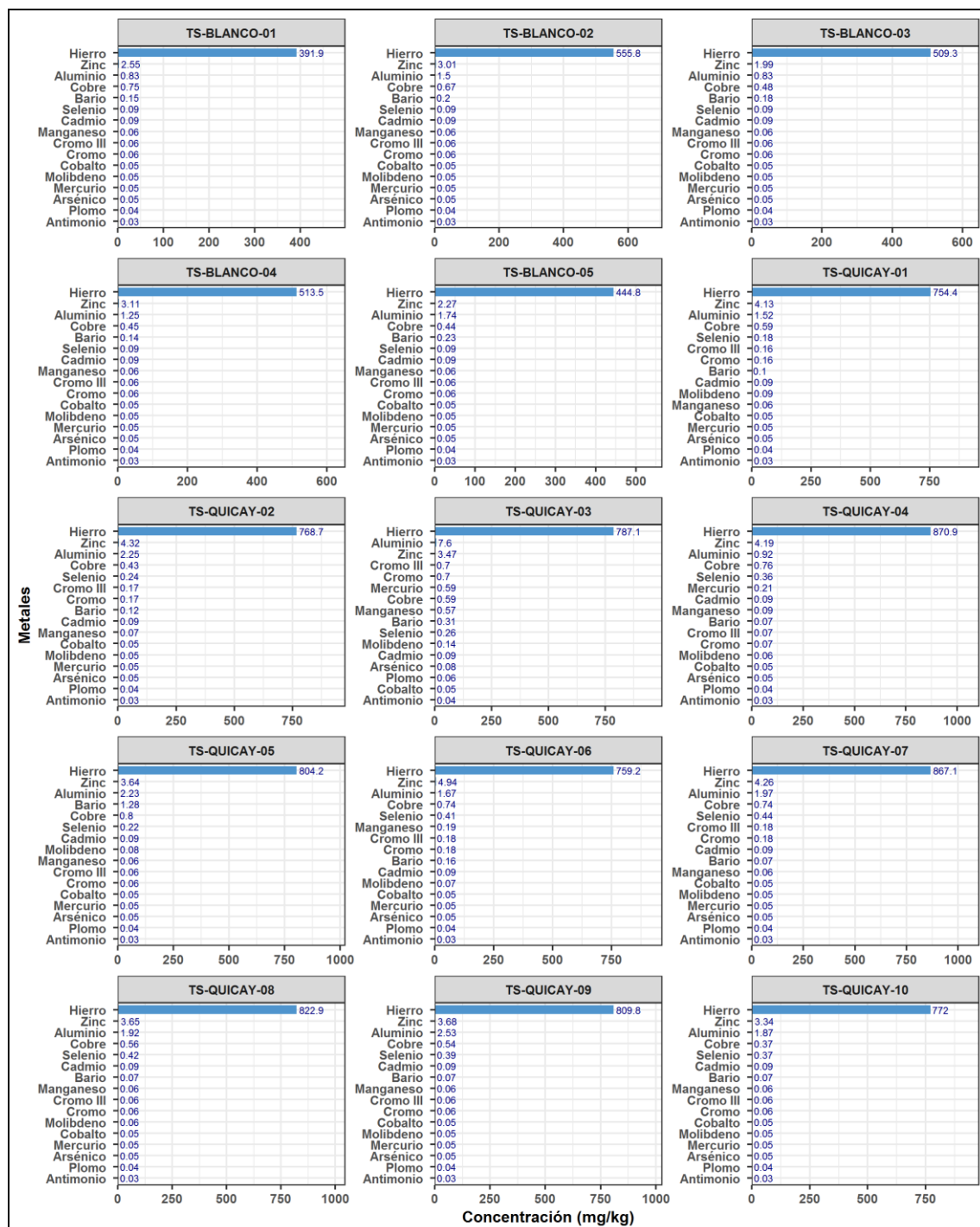


Figura 6.127. Concentración de metales (mg/kg) en sangre de ovejas del sitio blanco y las estancias Quicay y Heredia.

Se realizó una comparación de la concentración de metales de todas las muestras entre zonas de muestreo por medio de la prueba de Mann Whitney. En la estancia Quicay se encontró diferencias significativas en la concentración de 5 de los 16 parámetros analizados. Los parámetros que mostraron diferencias fueron: Al, Fe, Mo, Se y Zn.

La Tabla 6.66 muestra:

- La mediana de la concentración de Aluminio en sangre de las ovejas fue mayor en la estancia Quicay que en el sitio blanco (Al = 2.233; Al_{blanco} = 1.249).
- La mediana de la concentración de hierro en sangre de ovejas fue mayor en la estancia Quicay que en el sitio blanco (Fe = 4.126; Fe_{Blanco} = 2.554).
- La mediana de la concentración de Molibdeno en sangre de las ovejas fue mayor en la en la estancia Quicay que en el sitio blanco (Al = 0.084; Al_{blanco} = 0.0503).
- La mediana de la concentración de selenio en sangre de las ovejas fue mayor en el sitio blanco que en la estancia Quicay (Al = 0.245; Al_{blanco} = 0.924).
- La mediana de la concentración de zinc en sangre de las ovejas fue mayor en la en la estancia Quicay que en el sitio blanco (Al = 4.126; Al_{blanco} = 2.554).

Tabla 6.66. Valores de la prueba de Mann-Whitney para la concentración de metales sangre de ovejas de la estancia Quicay

Parámetro	Mediana	Mediana	Valor de Mann-Whitney (W)	p-value
	Estancia Quicay	(Sitio blanco)		
Metales totales				
Aluminio	2,233	1,249	45,000	0,017
Antimonio	0,0314	0,0314	27,500	0,572
Arsénico	0,0461	0,0461	27,500	0,572
Bario	0,116	0,1802	12,000	0,119
Cadmio	0,0924	0,0483	25,000	NA
Cobalto	0,0507	0,1857	25,000	NA
Cobre	0,591	0,0924	30,000	0,594
Cromo	0,155	0,0594	38,000	0,096
Hierro	787,1	509,3	50,000	0,001
Manganeso	0,074	0,0641	35,000	0,135
Mercurio	0,0476	0,0476	30,000	0,352
Molibdeno	0,084	0,0503	40,000	0,045
Plomo	0,0423	0,0423	27,500	0,572
Selenio	0,245	0,0924	50,000	0,002
Zinc	4,126	2,554	50,000	0,001

En la estancia Heredia se encontró diferencias significativas en la concentración de 5 de los 16 parámetros analizados. Los parámetros que mostraron diferencias fueron: Al, Fe, Mo, Se y Zn.

La Tabla 6.67 muestra:

- La mediana de la concentración de Aluminio en sangre de las ovejas fue mayor en la estancia Heredia que en el sitio blanco (Al = 1.915; Al_{blanco} = 1.249).

- La mediana de la concentración de hierro en sangre de ovejas fue mayor en la estancia Heredia que en el sitio blanco ($Fe = 809.8$; $Fe_{\text{Blanco}} = 509.3$).
- La mediana de la concentración de Molibdeno en sangre de las ovejas fue mayor en el sitio blanco que en la estancia Heredia ($Al = 0.050$; $Al_{\text{blanco}} = 0.0503$).
- La mediana de la concentración de selenio en sangre de las ovejas fue mayor en la estancia Heredia que en el sitio blanco ($Al = 0.245$; $Al_{\text{blanco}} = 0.924$).
- La mediana de la concentración de zinc en sangre de las ovejas fue mayor en la zona de influencia de la estancia Heredia que en el sitio blanco ($Zn = 3.684$; $Al_{\text{blanco}} = 2.554$).

Tabla 6.67. Valores de la prueba de Mann-Whitney para la concentración de metales sangre de ovejas de la estancia Heredia

Vegetales de la Estancia Heredia				
Parámetro	Mediana	Mediana	Valor de Mann-Whitney (W)	p-value
	Estancia Heredia	(Sitio blanco)		
Metales totales				
Aluminio	1,915	1,249	45,000	0,017
Antimonio	0,0314	0,0314	27,500	0,572
Arsénico	0,0461	0,0461	27,500	0,572
Bario	0,0708	0,1802	12,000	0,119
Cadmio	0,0924	0,0483	25,000	NA
Cobalto	0,0507	0,1857	25,000	NA
Cobre	0,557	0,0924	30,000	0,594
Cromo	0,0594	0,0594	38,000	0,096
Hierro	809,8	509,3	50,000	0,001
Manganeso	0,0641	0,0641	35,000	0,135
Mercurio	0,0476	0,0476	30,000	0,352
Molibdeno	0,0503	0,0503	40,000	0,045
Plomo	0,0423	0,0423	27,500	0,212
Selenio	0,405	0,0924	50,000	0,002
Zinc	3,684	2,554	50,000	0,001

6.3.7.4.3. Análisis de los resultados de los rastreadores satelitales

Los rastreadores satelitales instalados en ovejas que se desplazan por el área de influencia de la UF Quicay registraron un total de 5956 coordenadas de ubicación, mientras que los rastreadores instalados en el sitio blanco presentaron un total de 4069 coordenadas de ubicación (Tabla 6.68).

Producto de estas coordenadas se generaron mapas de calor para confirmar los sitios de mayor actividad de los animales, los resultados nos muestran que las ovejas tanto de la estancia Quicay como de la estancia Heredia hacen uso de la vegetación que está contiguo a la UF Quicay, unos con mayor actividad como las ovejas con rastreadores OEFA-01, OEFA-05 y OEFA-06 (Figura 6.130 y 6.131).

Los rastreadores instalados en el sitio blanco, en el sector del centro poblado Condorcayan presentaron 4069 registros, número inferior comparado con los datos proporcionados por los rastreadores que estuvieron instalados en el área de influencia de la UM Quicay, la

mayoría de ellos en su zona de pastoreo que está ubicado a un kilómetro noroeste de su corral, Tabla 6.79 y Figura 6.130.

Tabla 6.68. Número de coordenadas de ubicación proporcionado por los rastreadores satelitales instalados en el área de influencia de la UF Quicay y sitio blanco

RASTREADORES SATELITALES EN UF QUICAY					
Estancia Quicay					
Código de rastreador	OEFA-07	OEFA-10	OEFA-12	OEFA-13	OEFA-19
N° de coordenadas	591	575	649	747	721
Estancia Heredia					
Código de rastreador	OEFA-01	OEFA-03	OEFA-05	OEFA-06	OEFA-08
N° de coordenadas	485	453	630	466	639
RASTREADORES SATELITALES EN SITIO BLANCO					
Código de rastreador	OEFA-12	OEFA-13		OEFA-19	
N° de coordenadas	1200	1518		1351	

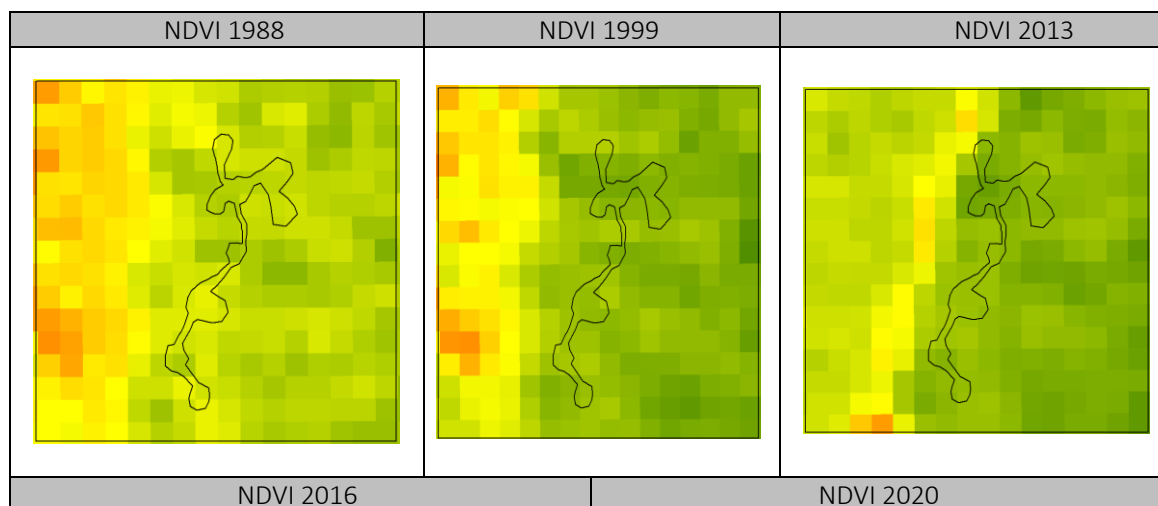
6.3.8. Análisis multiespectral

Los resultados de evaluación de las 5 API seleccionadas en el área de estudio, respecto a los índices de vegetación para verificar la posible alteración en la cobertura vegetal por agentes o actividades externas.

6.3.8.1. API-1

6.3.8.1.1. Análisis multitemporal

Para determinar las variaciones en la cobertura vegetal por actividades externas a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se usaron las imágenes satelitales Landsat desde julio hasta setiembre de 1988, 1999 y 2013, e imágenes Sentinel 2A de abril de 2016 y junio de 2020 (Figura 6.128).



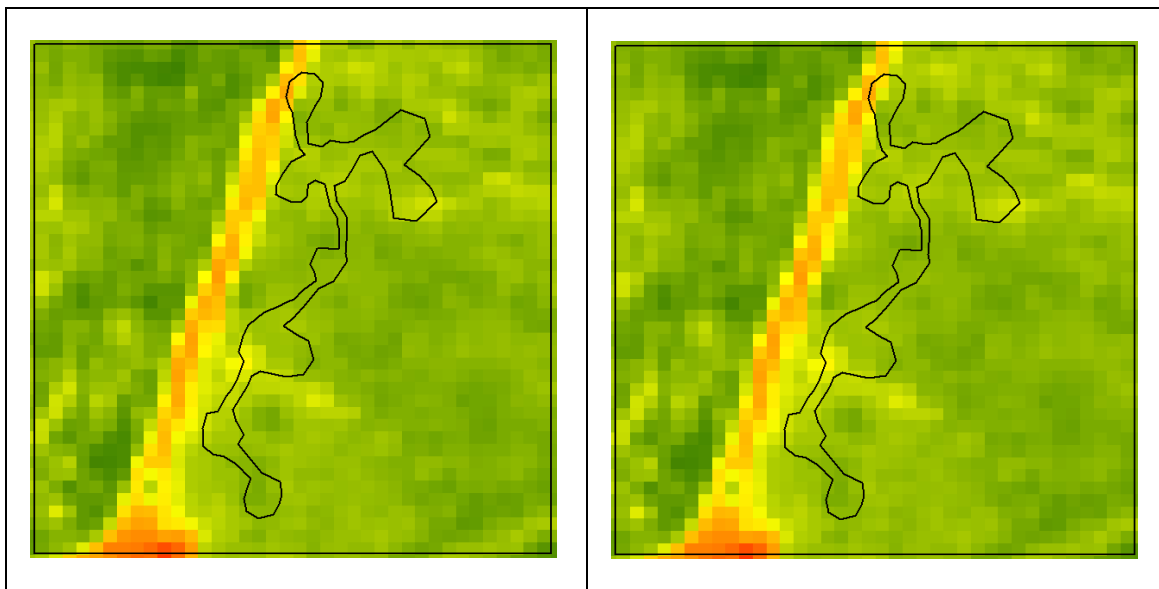


Figura 6.128. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-1

6.3.8.1.2. Análisis de datos

En esta API se tiene un área de 0,104 ha que conforma la formación de cobertura vegetal bofedal con césped de Puna en la que se realizó el análisis de los índices de vegetación de NDVI y NDRE (Tablas 6.69, 6.70, 6.71 y Figuras 6.129, 6.130, 6.131).

Tabla 6.69. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE

Estadísticos	NDVI	NDRE
Count	1104154	1104154
Sum	386117	184395
Mean	0,350	0,167
Stdev	0,095	0,023
Min	-0,278	0,019
Max	0,791	0,542

Índice de vegetación						
Área:		11041,477	m ²	Datum:	WGS 1984	
Centroide:	X:	349167	m	Zona UTM:	19 L	
	Y:	8816794	m	Altitud:	4342	m s. n. m.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

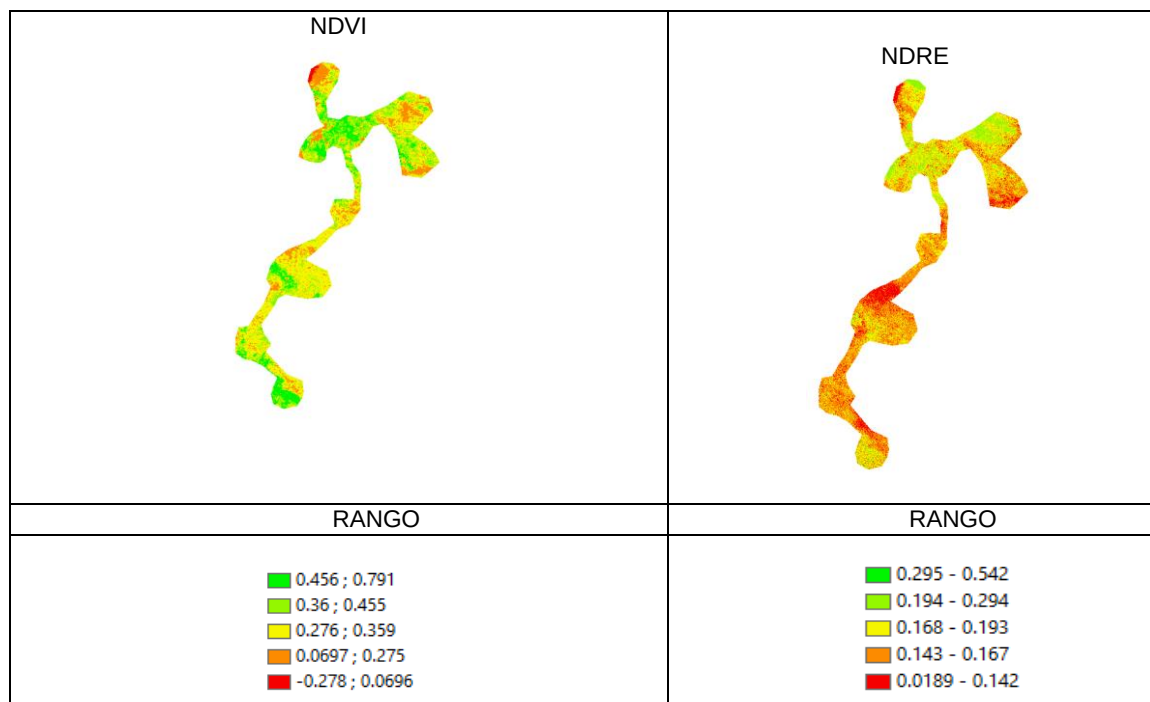


Figura 6.129. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal bofedal con césped de Puna del API 01

Tabla 6.70. Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-1

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	Mean-NDVI
		Este (m)	Norte (m)		
SU-35	API-1	349091	8816665	11/08/2020	0,30718218
SU-36	API-1	349126	8816605	11/08/2020	0,50207536
SU-38	API-1	349153	8816942	12/08/2020	0,21934645
SU-39	API-1	349231	8816906	12/08/2020	0,28664198
SU-40	API-1	349235	8816857	12/08/2020	0,30205854
SU-41	API-1	349176	8816883	12/08/2020	0,35339374
SU-42	API-1	349149	8816866	12/08/2020	0,40279302
SU-43	API-1	349176	8816806	12/08/2020	0,26864912
SU-44	API-1	349120	8816739	12/08/2020	0,48563958
SU-45	API-1	349148	8816721	12/08/2020	0,32086895

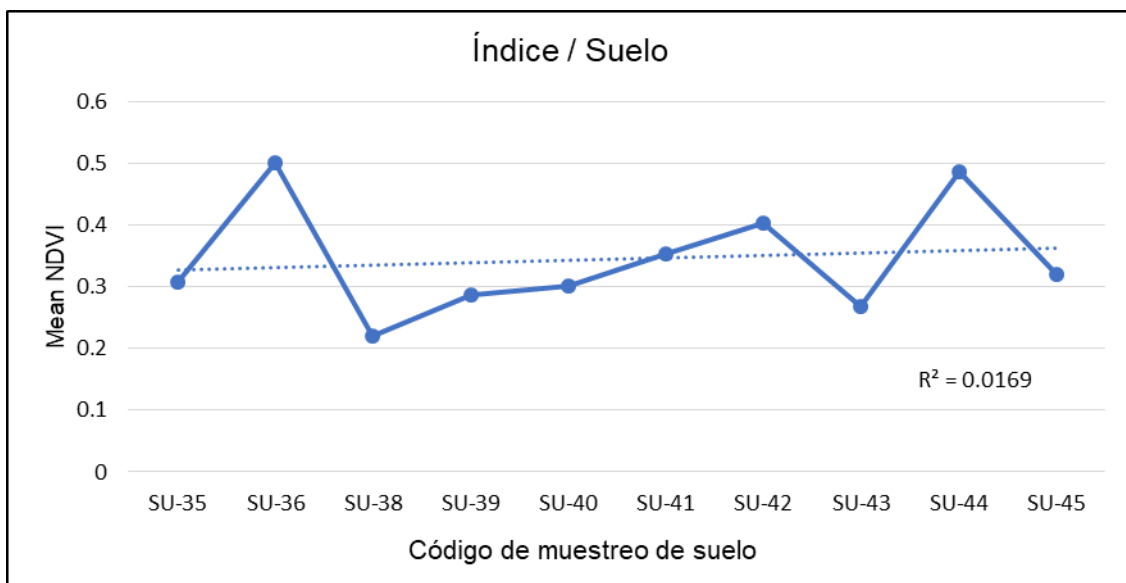


Figura 6.130. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI

Tabla 6.71. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-1

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	Mean-NDRE
		Este (m)	Norte (m)		
SU-35	API-1	349091	8816665	11/08/2020	0,16003379
SU-36	API-1	349126	8816605	11/08/2020	0,17100212
SU-38	API-1	349153	8816942	12/08/2020	0,17855097
SU-39	API-1	349231	8816906	12/08/2020	0,2286972
SU-40	API-1	349235	8816857	12/08/2020	0,15495962
SU-41	API-1	349176	8816883	12/08/2020	0,19007486
SU-42	API-1	349149	8816866	12/08/2020	0,16569257
SU-43	API-1	349176	8816806	12/08/2020	0,15394374
SU-44	API-1	349120	8816739	12/08/2020	0,15692554
SU-45	API-1	349148	8816721	12/08/2020	0,16284631

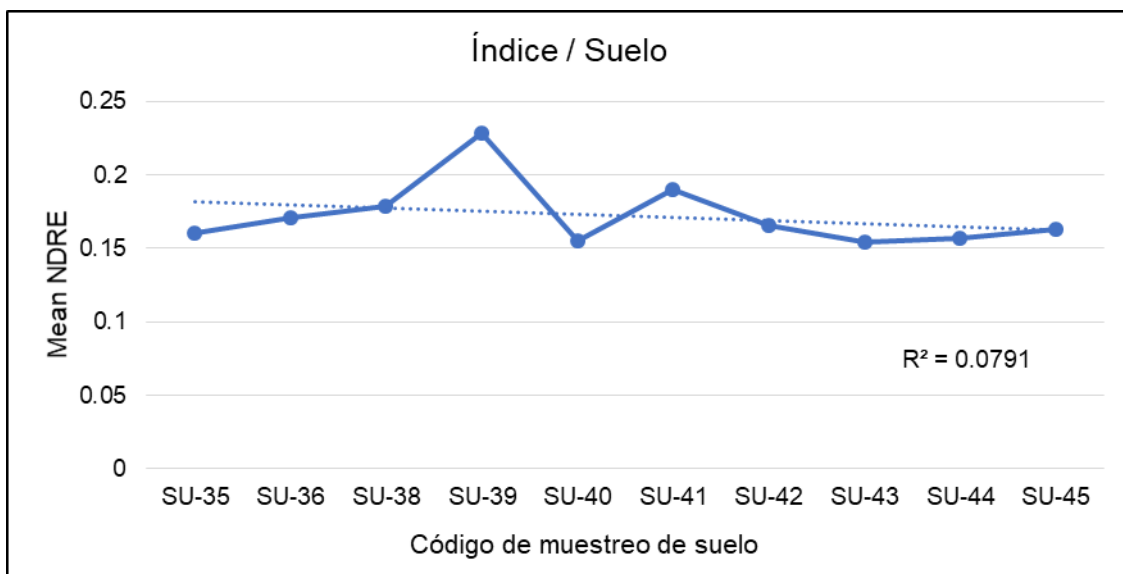


Figura 6.131. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE

6.3.8.2.API-2

6.3.8.2.1. Análisis multitemporal

Para determinar las variaciones en la cobertura vegetal por actividades externas a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se usaron las imágenes satelitales Landsat desde julio hasta setiembre de 1988, 1999 y 2013, e imágenes Sentinel 2A de abril 2016 y junio de 2020 (Figura 6.132).

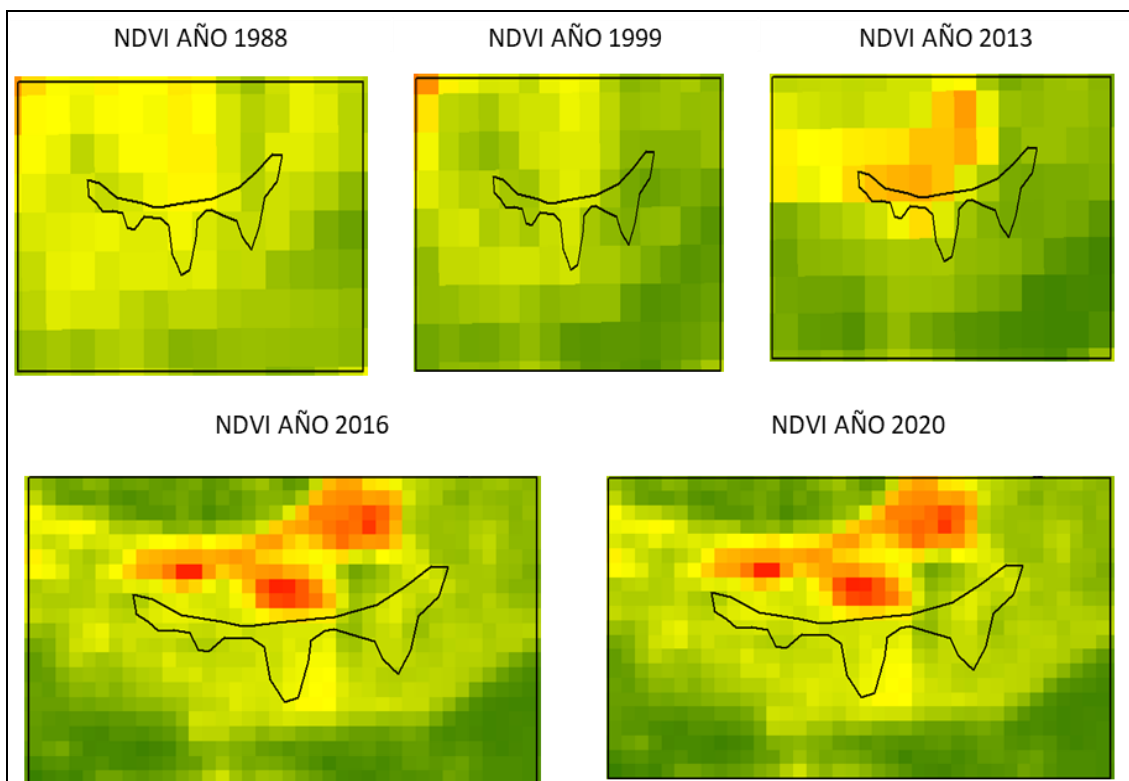


Figura 6.132. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-2

6.3.8.2.2. Análisis de datos

Esta API tiene un área de 0,541 ha que conforma la formación de cobertura vegetal bofedal con césped de Puna, en donde se realizó el análisis de los índices de vegetación de NDVI y NDRE (Tablas 6.72, 6.73, 6.74 y Figuras 6.133, 6.134, 6.135).

Tabla 6.72. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE

Estadísticos	NDVI	NDRE
Count	541871	541871
Sum	191681	94850
Mean	0,354	0,175
Stdev	0,067	0,023
Min	-0,130	-0,003
Max	0,691	0,400

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

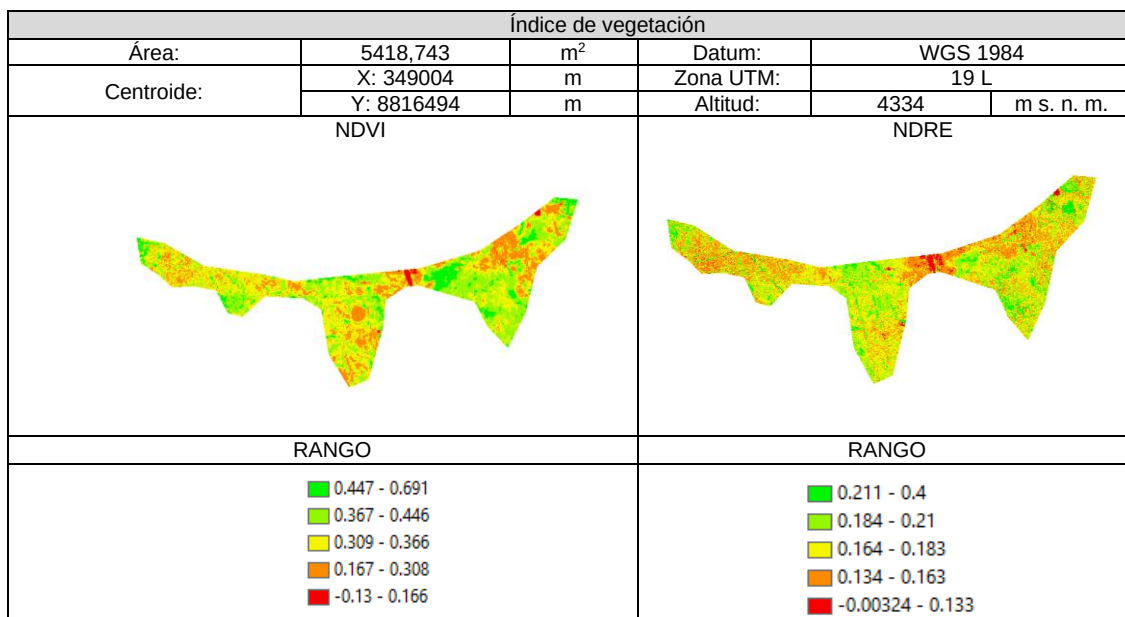


Figura 6.133. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal bofedal con césped de Puna del API-2

Tabla 6.73. Información estadística de los índices de vegetación NDVI

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	Mean-NDVI
		Este (m)	Norte (m)		
SU-29	API-2	348885	8816511	11/08/2020	0,37448651
SU-30	API-2	348930	8816494	11/08/2020	0,32323487
SU-31	API-2	348992	8816446	11/08/2020	0,29477098
SU-32	API-2	349034	8816498	11/08/2020	0,43557316
SU-33	API-2	349091	8816528	11/08/2020	0,35636837
SU-34	API-2	349104	8816534	11/08/2020	0,2813864
SU-37	API-2	349072	8816473	11/08/2020	0,38012244

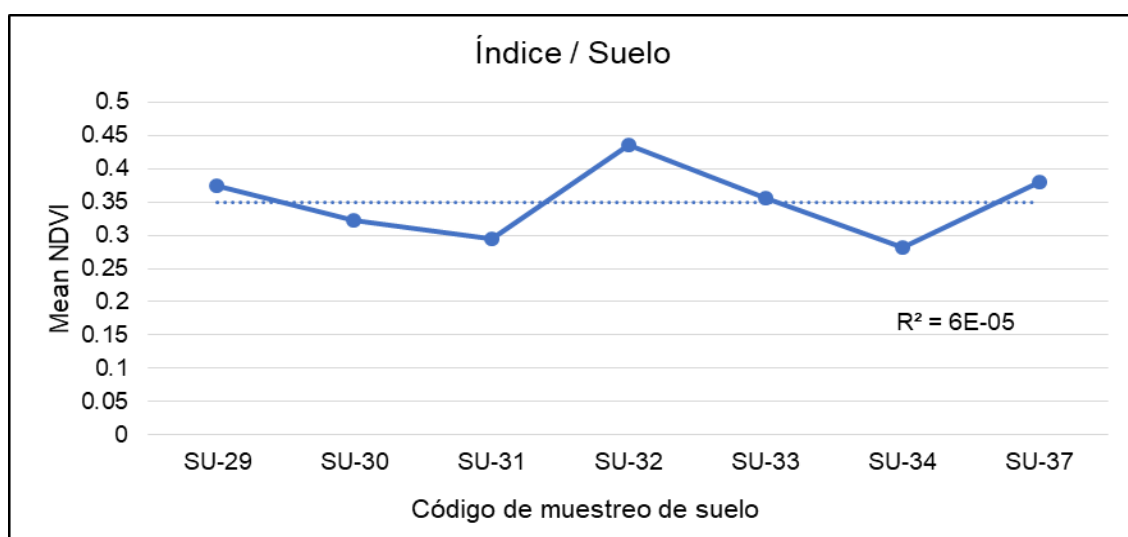
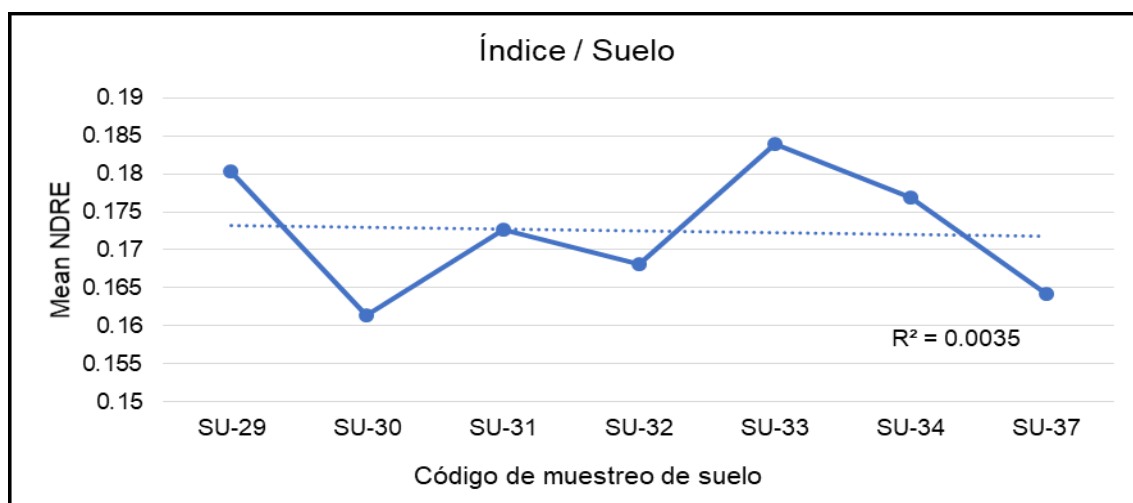


Figura 6.134. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE

Tabla 6.74. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-2

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	Mean-NDRE
		Este (m)	Norte (m)		
SU-29	API-2	348885	8816511	11/08/2020	0,18040922
SU-30	API-2	348930	8816494	11/08/2020	0,16145322
SU-31	API-2	348992	8816446	11/08/2020	0,17270353
SU-32	API-2	349034	8816498	11/08/2020	0,16816344
SU-33	API-2	349091	8816528	11/08/2020	0,18394722
SU-34	API-2	349104	8816534	11/08/2020	0,17689156
SU-37	API-2	349072	8816473	11/08/2020	0,1642398


Figura 6.135. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE

6.3.8.3. API-3

6.3.8.3.1. Análisis multitemporal

Para determinar las variaciones en la cobertura vegetal por actividades externas a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se usaron las imágenes satelitales Landsat desde julio hasta setiembre de 1988, 1999 y 2013, e imágenes Sentinel 2A de abril 2016 y junio de 2020 (Figura 6.136).

NDVI 1988	NDVI 1999	NDVI 2013
-----------	-----------	-----------

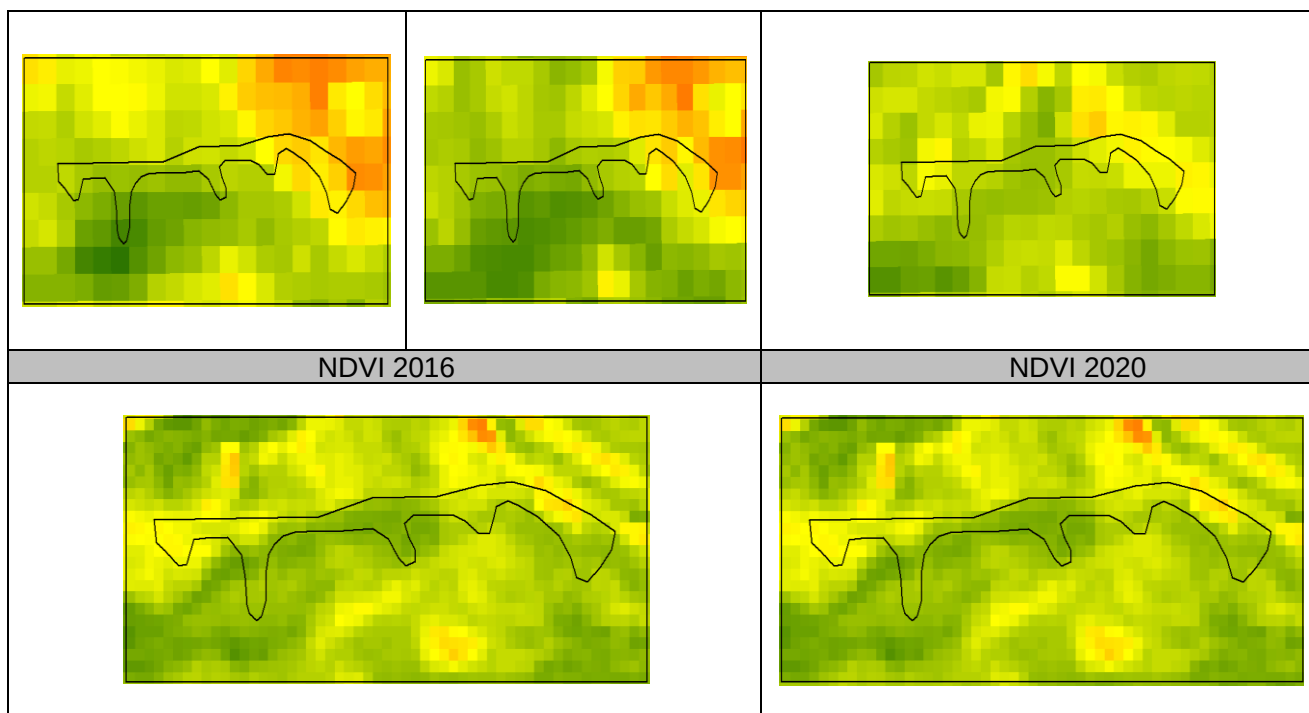


Figura 6.136. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-3

6.3.8.3.2. Análisis de datos

Esta API tiene un área de 1,430 ha que conforma la formación de cobertura vegetal pajonal con césped de Puna, en donde se se realizó el análisis de los índices de vegetación de NDVI y NDRE (Tablas 6.75, 6.76, 6.77 y Figuras 6.137, 6.138, 6.139).

Tabla 6.75. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE

Estadísticos	NDVI	NDRE
Count	1430673	1430673
Sum	437731	120615
Mean	0,306	0,084
Stdev	0,086	0,040
Min	-0,227	-0,259
Max	0,787	0,425

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Área:	14305,745	m ²	Datum:	WGS 1984	
Centroide:	X: 348457	m	Zona UTM:	19 L	
	Y: 8816565	m	Altitud:	4301	m s. n. m.
NDVI			NDRE		
RANGO					
■ 0.398 - 0.787 ■ 0.327 - 0.397 ■ 0.255 - 0.326 ■ 0.152 - 0.254 ■ -0.227 - 0.151			■ 0.161 - 0.425 ■ 0.107 - 0.16 ■ 0.0712 - 0.106 ■ 0.0336 - 0.0711 ■ -0.259 - 0.0335		

Figura 6.137. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal Pajonal con parches de césped de Puna del API-3**Tabla 6.76.** Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-3

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	NDVI
		Este (m)	Norte (m)		
SU-17	API-3	348218	8816581	10/08/2020	0,15051228
SU-18	API-3	348235	8816553	10/08/2020	0,18646199
SU-19	API-3	348300	8816578	10/08/2020	0,22972366
SU-20	API-3	348318	8816499	10/08/2020	0,31088473
SU-21	API-3	348444	8816598	10/08/2020	0,37136713
SU-22	API-3	348474	8816548	10/08/2020	0,34557744
SU-23	API-3	348529	8816597	10/08/2020	0,28390692
SU-24	API-3	348555	8816576	10/08/2020	0,35702396
SU-25	API-3	348591	8816608	10/08/2020	0,21456393
SU-26	API-3	348631	8816591	10/08/2020	0,07157036
SU-27	API-3	348683	8816570	10/08/2020	0,32761299
SU-28	API-3	348663	8816542	10/08/2020	0,32286816

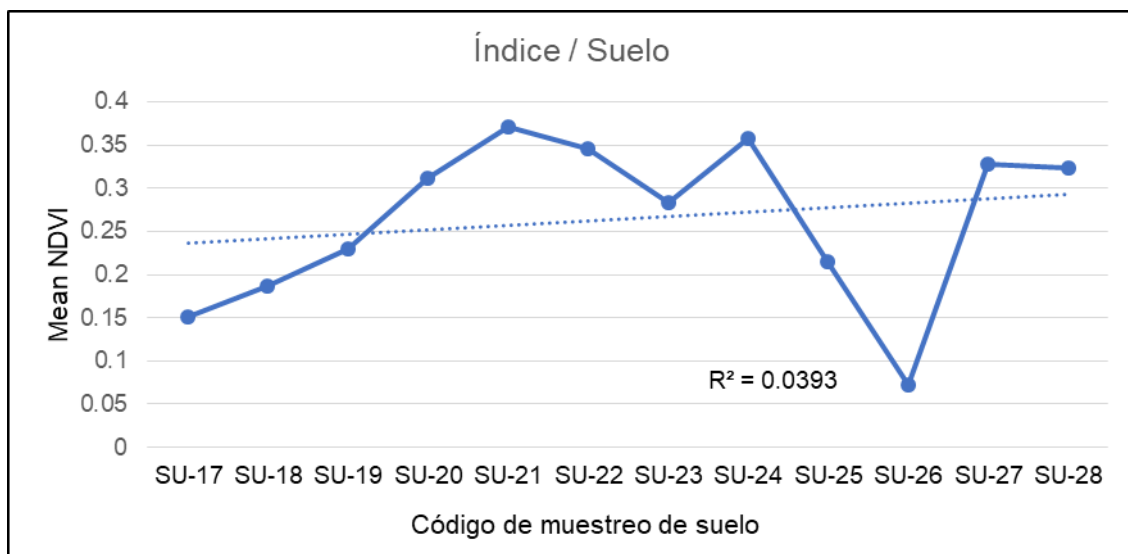


Figura 6.138. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal Pajonal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI

Tabla 6.77. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-3

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	NDRE
		Este (m)	Norte (m)		
SU-17	API-3	348218	8816581	10/08/2020	0,07388302
SU-18	API-3	348235	8816553	10/08/2020	0,05585473
SU-19	API-3	348300	8816578	10/08/2020	0,06228502
SU-20	API-3	348318	8816499	10/08/2020	0,06346093
SU-21	API-3	348444	8816598	10/08/2020	0,06690718
SU-22	API-3	348474	8816548	10/08/2020	0,05717338
SU-23	API-3	348529	8816597	10/08/2020	0,06307755
SU-24	API-3	348555	8816576	10/08/2020	0,088986
SU-25	API-3	348591	8816608	10/08/2020	0,07206816
SU-26	API-3	348631	8816591	10/08/2020	0,15833411
SU-27	API-3	348683	8816570	10/08/2020	0,10495528
SU-28	API-3	348663	8816542	10/08/2020	0,06332518

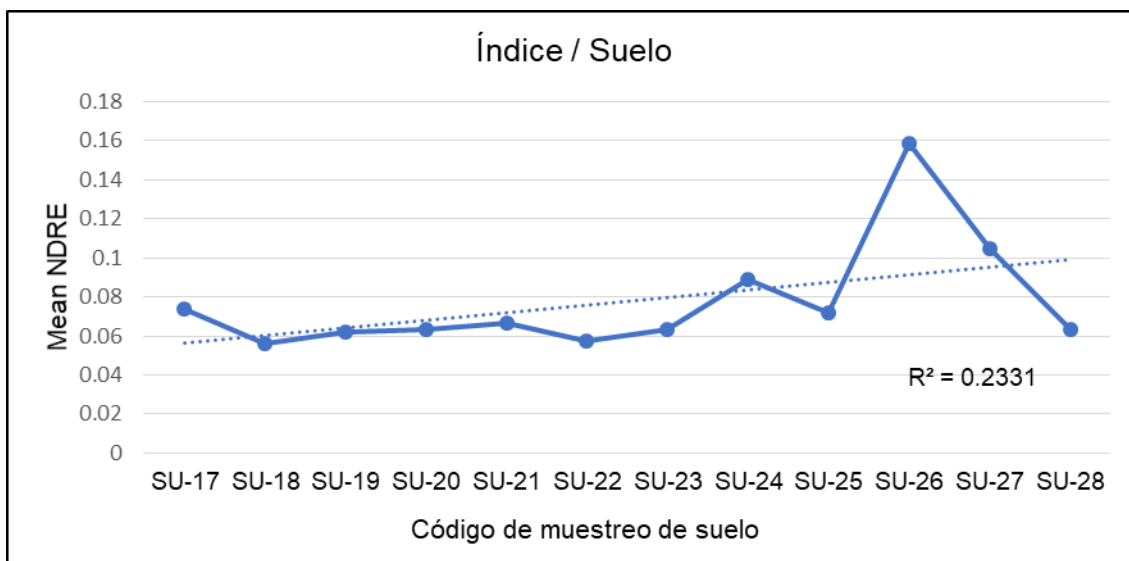


Figura 6.139. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal Pajonal con parches de césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE.

6.3.8.4. API-4

6.3.8.4.1. Análisis multitemporal

Para determinar las variaciones en la cobertura vegetal por actividades externas a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se usaron las imágenes satelitales Landsat desde julio hasta setiembre de 1988, 1999 y 2013, e imágenes Sentinel 2A de abril 2016 y junio de 2020 (Figura 6.140).

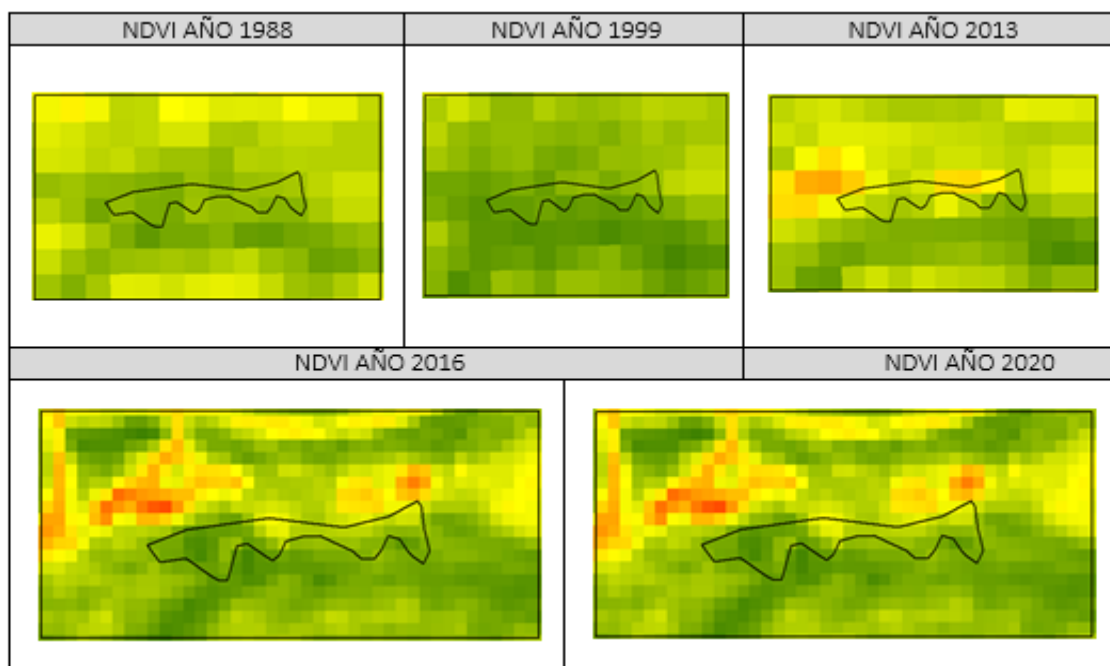


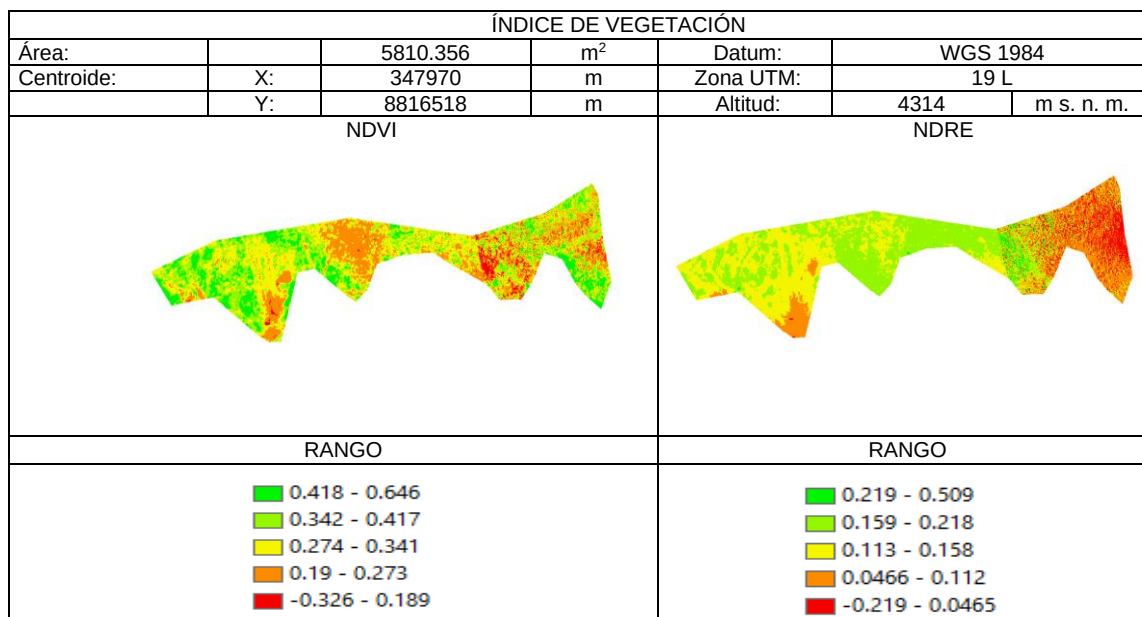
Figura 6.140. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-4

6.3.8.4.2. Análisis de datos

Esta API tiene un área de 0,581 ha que conforma la formación de cobertura vegetal bofedal con césped de Puna, en donde se realizó el análisis de los índices de vegetación de NDVI y NDRE (Tablas 6.78, 6.79, 6.80 y Figuras 6.141, 6.142, 6.143).

Tabla 6.78. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE

Estadísticos	NDVI	NDRE
Count	581049	581049
Sum	188751	77752
Mean	0,325	0,134
Stdev	0,081	0,054
Min	-0,326	-0,219
Max	0,646	0,509

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud**Figura 6.141.** Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal césped de puna del API-4**Tabla 6.79.** Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-4

Código	API	Coordenadas UTM		Fecha	NDVI
		WGS 84 - Zona 18 L			
		Este (m)	Norte (m)		
SU-09	API-4	347860	8816511	9/08/2020	0,19558801
SU-10	API-4	347912	8816489	9/08/2020	0,50702605
SU-11	API-4	347943	8816530	9/08/2020	0,26598606
SU-12	API-4	347955	8816508	9/08/2020	0,27178044
SU-13	API-4	348028	8816526	9/08/2020	0,36994458
SU-14	API-4	348071	8816536	9/08/2020	0,26100604
SU-15	API-4	348079	8816501	9/08/2020	0,24037626
SU-16	API-4	348037	8816507	9/08/2020	0,33817584

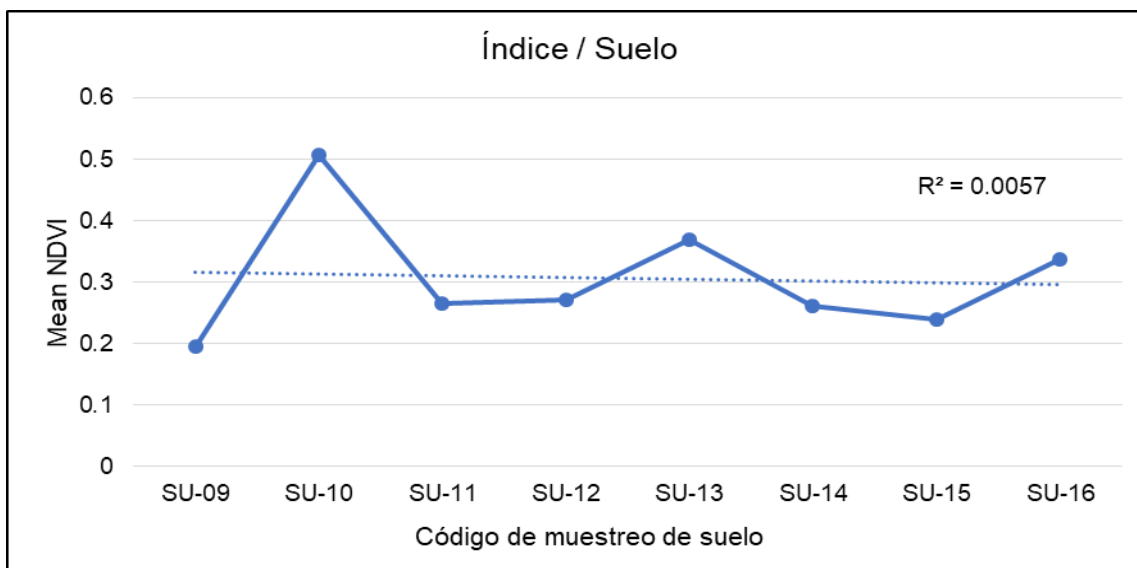


Figura 6.142. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI

Tabla 6.80. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-4

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	NDRE
		Este (m)	Norte (m)		
SU-09	API-4	347860	8816511	9/08/2020	0,07019809
SU-10	API-4	347912	8816489	9/08/2020	0,10824649
SU-11	API-4	347943	8816530	9/08/2020	0,03193277
SU-12	API-4	347955	8816508	9/08/2020	0,10816257
SU-13	API-4	348028	8816526	9/08/2020	0,1881692
SU-14	API-4	348071	8816536	9/08/2020	0,15744982
SU-15	API-4	348079	8816501	9/08/2020	0,081632
SU-16	API-4	348037	8816507	9/08/2020	0,16168077

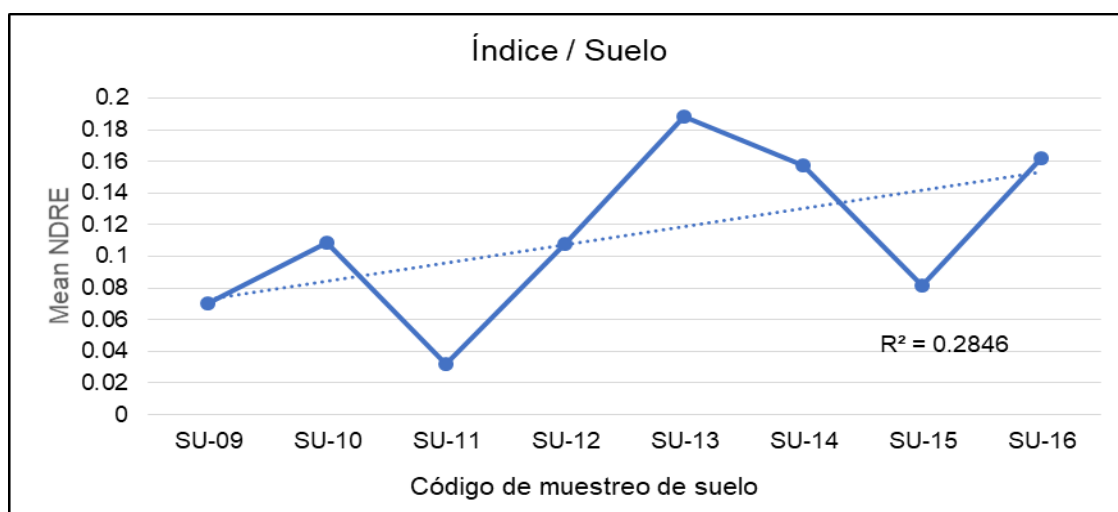


Figura 6.143. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal césped de Puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE

6.3.8.5. API-05

6.3.8.5.1. Análisis multitemporal

Para determinar las variaciones en la cobertura vegetal por actividades externas a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se usaron las imágenes satelitales Landsat desde julio hasta setiembre de 1988, 1999 y 2013, e imágenes Sentinel 2A de abril 2016 y junio de 2020 (Figura 6.144).

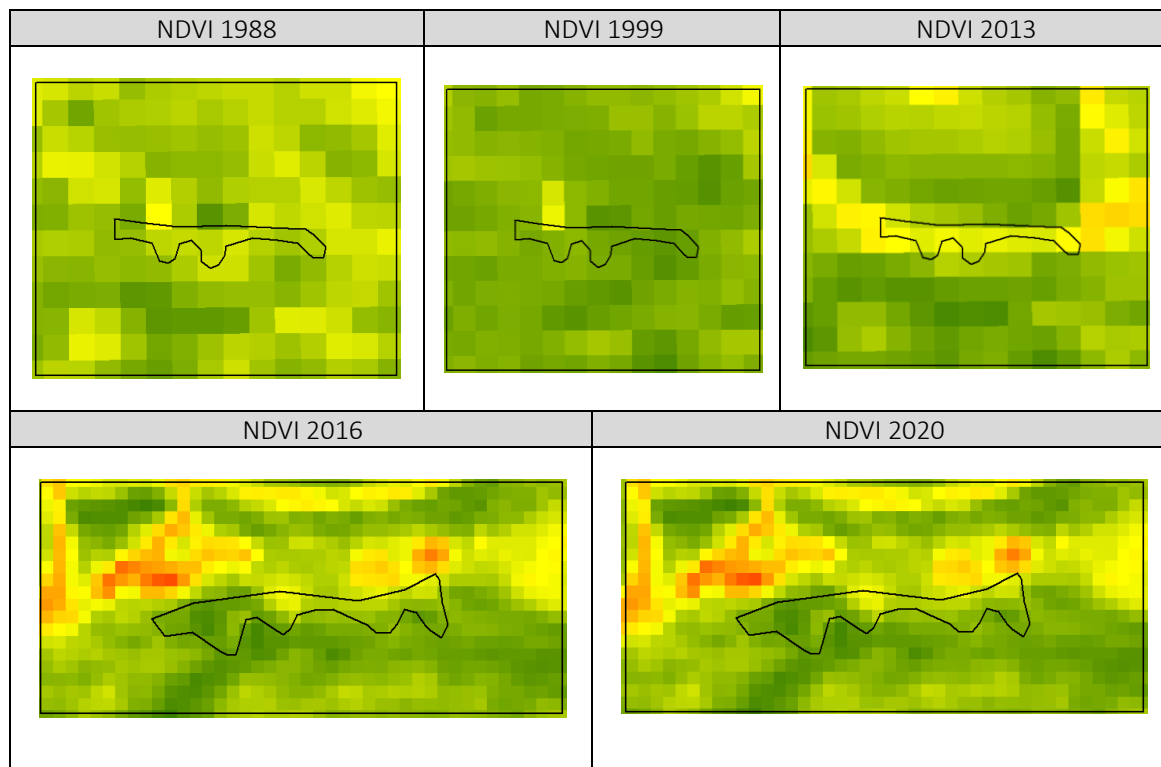


Figura 6.144. Variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-5

6.3.8.5.2. Análisis de datos

Esta API tiene un área de 0,571 ha que conforma la formación de cobertura vegetal bofedal con césped de Puna, en donde se realizó el análisis de los índices de vegetación de NDVI y NDRE (Tablas 6.81, 6.82, 6.83 y Figuras 6.145, 6.146, 6.147).

Tabla 6.81. Información estadística de los índices de vegetación NDVI y NDRE

Estadísticos	NDVI	NDRE
Count	571364	571452
Sum	220951	51220
Mean	0,387	0,090
Stdev	0,098	0,020
Min	0,075	-0,230
Max	0,771	0,306

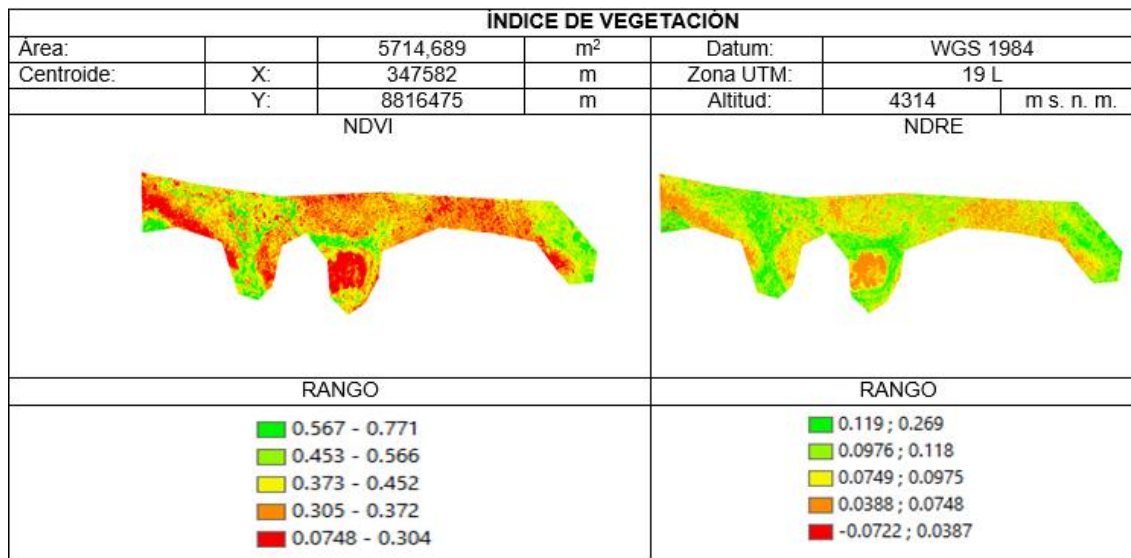


Figura 6.145. Índice de vegetación (NDVI y NDRE) de la formación vegetal bofedal con parches de césped de puna del API- 05

Tabla 6.82. Información estadística de los índices de vegetación NDVI para el API-5

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	Mean-NDVI
		Este (m)	Norte (m)		
SU-01	API-5	347491	8816491	8/08/2020	0,54511925
SU-02	API-5	347587	8816490	8/08/2020	0,36696948
SU-03	API-5	347680	8816485	8/08/2020	0,43454669
SU-04	API-5	347470	8816485	9/08/2020	0,39172865
SU-05	API-5	347525	8816452	8/08/2020	0,43786673
SU-06	API-5	347575	8816446	8/08/2020	0,50776334
SU-07	API-5	347702	8816456	8/08/2020	0,36522306

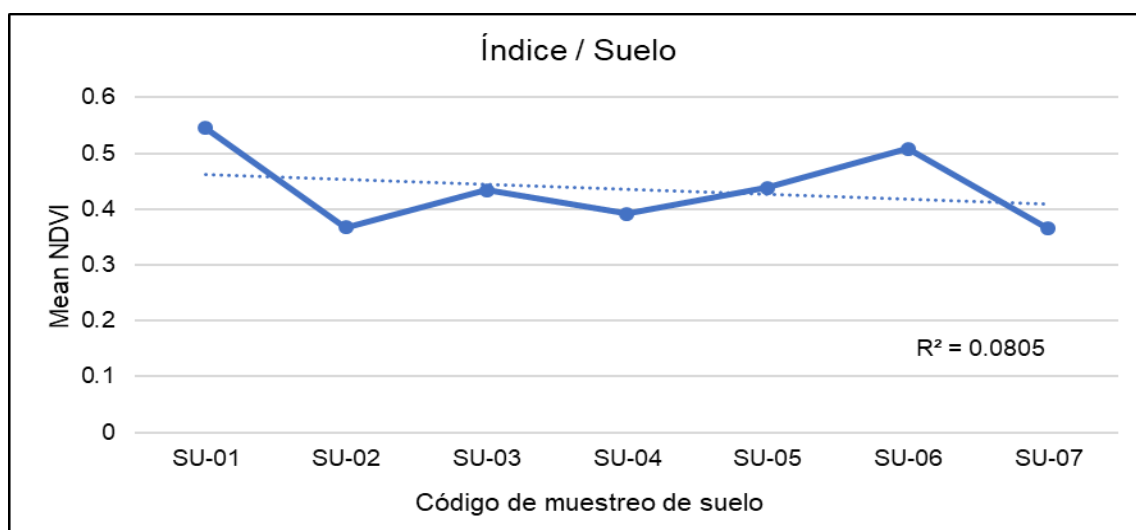
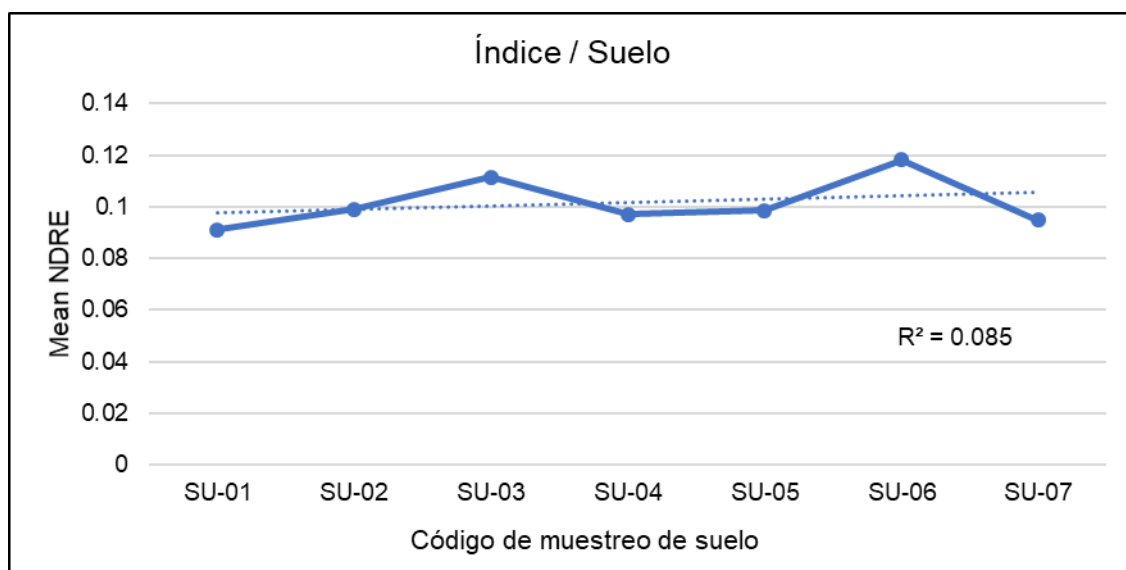


Figura 6.146. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal Bofedal con parches de césped de puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDVI

Tabla 6.83. Información estadística de los índices de vegetación NDRE para el API-5

Código	API	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L		Fecha	Mean-NDRE
		Este (m)	Norte (m)		
SU-01	API-5	347491	8816491	8/08/2020	0,09113864
SU-02	API-5	347587	8816490	8/08/2020	0,099195
SU-03	API-5	347680	8816485	8/08/2020	0,11142245
SU-04	API-5	347470	8816485	9/08/2020	0,09705598
SU-05	API-5	347525	8816452	8/08/2020	0,0984693
SU-06	API-5	347575	8816446	8/08/2020	0,11831834
SU-07	API-5	347702	8816456	8/08/2020	0,09494115


Figura 6.147. Distribución de los puntos de muestreo de suelo en una formación vegetal bofedal con parches de césped de puna con respecto a los valores del índice de vegetación NDRE

7. DISCUSIÓN

En los siguientes párrafos se discute la influencia de los componentes mineros evaluados sobre el ambiente, a fin de cumplir el encargo dispuesto por la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas en el memorando N°. 02215-2020-OEFA/DSEM.

7.1. Influencia del botadero de desmonte Suroeste

En la Figura 7.1 se observa los puntos muestreados del botadero Suroeste (BW-01, BW-02 y BW-03), roca (RQ-03, RQ-05 y RQ-06), agua superficial (P-12, LQuic2, LQ-1, RQ-1 y RQuic6), agua subterránea (PZ-4) y agua residual industrial (ARI-12).

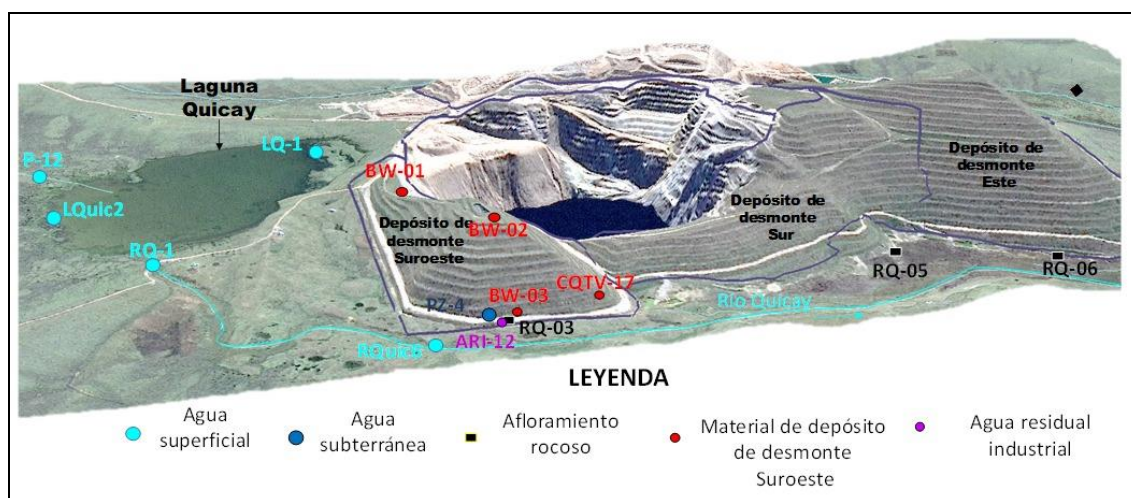


Figura 7.1. Esquema de ubicación de puntos de muestreo en componente minero, roca, agua superficial, agua subterránea y agua residual industrial

Al pie del botadero de desmonte Suroeste se identificó agua acumulada en la poza de sedimentación del canal de colección del botadero de desmonte Suroeste³⁹ (en adelante, agua acumulada ARI-12), el instrumento indica: **«las aguas pluviales son captadas por los canales de colección y derivación, que estas a su vez conducen hacia el canal de coronación. El canal de coronación del Botadero Sur Oeste conduce las aguas a la planta NCD para su tratamiento y vertimiento»**; tal como se observa en la Figura 7.2. Estas aguas presentaron valores de potencial de hidrógeno (pH) ácido (3,84 unidades de pH), conductividad de 1926 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concentraciones de sulfato (2093 mg/L), aluminio (44,9 mg/L), cadmio (0,03889 mg/L), cobre (0,9743 mg/L), hierro (5,6 mg/L) y manganeso (2,6564 mg/L) que superaron o se encuentran fuera del rango, referencialmente, de los valores de los ECA para agua Cat.3-2008 (bebida de animales). Además de los parámetros mencionados estas aguas también presentaron concentraciones de plomo, arsénico, selenio, entre otros.

³⁹

Plano general componente Quicay, indicado en la Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay de Corporación Minera Centauro S.A.C., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 228-2019-MEM-DGAAM, el 23 de diciembre de 2019.

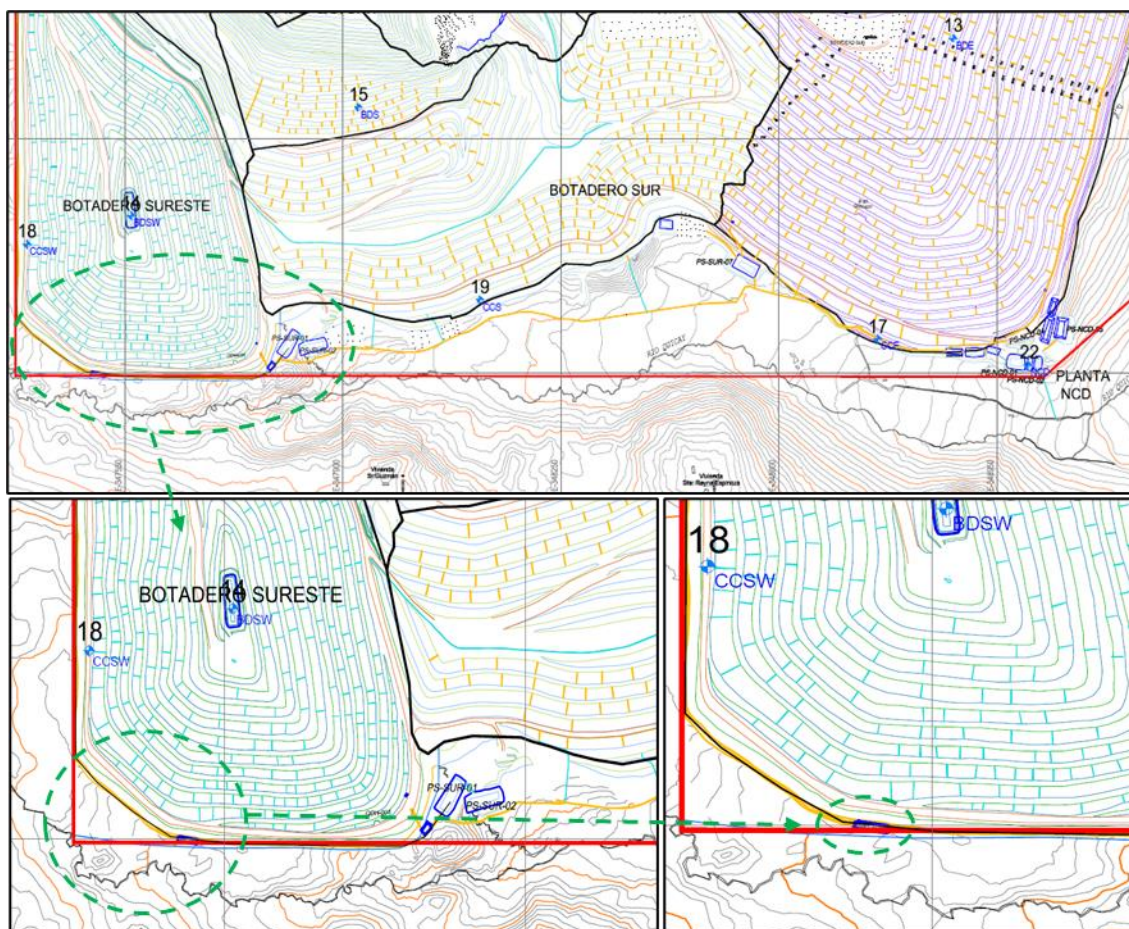


Figura 7.2. Plano de ubicación de la poza de sedimentación (ARI-12)

Respecto al análisis hidroquímico, se decarta que el origen del agua acumulada ARI-12 de característica clorurada cálcica sea natural, debido a que las aguas superficiales (P-12, LQuic2, LQ-1, RQ-1 y RQuic6) y subterráneas (PZ-4), ubicadas aguas arriba del ARI-12, presentaron facies bicarbonatada cálcica (Figura 7.3).

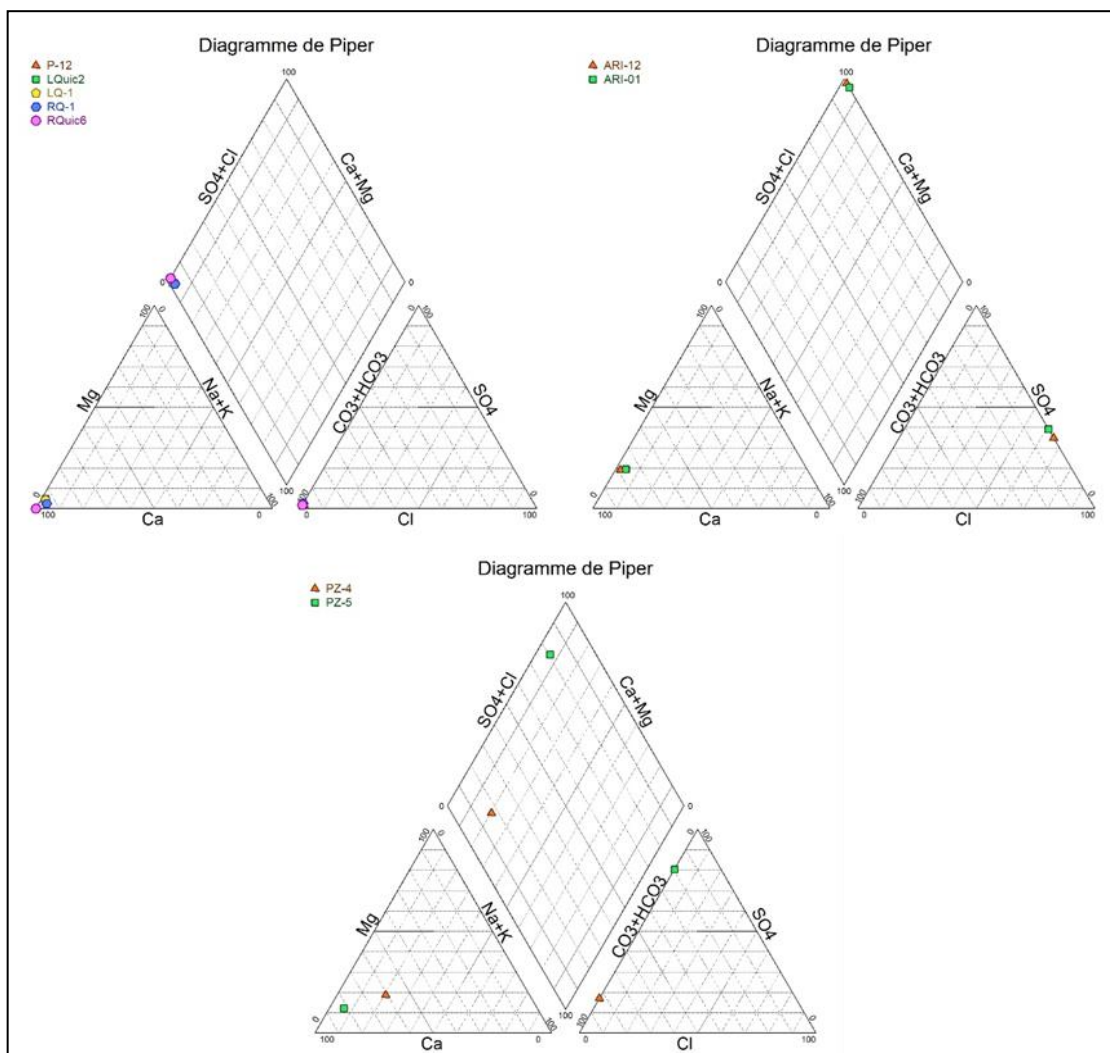


Figura 7.3. Diagrama de Piper de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea

Además, las aguas superficiales presentaron pH de 7,24 a 10,15 unidades, conductividad de 112,5 a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concentraciones de sulfato de 1,2 a 2,3 mg/L, aluminio de 0,023 a 0,161 mg/L, cadmio de 0,00002 a 0,00004 mg/L, cobre de 0,0011 a 0,0023 mg/L, hierro de 0,10 a 0,28 mg/L y manganeso de 0,00582 a 0,07342 mg/L y el agua subterránea presentó pH de 7,59 unidades con conductividad de 473 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concentraciones de sulfato de 36 mg/L, aluminio de 0,021 mg/L, cadmio de 0,00007 mg/L, cobre de 0,0060 mg/L, hierro de 0,84 mg/L y manganeso de 0,07530 mg/L. Estas características son diferentes al agua acumulada ARI-12 (Figura 7.4.)

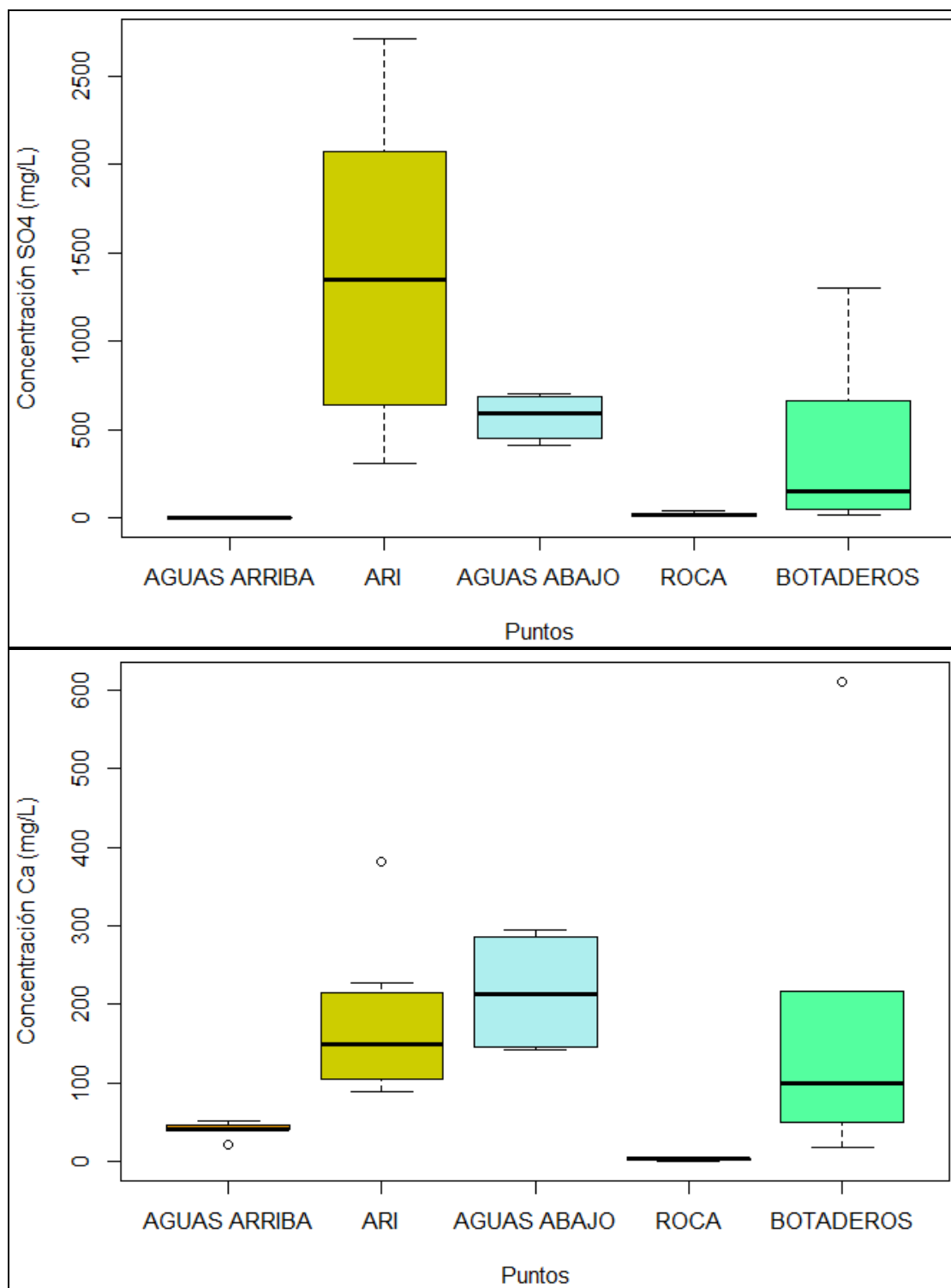


Figura 7.4. Concentraciones de sulfatos y calcio en agua superficial, agua residual industrial comparados con la roca y los botaderos

Asimismo, según el diagrama de Stiff, se observó que el polígono del punto ARI-12 presentó más contenido de sales principalmente de Ca^{2+} (6,99 Meq/L) y en menor proporción en SO_4^{2-} , respecto a las aguas superficiales que alcanzaron una concentración

máxima de sales de HCO_3^- y Ca^{2+} (2,59 Meq/L) y el agua subterránea con concentración de HCO_3^- y Ca^{2+} (3,67 Meq/L), tal como se observa en la Figura 7.5. Así mismo, las facies bicarbonatadas sódicas y cálcicas indican que corresponden a aguas de flujo local (Custodio y Llamas, 1996).

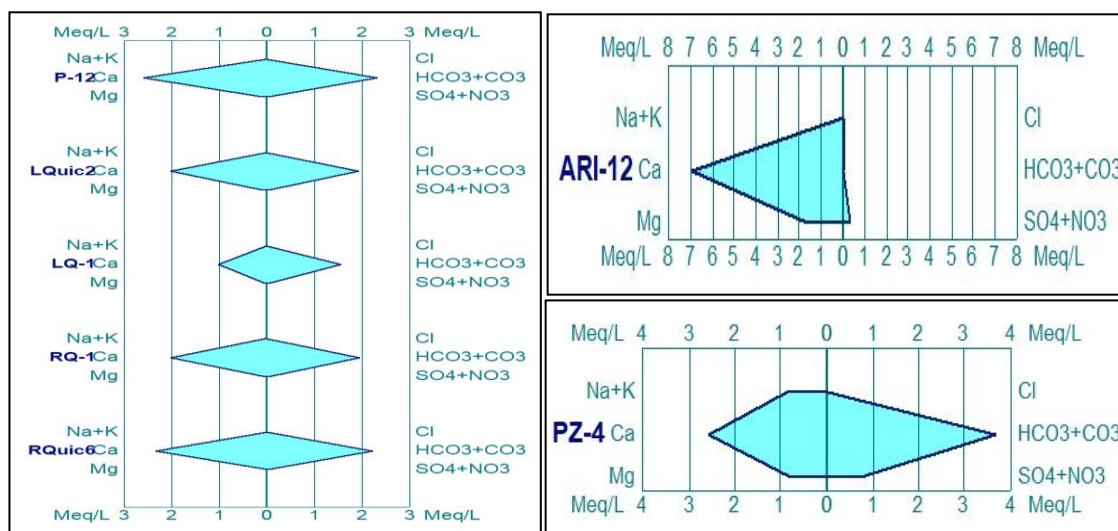


Figura 7.5. Diagrama de Stiff de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea

Según el perfil de la tomografía de resistividad eléctrica L-13 (Figura 7.6) se descarta que el agua acumulada ARI-12 provenga del botadero Suroeste. Esto se refleja en las resistividades que presentan la zona A de las secciones (20 a 50 Ohm.m), asociado a depósitos cuaternarios glacial fluvial no consolidados con saturación de agua; B (51 a 140 Ohm.m), asociado a material semiconsolidado con menor grado de humedad y saturación asociado a cuaternario glacial fluvial (morrenas); y C (141 a 345 Ohm.m), correspondería a material de desmonte del botadero compacto con menor grado de humedad; conforme a lo mencionado por Dentith y Mudge (2014).

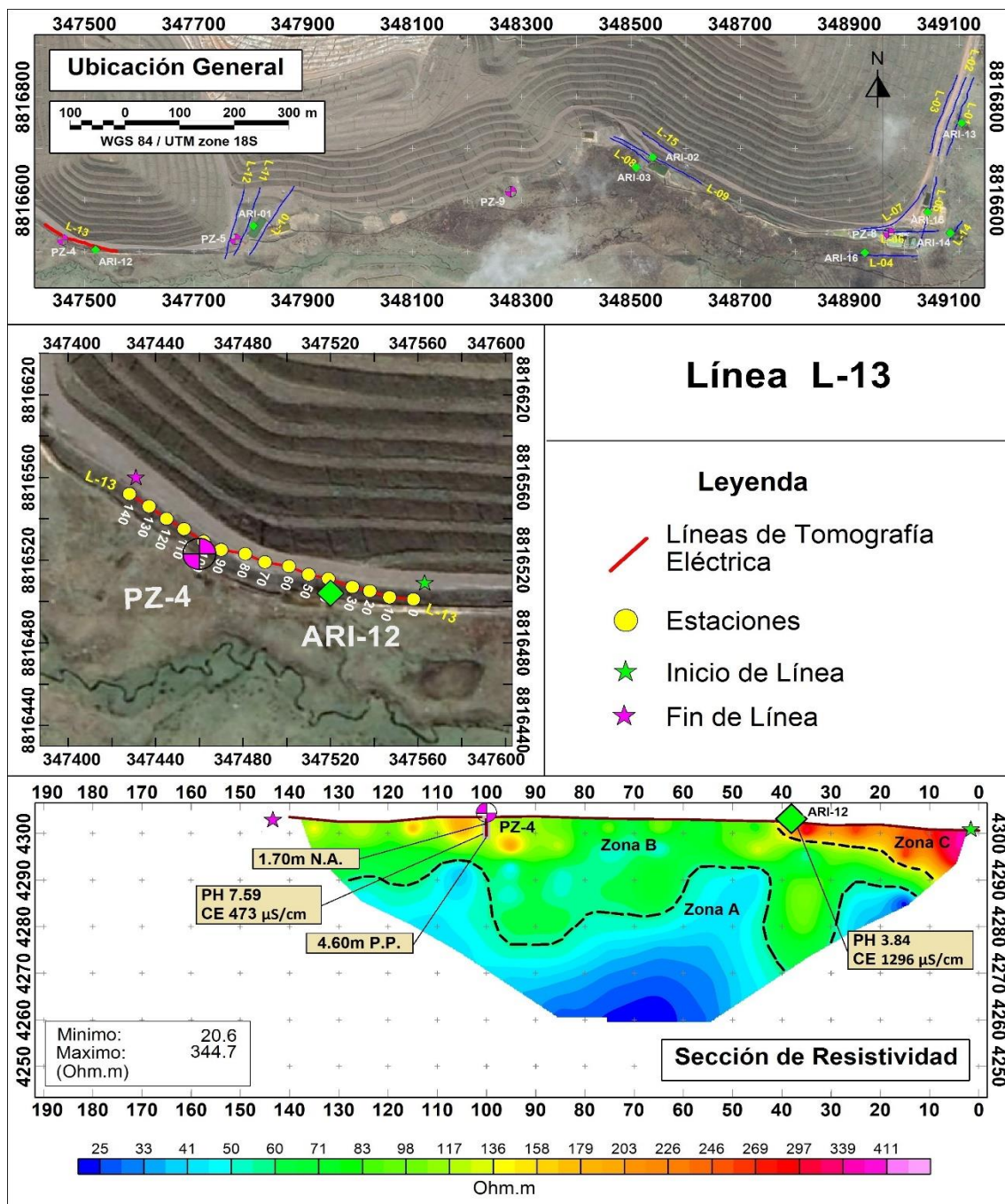


Figura 7.6. Línea tomográfica L-13

Este sector corresponde al API-5, donde se instaló 4 cámaras trampa y se capturó un total de 32 registros independientes de mamíferos, 30 de ellos pertenecientes a fauna doméstica y 2 registros de fauna silvestre, los cuales fueron capturados por las cámaras CT-PASCO-03 y CT-PASCO-04 que estuvieron instalados al borde de la poza de sedimentación del canal de colección del botadero de desmonte Suroeste (ARI-12); estas cámaras proporcionaron la siguiente información: la cámara CT-PASCO-03, capturó 10 registros independientes de oveja (*Ovis aries*), 3 registros de alpaca (*Lama pacos*) y 2 registros de comadreja (*Mustela frenata*), y la cámara CT-PASCO-04 captó 16 registros independientes de oveja (*Ovis aries*) y 3 registros de alpaca (*Lama pacos*).

En la Figura 7.7 se observan los animales consumiendo el agua que contiene la poza y de acuerdo a los resultados de los análisis, estas aguas presentaron pH ácido (3,84 unidades), conductividad de 1926 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concentraciones de sulfato (2093 mg/L), aluminio (44,9 mg/L), cadmio (0,03889 mg/L), cobre (0,9743 mg/L), hierro (5,6 mg/L) y manganeso (2,6564 mg/L) que superaron o se encuentran fuera del rango, referencialmente, de los valores de los ECA para agua Cat.3-2008 (bebida de animales). Cabe indicar que, en la época de evaluación al encontrarse el río Quicay sin flujo de agua, los animales domésticos de las estancias aledañas a la laguna Quicay hacen uso de las aguas residuales industriales de la poza (ARI-12).

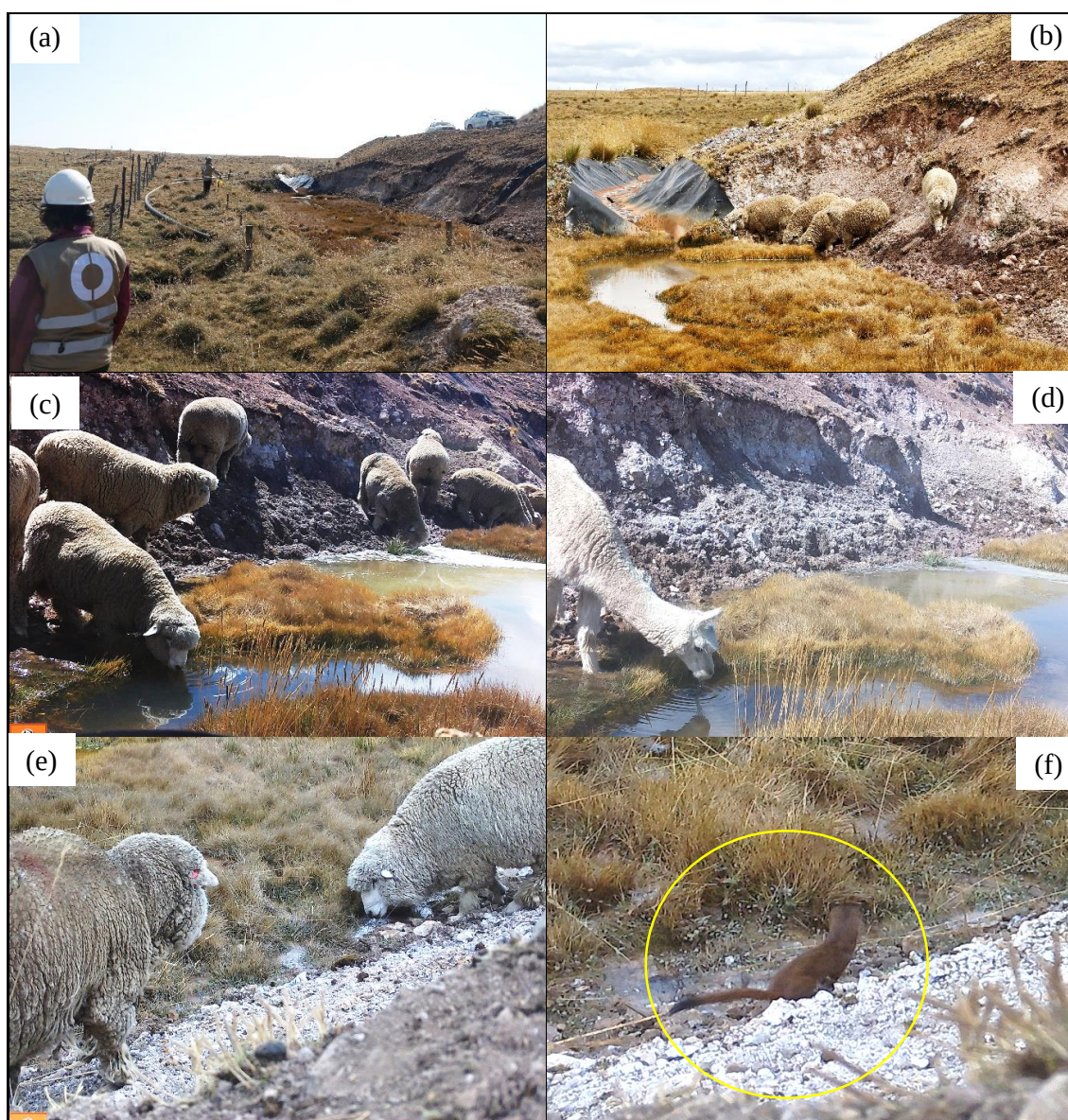


Figura 7.7. a: Poza ubicada en el API-5, b: oveja (*Ovis aries*) registrada en la fase de campo, c: oveja (*Ovis aries*), d: alpaca (*Vicugna pacos*), registrados con la cámara trampa CT-PASCO-04, y e: oveja (*Ovis aries*) y f: comadreja (*Mustela frenata*) registrados con la cámara trampa CT-PASCO-03

De acuerdo con Goede y Bruin (1986) hay 3 diferentes rutas por las que las plumas podrían ser contaminadas por metales pesados: a) por medio de la alimentación, b) por medio del acicalamiento (metales presentes en productos de secreción de la glándula uropigial), y c) por interacción directa con el ambiente. Se han registrado individuos de *Cinclodes albiventris* y *Gallinago andina* forrajeando (buscando alimento) y en contacto directo con el agua residual industrial que no es apta para el consumo de animales (ARI 12), ver Figuras 7.8 y 7.9). Asimismo, las plumas de las aves Quicay_ave_04 y Quicay_ave_05, pertenecientes a la especie *Cinclodes albiventris*, y colectadas en el ARI 12, presentaron trazas de aluminio, cadmio, cobre, hierro, y manganeso (Figura 6.103).

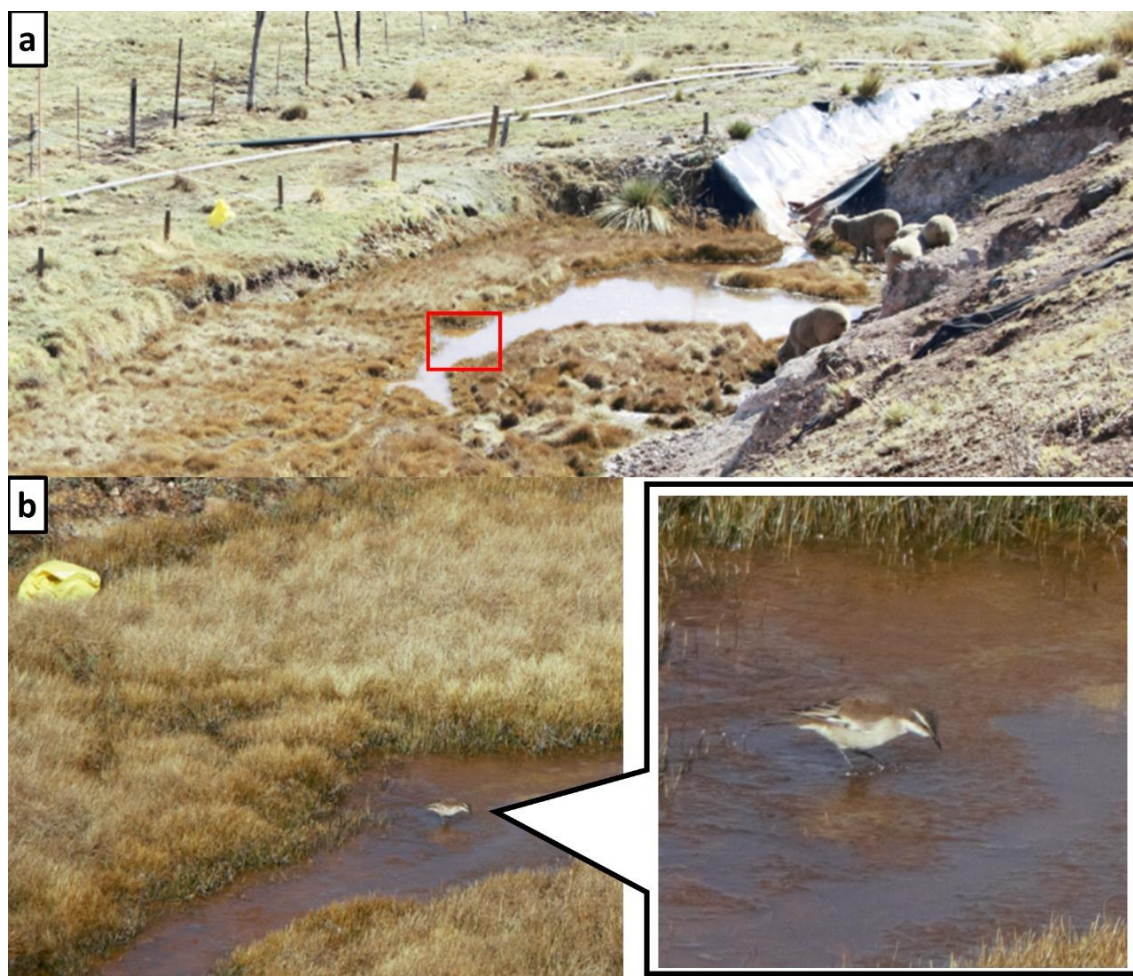


Figura 7.8. a: Imagen panorámica del ARI-12, donde el rectángulo rojo indica la ubicación en el que se observó al individuo de *Cinclodes albiventris* forrajeando, y b: individuo de *Cinclodes albiventris* forrajeando en el ARI-12



Figura 7.9. Individuo de *Gallinago andina* captado con la cámara trampa CT-PASCO-03, forrajeando en el ARI 12

En la zona V (API-5) se halló la mayor abundancia de anfibios, se registraron en total 19 individuos pertenecientes a la especie *Rhinella spinulosa* (familia Bufonidae). En el río Quicay (Rquic6) se registraron 2 adultos y 3 juveniles, las concentraciones de metales halladas en uno de estos individuos (Qui-He-T14) fueron menores a las reportadas en los anfibios colectados en los API 3, 4 y 5; por el contrario, son más afines a las registradas en la zona control, donde no se realizan actividades mineras recientes (Figura 6.99 y Anexo 7). Esto responde al hábitat ocupado por estos individuos, en este punto, la quebrada Quicay (Rquic-6) registró bajas concentraciones de metales que no superaron los valores de los ECA para agua Cat.3-2008.

Se colectó un individuo subadulto muerto hallado en el borde del canal de coronación (Figura 7.10), 80 m aguas abajo de la poza de acumulación de aguas industriales ARI-12, aunque no se puede atribuir la muerte de este individuo a la actividad de la mina, se resalta que las características de estas aguas, con un valor de pH ácido (3,84 unidades) y alta conductividad (1926 $\mu\text{S}/\text{cm}$), tienen efectos negativos en la sobrevivencia de anfibios; valores de pH menores a 4,5 pueden frenar el desarrollo de algunas especies de ranas o en su defecto causar su mortalidad (Freda, 1986; Horne y Dunson, 1994; Sandinsky y Dunson, 1992).



Figura 7.10. *Rhinella spinulosa*, individuo muerto en el borde derecho del canal de coronación, 80 m aguas abajo del ARI-12

Uno de los puntos de suelo donde se registraron las más altas concentraciones de metales, dentro del API-5, fue el punto SU-05 ubicado aproximadamente a 45 m de una poza de sedimentación (ARI-12) que se forma a continuación del canal de coronación sur, donde este descarga su caudal. Dicha poza carece de geomembrana y sus aguas se encuentran en contacto directo con el suelo descubierto. De acuerdo con la imagen RGB, presentada en la Figura 7.11, tomada en sobrevuelo con RPAS sobre el API-5, se constató un curso de agua, seco al momento del muestreo (agosto 2020), que evidenció la ocurrencia de un flujo estacional de agua desde la poza (ARI-12) hacia cotas más bajas dentro del API-5, específicamente hacia el punto de muestreo SU-05.

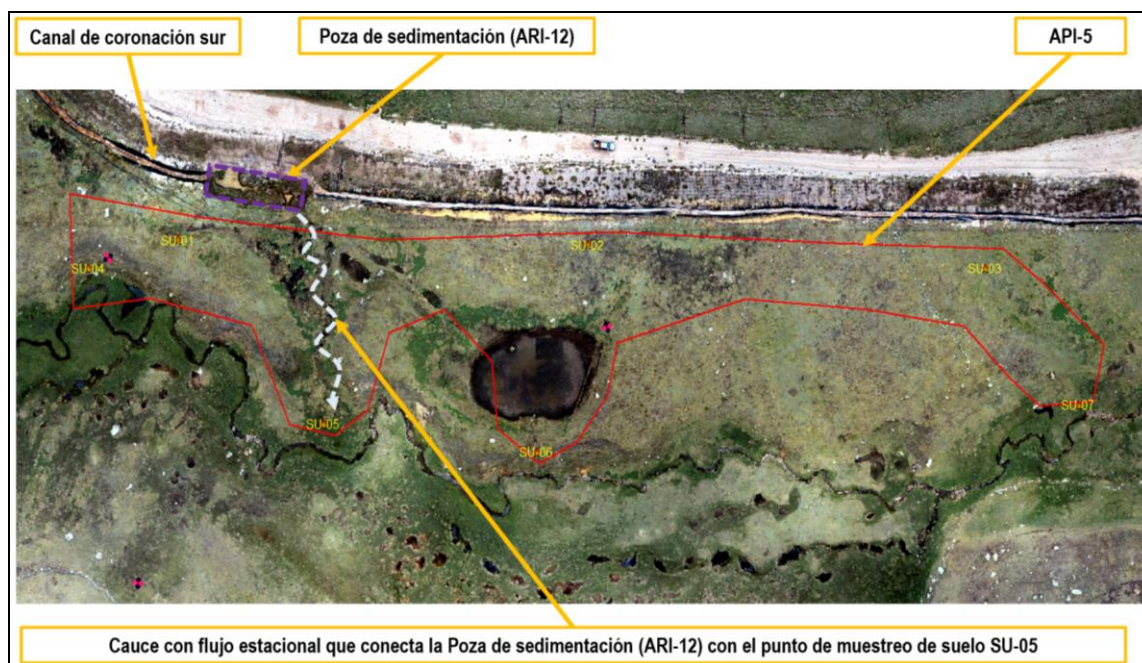


Figura 7.11. Imagen RGB tomado con un drone Phantom 4 Pro V2.0, a una altura de vuelo de 80 m y con una resolución de 7 cm/pixel en el API-5

En el API-5 se identificaron concentraciones significativas de metales en varios puntos de muestreo del área en evaluación. Se registraron concentraciones que superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola correspondientes a los metales As, Cd y Pb. También se compararon los resultados con los niveles de fondo correspondientes, observando excedencias para As, Ba, Fe, Sn, entre otros. Frente a este indicio de contaminación producto de las actividades mineras aledañas, se compararon los resultados con los registrados en el botadero de desmonte y roca, tal como se presenta en la Figura 7.12, en donde podemos apreciar que las concentraciones de metales en roca y el botadero son iguales o menores que las registradas en dicho API.

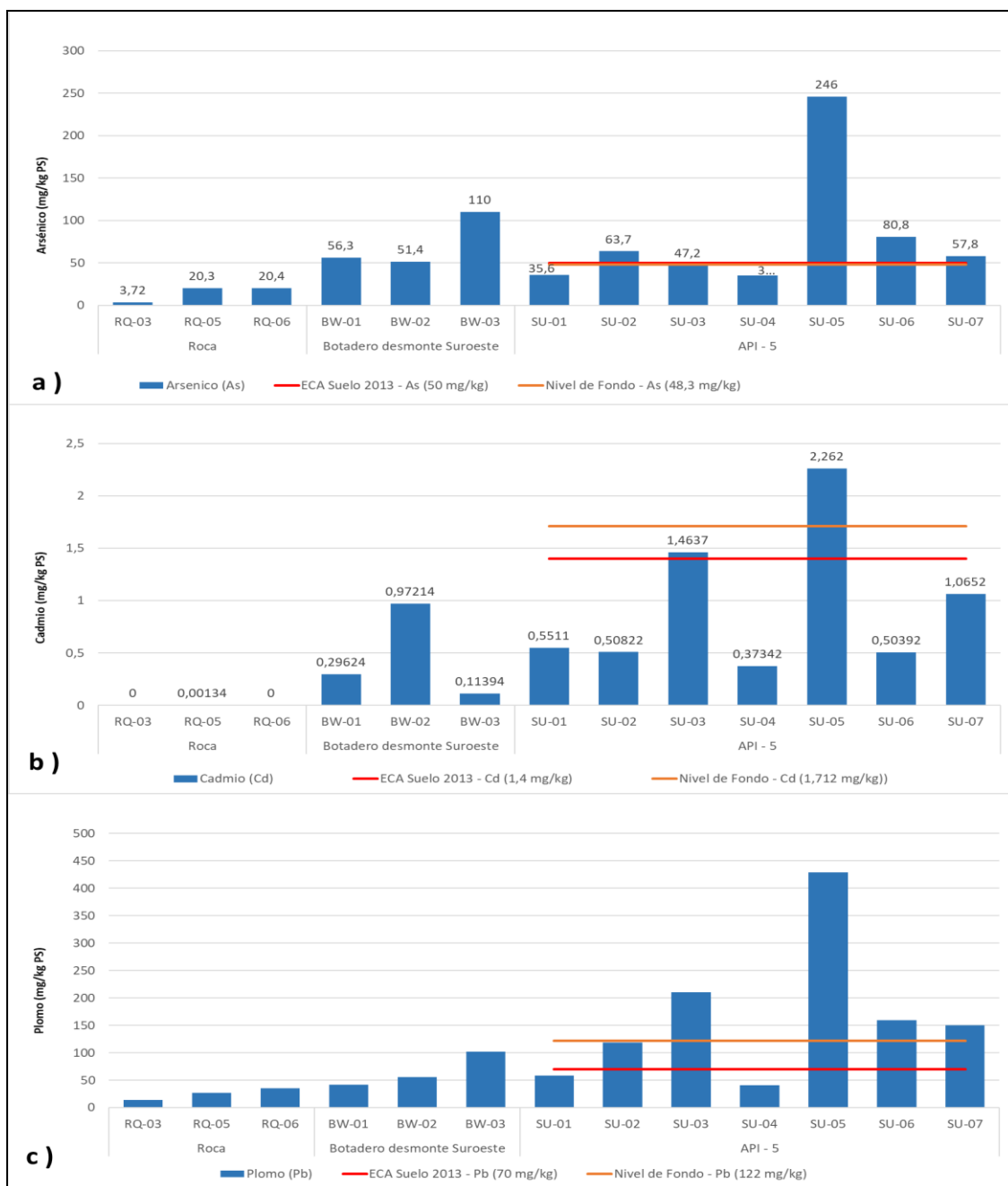


Figura 7.12. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico b) cadmio y c) plomo, en el API-5, botadero de desmonte Suroeste y afloramiento rocoso

Entre todos los puntos de muestreo de suelo del API-5, el punto SU-05 presentó las concentraciones más elevadas, tal como se observa en la Figura 7.13 (caja y bigotes), donde las máximas concentraciones pertenecen a dicho punto; asimismo, muchos de esos valores se encuentran por encima del límite superior del diagrama, indicando anomalías que son un indicio de contaminación propio de actividades antrópicas.

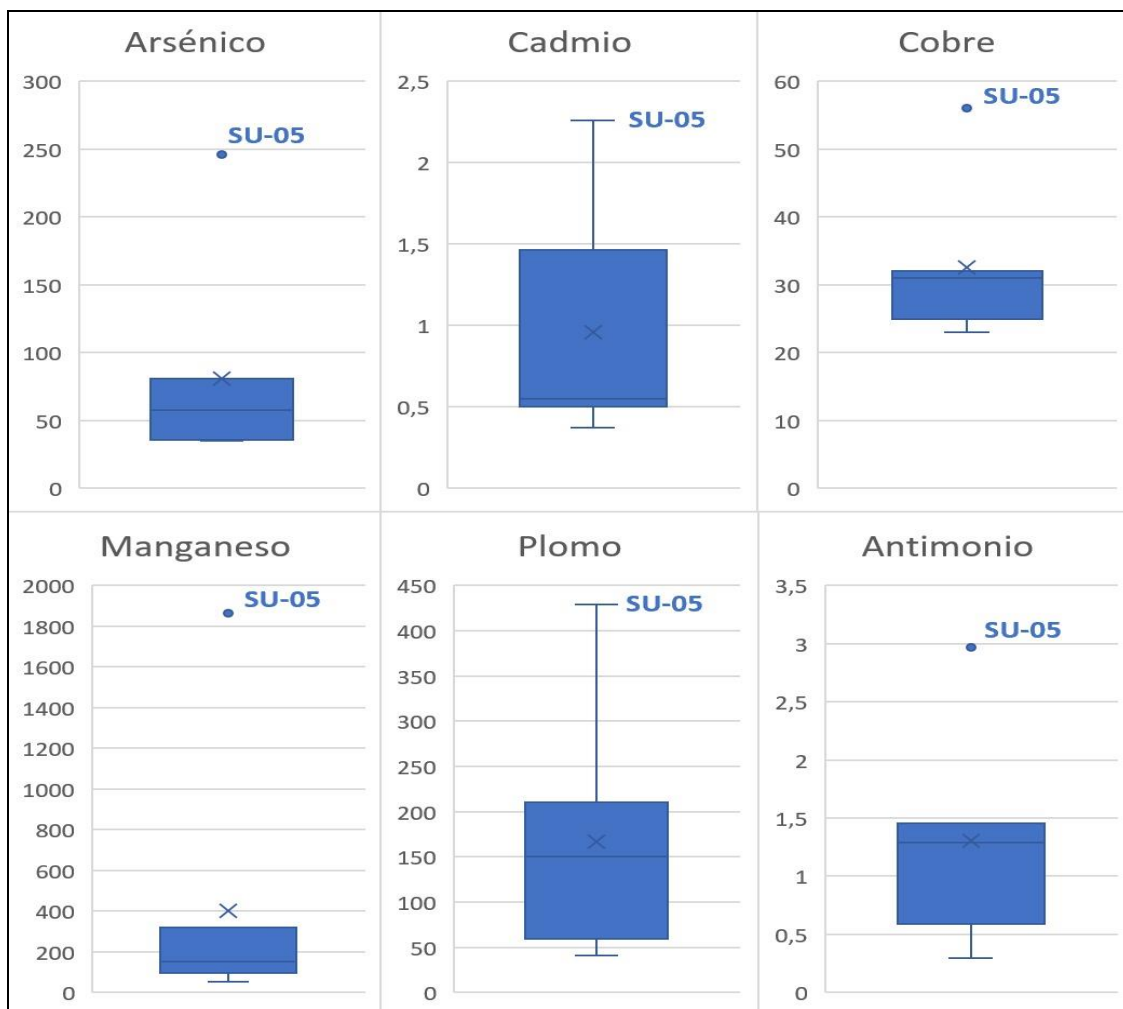


Figura 7.13. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-5

La Figura 7.14 muestra la distribución de las concentraciones de los metales arsénico, cadmio, cobre, manganeso, plomo y antimonio, siendo notorio que las mayores concentraciones de metales se encuentran en el punto SU-05, cuya ubicación está conectada con la poza de sedimentación (ARI-12).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

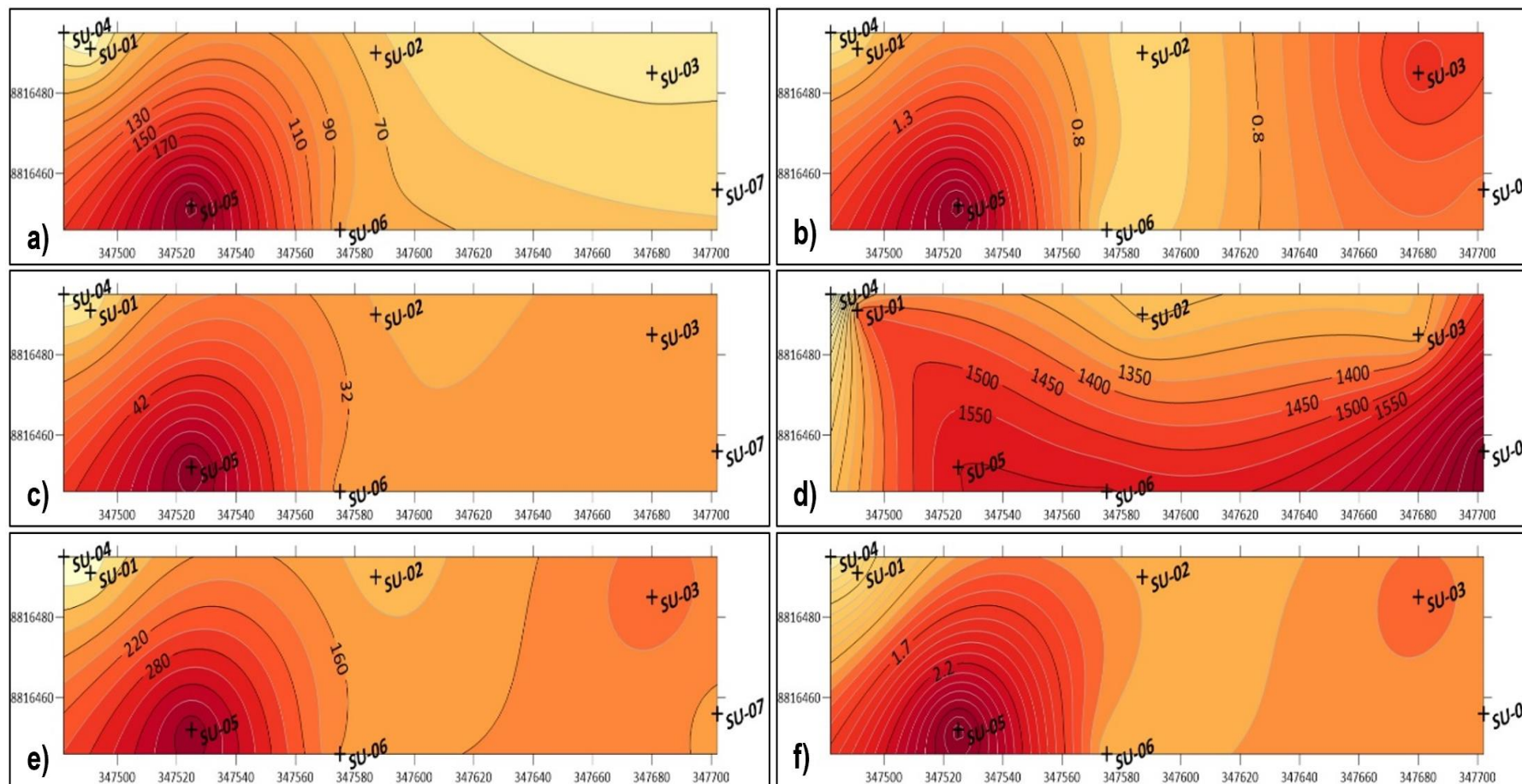


Figura 7.14. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) manganeso, e) plomo y f) antimonio en el API-5

En el API-5 (Figura 7.15), la formación vegetal predominante es el césped de Puna con parches de bofedal donde las especies más abundantes son *Plantago tubulosa*, *Eleocharis albibracteata* y *Calamagrostis* cf. *brevifolia*. En esta API se registró 46 especies y una cobertura vegetal promedio de 84,8 %. Entre las especies registradas se seleccionó a las especies *Calamagrostis* cf. *brevifolia* y *Plantago tubulosa* para el estudio de tejido vegetal.

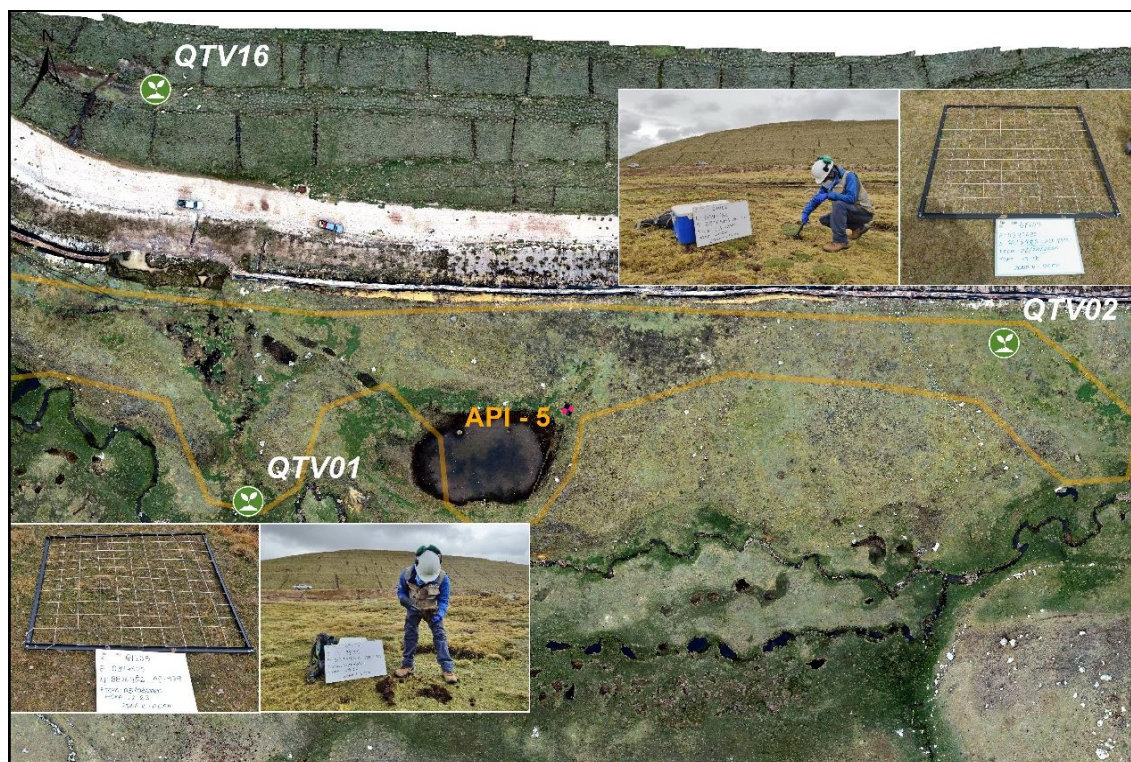


Figura 7.15. Fotografía aérea del API-5, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal

Los resultados obtenidos en las muestras de tejido vegetal en el área de estudio, muestran valores de concentración de metales diferentes entre la raíz y la parte aérea, con concentraciones mucho más elevadas en la raíz (Figura 7.16). Además, se observa una pequeña diferencia entre la carga de metales encontrado entre el sitio control y el API, para arsénico, hierro y plomo.

Para *Plantago tubulosa*, los metales que presentaron mayor diferencia fueron arsénico, hierro y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representan para arsénico un 400 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, y 191 % en plomo. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representan para arsénico un 169 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, y 212 % en plomo.

Respecto a *Calamagrostis* cf. *Brevifolia*, los metales que reportaron mayor diferencia fueron hierro, arsénico y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representan para hierro un 227 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 610 % en arsénico, 202 % en plomo y 136 % en hierro. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representan para arsénico un 227 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 402 % en plomo y 320 % en hierro.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

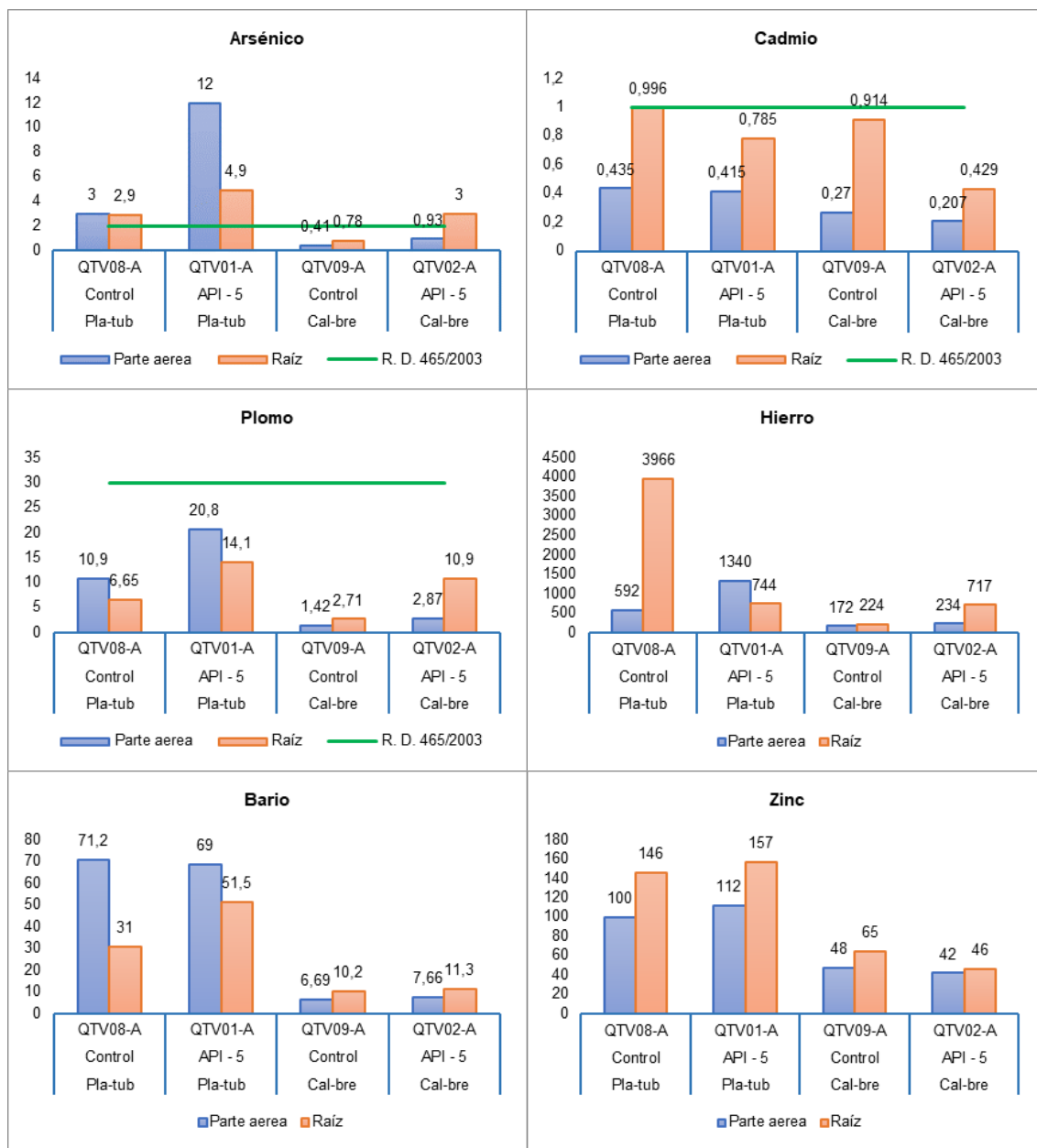


Figura 7.16. Concentración de metales obtenidos en *Plantago tubulosa* y *Calamagrostis cf. brevifolia* del API-5 y sitio control

Las concentraciones obtenidas en las muestras de la parte aérea de *Plantago tubulosa* colectadas en el API superaron, de manera referencial, el contenido máximo del metal arsénico establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española; por otro lado, los valores encontrados en el sitio control no superaron el valor del metal en mención. Siendo la concentración para arsénico de 2,5 mg/kg (punto QTV01) versus 2 mg/kg (valor en el Real Decreto 465/2003).

Además, en la Figura 7.17 se puede observar que las concentraciones de arsénico y plomo del punto QTV01 se encuentran en el rango de los niveles de toxicidad, según Fasani (2012). Esta muestra fue colectada en el punto de suelo SU-05, cuyas concentraciones de arsénico, cadmio y plomo superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola.

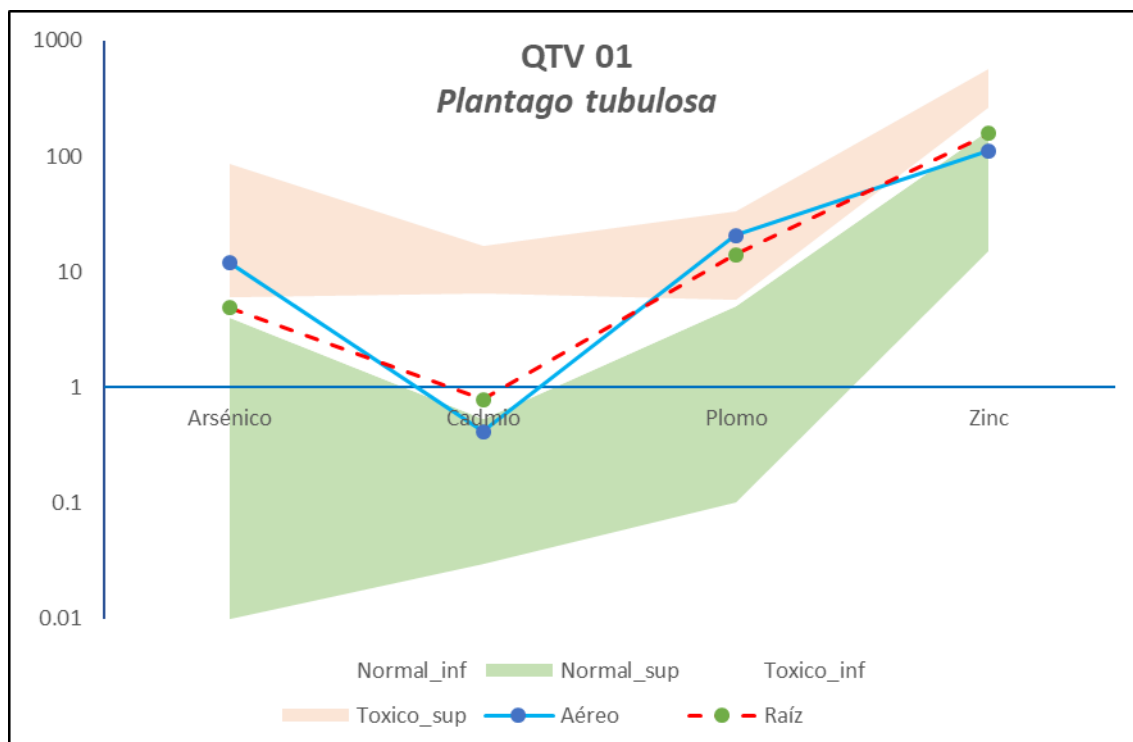


Figura 7.17. Valores en escala logarítmica de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc del punto QTV01, en relación a los niveles normales y de toxicidad según Fasani (2012)

Metales como Hg, Cd, As y Se, son muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de los microorganismos vivos (Llugany *et al.*, 2007). Por lo cual, estas especies (o especies aledañas a los puntos de colecta) en el API podrían ser un potencial peligro, si es consumida por la fauna local.

La muestra Quicay_ave_05 tomada en la zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste superó los límites de toxicidad, referenciales, conocidos para aves en 5 metales (Figura 7.18).

La concentración de plomo fue de 7,19 mg/kg, lo que superó los 4 mg/kg (o 4000 ppb) propuestos por Burger y Gochfeld (1993, 1994, 1995, 2000). El plomo es un metal no esencial que ha sido estudiado como indicador de contaminación. Valores de 4 mg/kg en plumas de aves han sido asociados con retraso en el reconocimiento de los padres y hermanos, alteración de la termorregulación, locomoción, alteración en el comportamiento de alimentación y menor supervivencia de polluelos. Este valor alto de plomo estaría relacionado con lo encontrado en las muestras de suelo en el API-5, zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste, donde las concentraciones de plomo en 5 de las 7 muestras de suelo superaron el valor de los ECA de suelo 2013 y 2017, uso agrícola.

Con respecto al arsénico, existen muchos estudios experimentales donde han evaluado los efectos adversos del arsénico en aves, encontrando efectos reproductivos negativos como decrecimiento de la producción de huevos, menor peso corporal (Chen *et al.*, 2000; Chiou *et al.*, 1997), menor longitud del tarso y ala (Albert *et al.*, 2008), reducción del consumo de alimentos, aumento del tiempo de descanso y reducción en el tiempo utilizado en comportamiento de alerta (Camardese *et al.*, 1990; Chen *et al.*, 2000) y efectos a nivel bioquímico y genético (Geens *et al.*, 2010; Eeva *et al.*, 2006). De acuerdo con Eisler (1988), residuos de 2 a 10 mg/kg en peso fresco de arsénico en hígado y riñones de aves

son considerados elevados; y residuos mayores a 10 mg/kg en peso fresco en hígado y riñones son indicadores de envenenamiento por arsénico (Goede, 1985). Aplicando la proporción de 1:1,4 propuesto por Burger (1993 y 2000) para comparar plumas con hígado, se tendría que, residuos de 1,54 a 7,81 mg/kg en peso seco (1,4 a 7,1 mg/kg en peso fresco) son considerados como elevados para aves; mientras que, valores mayores a 7,81 mg/kg en peso seco (7,1 mg/kg peso fresco) serían indicadores de envenenamiento de arsénico para aves (se muestran los valores referenciales en peso seco debido a que las muestras de la presente EAC han sido procesadas de esa manera). Ambas muestras tomadas en la zona de evaluación aledaña al botadero de desmonte Suroeste, superaron el límite de toxicidad referencial, de 1,54 mg/kg para arsénico, por lo que, se les puede considerar como muestras con elevada concentración de este metaloide, pero no superan el límite de 7,81 mg/kg, que indicaría una severa contaminación (Figura 7.18). Así como ocurre con el plomo, estos valores altos de arsénico estarían relacionados con lo encontrado en las muestras de suelo en el API-5, zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste, donde se ha registrado que las concentraciones de arsénico en 4 de las 7 muestras de suelo superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola; y todas ellas superaron el valor referencial (12 mg/kg) de las *Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental* (CEQG).

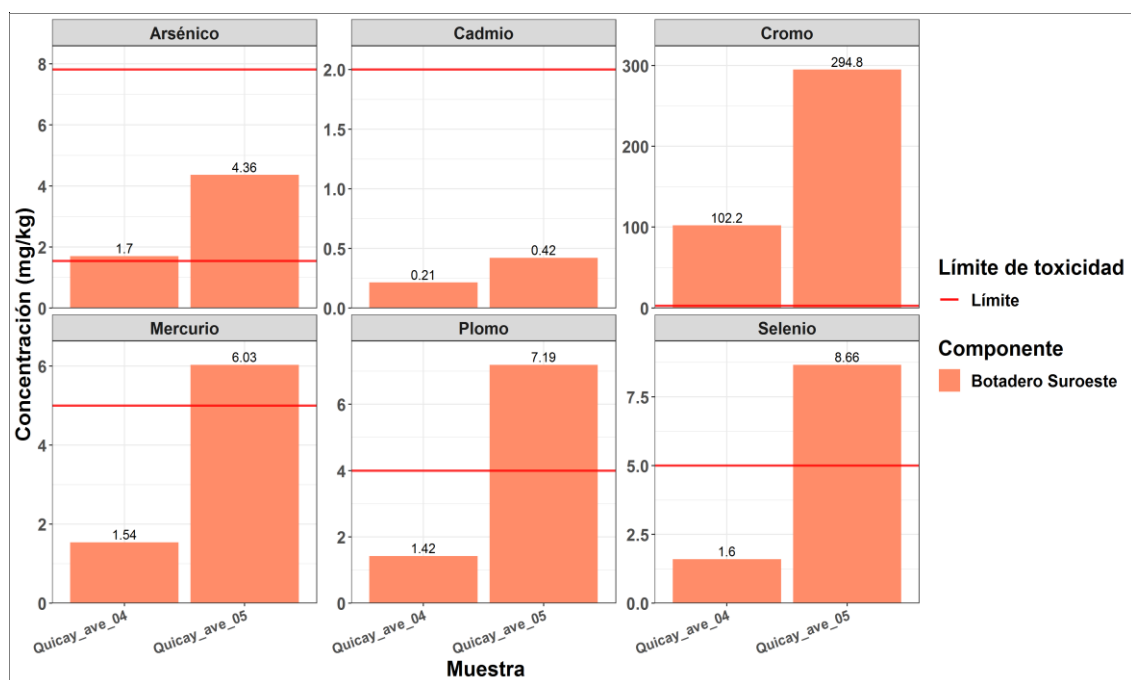


Figura 7.18. Comparación de las concentraciones de metales en plumas de Passeriformes capturados en zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste con los límites de toxicidad referencial para aves

Cromo, es otro de los metales que se registró por encima del límite de toxicidad, referencial, para aves. De acuerdo con Burger y Gochfeld (2000), niveles de 2,8 mg/kg podrían producir efectos subletales en las aves, principalmente en su reproducción (Malik y Zeb, 2009). Ambas muestras tomadas en la zona de evaluación aledañas al botadero de desmonte Suroeste superaron el límite de toxicidad antes mencionado; la muestra Quicay_ave_05 registró 294,8 mg/kg, mientras que la muestra Quicay_ave_04 registró 102,2 mg/kg (Figura 7.18), siendo estos valores los más resaltantes entre todos los metales.



El mercurio, es uno de los metales más estudiados como indicador de contaminación ambiental. De acuerdo con Burger y Gochfeld (2000), niveles de 5000 ppb (5 mg/kg) de mercurio en plumas son asociados con problemas reproductivos, como menor tamaño de puesta de huevos y menor tamaño de huevos, menor tasa de eclosión, disminución de la supervivencia de los polluelos (Eisler, 1987) y disminución general del éxito reproductivo (Furness *et al.*, 1989). La muestra Quicay_ave_05 superó el límite de toxicidad, referencial, registrando un valor de 6,03 mg/kg (Figura 7.18).

Otro de los metales en el que se tiene un valor referencial de toxicidad es el selenio. Ohlendorf y Heinz (2011) refieren como límite de toxicidad de selenio en aves la concentración de 5 mg/kg, en base a estudios realizados por el U.S. DI (1998). Entre los efectos negativos producto de la exposición a selenio se encuentran la pérdida de plumas, lesiones en el integumento y necrosis. La muestra Quicay_ave_05 superó el límite de toxicidad, referencial, registrando una concentración de 8,66 mg/kg (Figura 7.18). Este valor alto de selenio estaría relacionado con lo encontrado en las muestras de suelo en el API-5, zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste, donde se ha registrado que todas las concentraciones de las muestras de suelo superaron el valor referencial (1 mg/kg) de las *Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental* (CEQG).

Entre los metales más peligrosos y tóxicos se encuentra el cadmio. En aves produce deformación de huevos, malfuncionamiento del oviducto, daños en el hígado, retardo en el crecimiento, anemia y daño testicular (Hammons *et al.*, 1978; Scheuhammer, 1987; Burger, 2008). De acuerdo con diversos autores (Eisler, 1985; Burger y Gochfeld, 2000; Copat *et al.*, 2020), la concentración de 2,0 mg/kg (2000 ppb) de cadmio indicaría efectos negativos en aves. Las concentraciones de cadmio no superaron los 2,0 mg/kg (Figura 7.18), a pesar que, en 2 de las 7 muestras de suelo tomadas en la zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste, el cadmio superó el valor de los ECA de suelo 2013 y 2017, uso agrícola, y en el ARI 12, ubicado en la zona de muestreo, el cadmio superó el valor de los ECA para agua Cat.3-2008 (bebida de animales).

Los valores altos de los metales encontrados en las plumas de aves podrían estar relacionados con lo encontrado en las muestras de suelo y tejido vegetal, debido a la bioacumulación de metales, y de cómo estos pasan a través de la cadena trófica. Las aves capturadas se alimentan principalmente de pequeños invertebrados, los cuales bioacumulan metales en diferentes formas, dependiendo si viven bajo tierra, sobre ella, si se alimentan de materia orgánica muerta, si son carnívoros, folívoros, entre otros (Graff *et al.*, 1997; Lukan, 2009). Los invertebrados al estar en contacto con los metales que hay en el suelo y vegetación, pueden traspasar estos metales a las aves, y estas, a su vez, pasarlos a depredadores mayores afectando así a la cadena trófica (Heikens *et al.*, 2001; Gray, 2002; Hoffman *et al.*, 2003; Cheruiyot *et al.*, 2013; Gall *et al.*, 2015). A pesar de que las especies de aves capturadas en el área de estudio no se encuentran en lo alto de la cadena trófica, como las especies piscívoras o rapaces (Burger y Gochfeld, 2009; Lounsbury *et al.*, 2008), los resultados muestran que se puede cuantificar concentraciones de diversos metales en las plumas de estas aves, lo que refleja el potencial de estas y otros Passeriformes como adecuados para identificar contaminación a nivel local (Chao *et al.*, 2003).

En cuanto a los anfibios se registraron 13 individuos juveniles en el ámbito del API-5, ocultos en cursos de agua secos. Las muestras de los individuos de esta localidad (Qui-He-V7) presentaron concentraciones de metales mucho mayores que los reportados en los anfibios del río Quicay (RQuic6), que se encuentra a solo 250 m hacia el oeste, y los



de la zona control (Anexo 7); pero presenta concentraciones menores a las registradas en los anfibios de las API-4 y API-5, siendo compatible con zonas de alta contaminación por metales, como los obtenidos en una zona de minería de carbón (Zocche *et al.*, 2013). Los anfibios absorben contaminantes a través de la piel, que es semipermeable y vascularizada, esto aunado a su baja capacidad de dispersión los convierte en buenos indicadores biológicos de los hábitats que ocupan (Hopkins y Rowe, 2010). El hierro (865 mg/kg), zinc (200,9) y aluminio (136,1 mg/kg) fueron los metales de mayor concentración en los anfibios, al igual que en el suelo (SU-06) donde predominaron el hierro (38491 mg/kg) y el aluminio (23054 mg/kg), si bien la bioacumulación individual de los metales depende del tiempo de exposición, características intrínsecas de los individuos evaluados y más aún de las propiedades y naturaleza química de los contaminantes (Rahman *et al.*, 2012), que el hierro y el aluminio sean los elementos mayoritarios en suelo y el tejido de anfibios indica que dichos elementos están siendo absorbidos del suelo.

Aparte del subadulto hallado en el borde del canal de coronación (Figura 7.10), no se registró otro individuo muerto, las concentraciones de metales halladas en los tejidos no parecen tener efectos tóxicos directos sobre los anfibios; sin embargo, pueden producir efectos subletales. La concentración de hierro (865 mg/kg) registrada en la muestra Qui-He-V7, se encuentra dentro del rango de concentraciones mencionadas por Zocche *et al.* (2013), quienes reportaron mayores frecuencias de daño en el ADN de las ranas *Hypsiboas faber*, procedentes del área de influencia de una mina de carbón en Brasil, cuyas concentraciones de hierro y otros metales en riñón e hígado ($555 \pm 8,3 \mu\text{g/g}$ - $4747 \pm 34 \mu\text{g/g}$). El hierro es un mineral esencial para todos los organismos y cada especie regula su propio metabolismo, sin embargo, el hierro iónico libre es muy reactivo, interviniendo en la generación de radicales libres que pueden ser muy tóxicos (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

7.2. Influencia del botadero de desmonte Sur

En la Figura 7.19 se observa los puntos muestreados del botadero Sur (BS-01, BS-02 y CM-DS2), roca (RQ-03, RQ-06 y RQ-07), agua superficial (RQuic7), agua subterránea (PZ-5 y PZ-9) y agua residual industrial (ARI-01, ARI-03 y ARI-02).

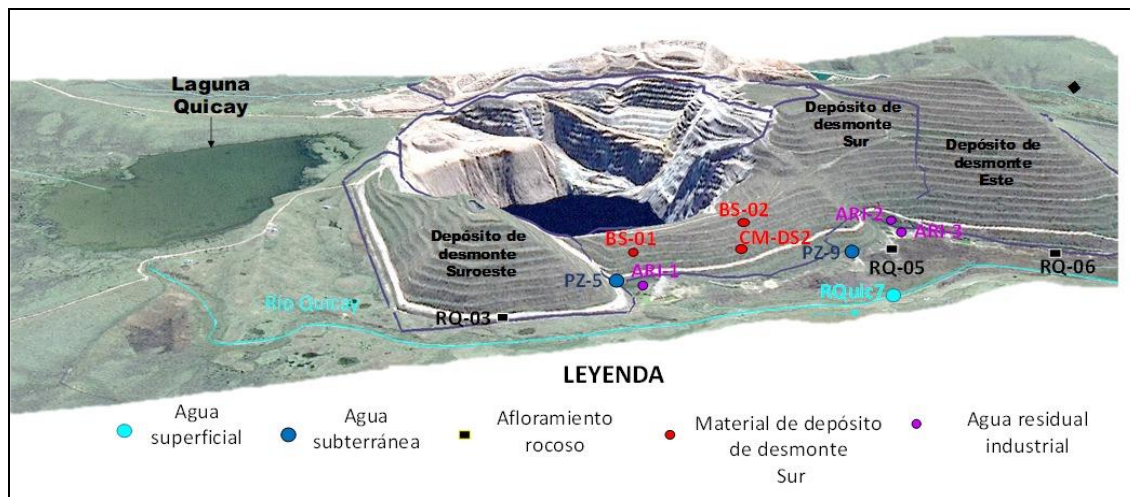


Figura 7.19. Esquema de ubicación de puntos de muestreo en componente minero, roca, agua superficial, agua subterránea y agua residual industrial

En el límite del botadero de desmonte Suroeste y Sur se identificó la poza de sedimentación PS-SUR-01 (ARI-01), que recolecta las aguas de subdrenaje del botadero Suroeste, tal como se visualiza en el mapa de construcción de subdrenes en los componentes, de la Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay (2019), la cual estaría conectada a la poza PS-SUR-02, para finalmente ser llevadas hacia las pozas de tratamiento de la planta NCD conjuntamente con las aguas de los drenes del botadero (Figura 7.20).

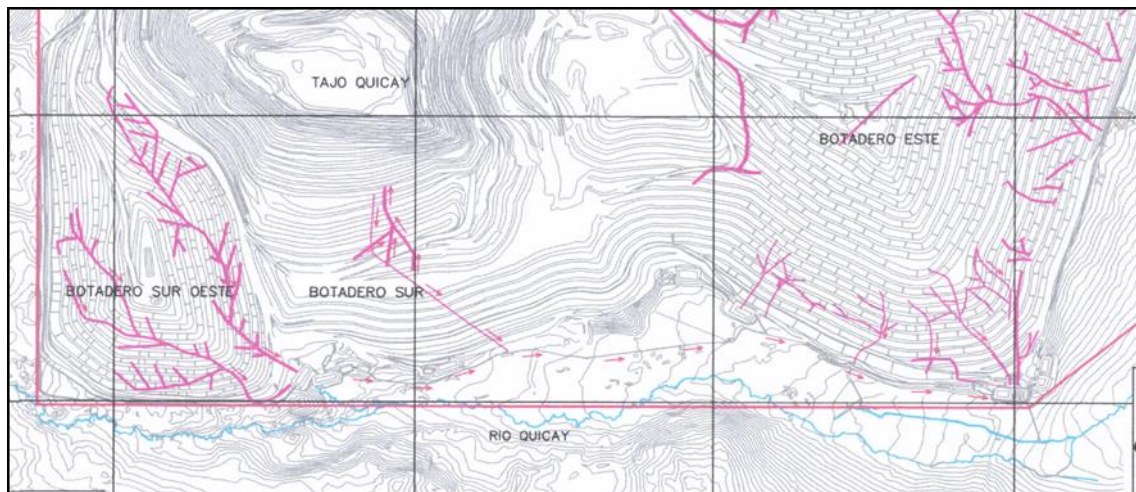


Figura 7.20. Subdrenes de los componentes del área de influencia de la UF Quicay

El instrumento⁴⁰ indica: **«El botadero cuenta con canales de colección y derivación, estas instalaciones conducen las aguas pluviales al canal de coronación en dos direcciones, al lado sur y este en dirección a la planta NCD y lado norte y este a la planta SF-NE1 para ser tratadas y evacuadas»**; tal como se observa en la Figura 7.21. Estas aguas (ARI-01, ARI-03 y ARI-02) presentaron valores de pH ácido (3,73 a 4,76 unidades) y concentraciones de sulfato (1350 a 2712 mg/L), aluminio (9,77 a 45,2 mg/L) y manganeso (1,3594 a 4,6428 mg/L) que superaron o se encuentran fuera del rango, referencialmente, los valores de los ECA para agua Cat.3-2008 (bebida de animales). Siendo el sulfato el más lixiviable que los demás aniones en las muestras BS-01 y BS-02 del material del botadero Sur. Asimismo, en el punto ARI-01 se presentó concentraciones de cadmio (0,05277 mg/L), cobre (1,765 mg/L), hierro (14,0 mg/L) que superaron los valores de los ECA para agua Cat.3-2008. Además de los parámetros mencionados estas aguas presentaron concentraciones de plomo, arsénico, selenio, zinc, entre otros.

Los elementos plomo, arsénico, selenio y zinc se encuentran en la fracción 1 (soluble en agua) y 2 (intercambiable) de acuerdo a las pruebas de Dold, excepto el selenio (que no forma parte de la prueba fisicoquímica).

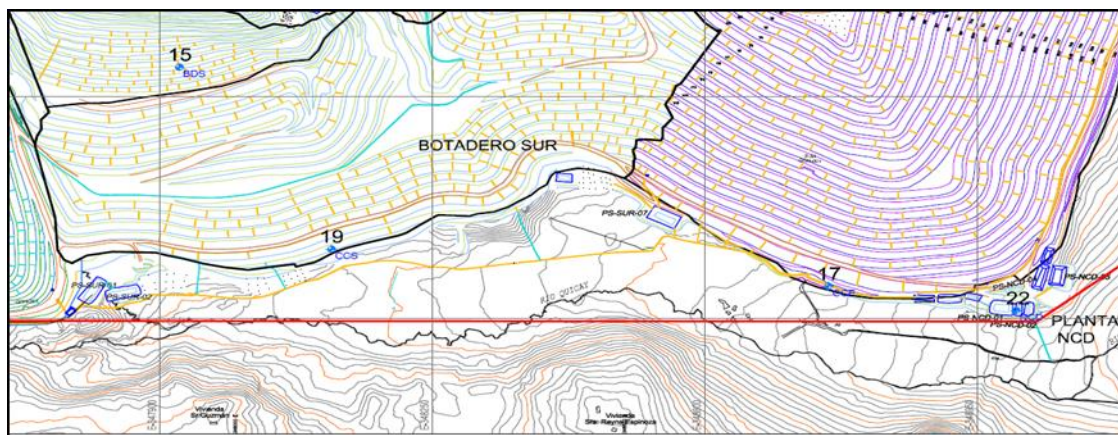


Figura 7.21. Plano de ubicación de las pozas de sedimentación (ARI-01, ARI-03 y ARI-02)

Respecto al análisis hidroquímico se descarta que su origen de los puntos de agua residual industrial (ARI-01, ARI-03 y ARI-02) sea natural, porque presenta característica clorurada cálcica a diferencia de los puntos de agua superficial (RQuic6 y RQuic7) que presentaron características bicarbonatadas cálcicas; así mismo, los puntos PZ-05 y PZ-09 presentaron características sulfatadas cálcicas (Figura 7.22).

⁴⁰

Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay de Corporación Minera Centauro S.A.C., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 228-2019-MEM-DGAAM, el 23 de diciembre de 2019.

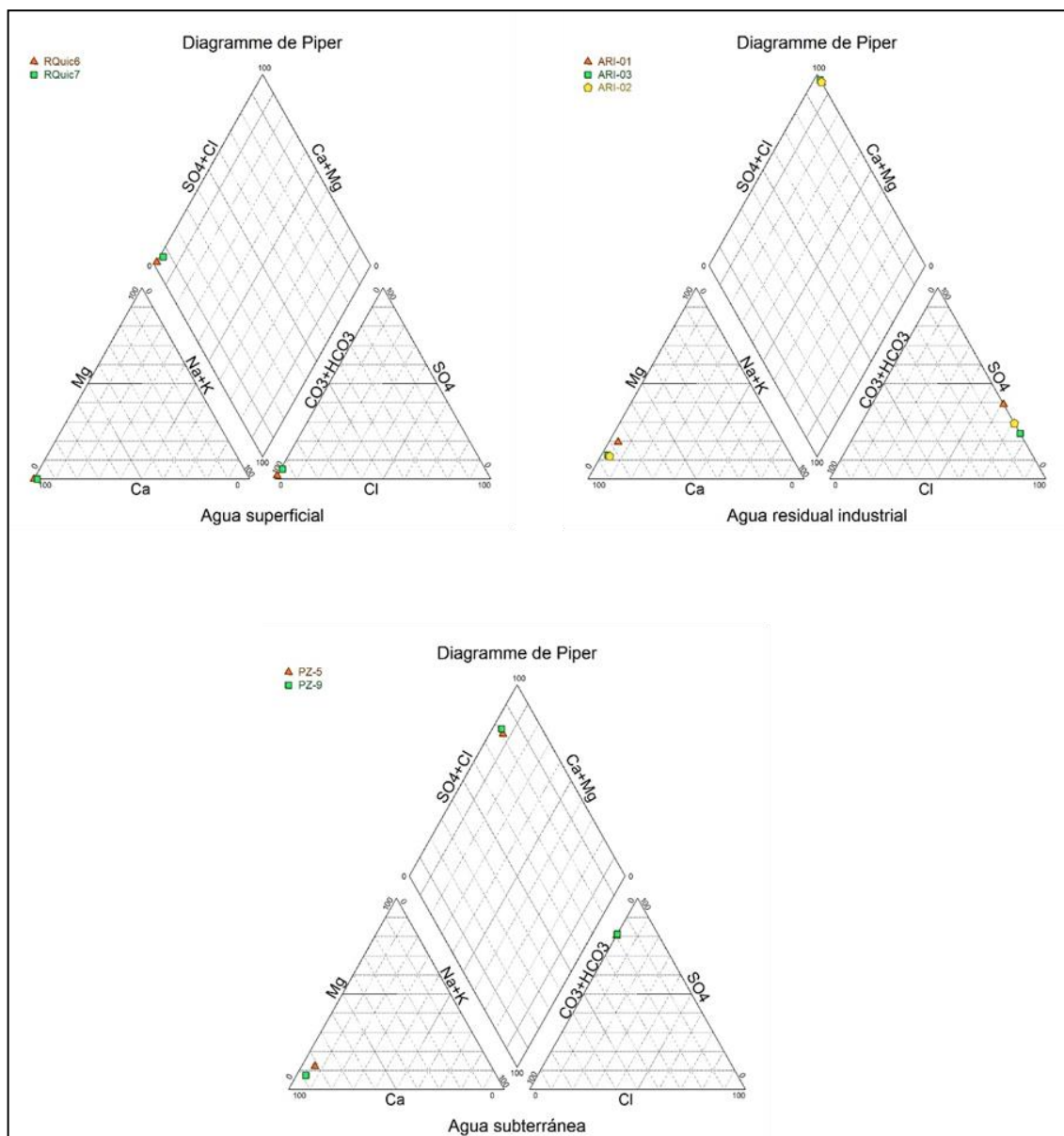


Figura 7.22. Diagrama de Piper de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea

Así mismo, según el diagrama de Stiff, se observó variación en las geometrías de los polígonos de los puntos ARI-01, ARI-03, ARI-02, que presentaron más contenido de sales principales de Ca^{2+} (11,38 Meq/L) y en menor proporción en SO_4^{2-} , para las aguas residuales industriales; mientras que, las aguas subterráneas (PZ-5 y PZ-9) presentaron más concentración de SO_4^{2-} (24,70 Meq/L) y en menor proporción en Ca^{2+} , tal como se observa en la Figura 7.23.

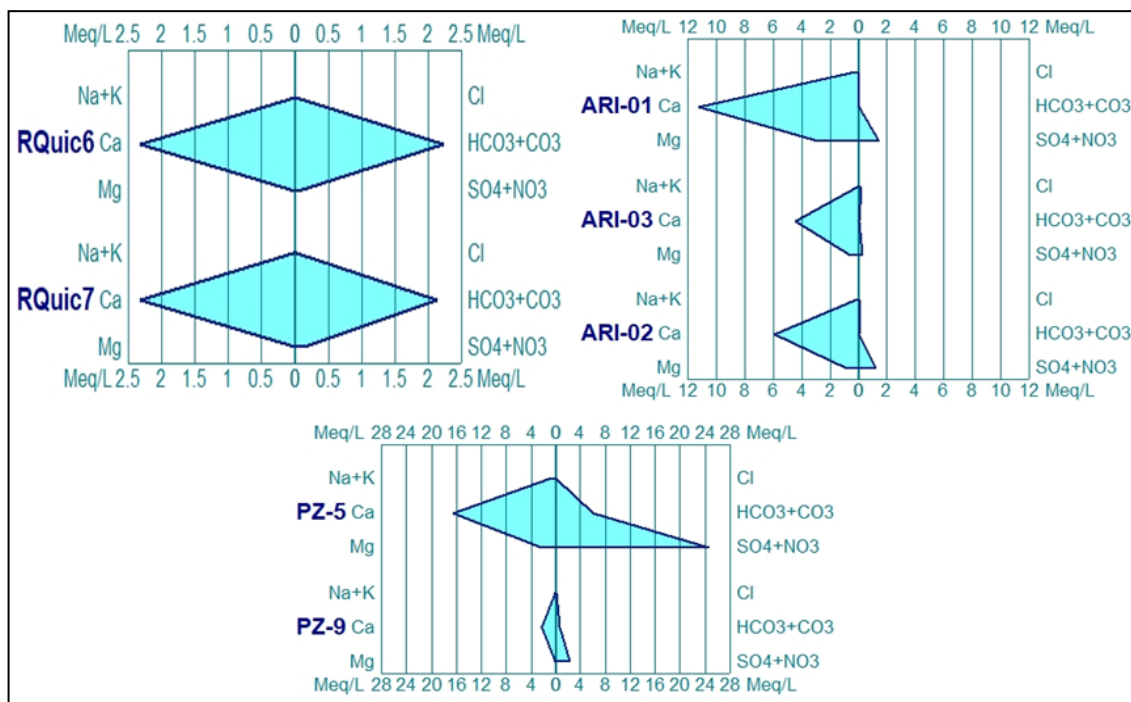


Figura 7.23. Diagrama de Stiff de agua superficial, agua residual industrial y piezómetros

Del estudio de resistividad eléctrica, en la zona A se infiere la existencia de humedad al interior del material (posible lixiviado), el cual fluye en subsuperficie hacia el canal la poza PS-SUR-01 y profundiza por debajo del lecho del mismo. Este flujo que estaría originándose a la altura de la línea L-12, profundiza y se desvía lateralmente, atravesándolo por debajo del lecho de la poza en dirección a la línea L-10 y L-11 en sentido de la pendiente, abarcando una profundidad de hasta 30 metros aproximadamente y un ancho aproximado de 60 metros, con valores de resistividad desde 8 Ohm.m hasta 16 Ohm.m (Figura 7.24).

Según los perfiles de la tomografía de resistividad eléctrica, las líneas L-10, L-11 y L-12 (Figuras 7.24 y 7.25) se determina que el agua subterránea se ve afectada por el botadero Sur. Esto se refleja en las resistividades que presentan la zona A de las secciones (8 a 50 Ohm.m), y los valores de campo obtenidos en el PZ-5 con un valor de pH de 6,98 unidades y conductividades eléctricas de 2126 $\mu\text{S}/\text{cm}$, notando también cierta conexión con el ARI-01.

Se precisa que los valores de 8 a 17 Ohm.m en esta zona, correspondería a cuaternario con lixiviados y soluciones diluidas de sales mineralizadas, usualmente estos presentan valores de resistividades menores a 15 Ohm.m (Reynolds, 2011; Gasulla, 1999), como se muestra en las secciones y la vista 3D (Figuras 7.24 y 7.25).

Por otra parte, la zona B presentó resistividades de 51 a 190 Ohm.m asociado a depósitos cuaternarios con menor grado de saturación de agua, y la zona C de 191 a 521 Ohm.m correspondería a material del botadero de desmonte compacto en la L-12, y a rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita) en la L-11 y L-10, las cuales están asociadas al contexto geológico del área de estudio.

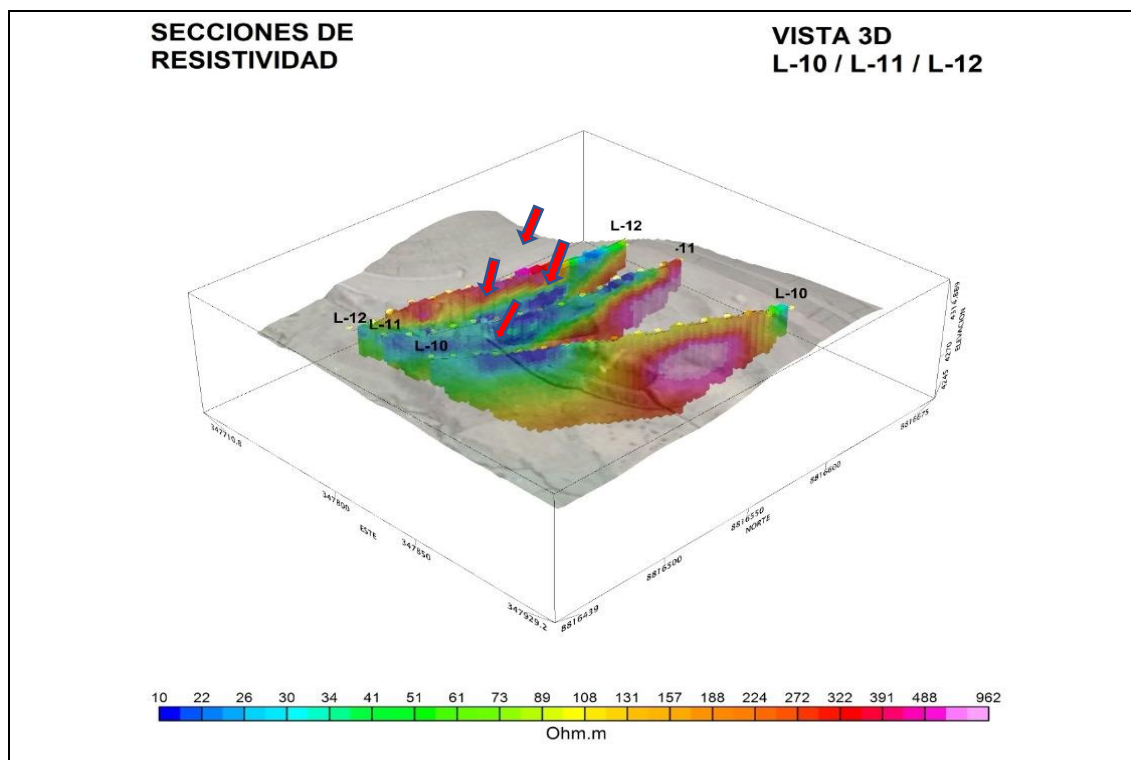


Figura 7.24. Líneas tomográficas L-10, L-11 y L-12 en 3D



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

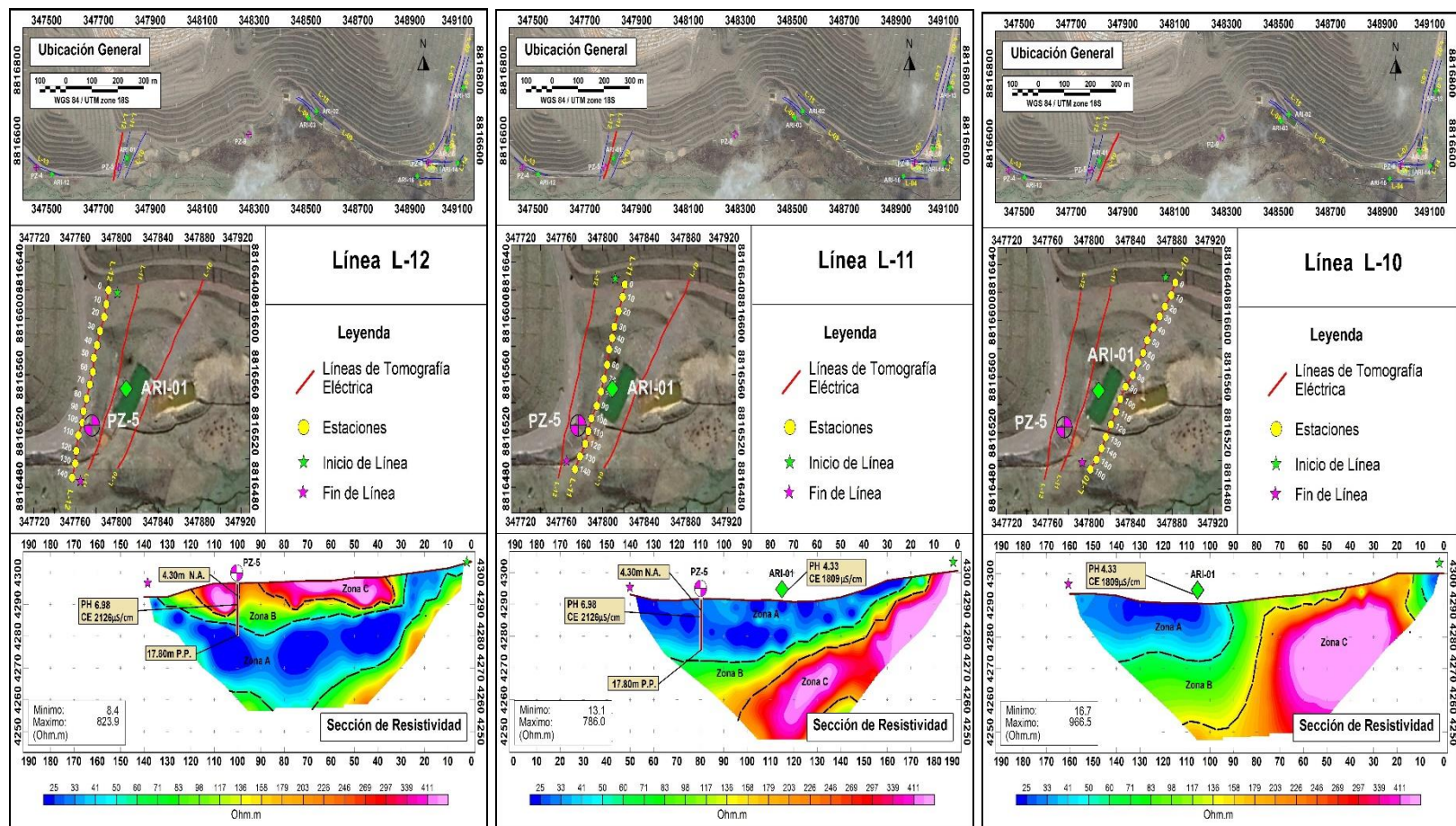


Figura 7.25. Líneas tomográficas (L-12, L-11 y L-10)

En el río Quicay (RQuic7) se registró un metamorfo muerto (estadio de desarrollo 44) y al menos 15 renacuajos vivos (estadio larval 36) de la «rana gigante de Junín» *Telmatobius macrostomus* (Figura 7.26), con este registro se extiende aproximadamente 28 km al norte su rango de distribución actual conocido, encontrándose aún dentro de su «rango de distribución potencial» según la IUCN (2020). En el departamento Pasco, se tienen registros antiguos de la presencia de *T. macrostomus* en las lagunas Huaroncocha, Alcacocha y Punrum, en esta última se reportaron hasta 54 individuos (Sinsch, 1990); la localidad de Quicay constituye el registro más reciente de esta especie en este mismo departamento.



Figura 7.26. Especímenes de *Telmatobius macrostomus* registrados en el río Quicay. A) Metamorfo muerto (estadio desarrollo 44), B) Larva (estadio desarrollo 36), y C) Transecto de evaluación Qui-He-T2 (RQuic7)

El punto RQuic7 presentó un valor de pH alcalino de 7,67 unidades y una conductividad baja de 242 $\mu\text{S}/\text{cm}$, características adecuadas para la presencia de *Telmatobius macrostomus*, cuya probabilidad de ocupación en el departamento Junín estuvo asociada a cuerpos de agua con un valor de pH alcalino de 8,38 unidades ($\pm 0,52$) y una conductividad de 378 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\pm 95,64$), según Watson *et al.* (2017a). Igualmente, el agua superficial no superó ninguno de los parámetros considerados en los valores de los ECA para Agua Cat.3-2008. Sin embargo, las muestras de tejido analizadas presentaron concentraciones de metales mucho mayores a las registradas en otros anfibios hallados en

el río Quicay, *Rhinella spinulosa* en el punto RQuic6 y *Pleurodema marmoratum* en el punto RQ-2, que atraviesan por una fase larvaria acuática y un estadio adulto terrestre (Tabla 6.56).

Similar ocurre cuando se compara la concentración de metales obtenidos durante esta evaluación, con los obtenidos por Castillo (2008), que obtuvo concentraciones mucho menores de arsénico, cadmio, cobre, hierro, mercurio y plomo en tejidos de *Telmatobius macrostomus* (antes denominado *Batrachophrynus macrostomus*), colectados en Upamayo, la cuenca principal del lago Chinchaycocha y la laguna Rucuscocha en el departamento Junín (Tabla 7.1). Al comparar cada uno de los elementos, es evidente que el hierro es el que presenta mayor diferencia, con un valor promedio de 723,2 mg/kg, es aproximadamente 30 veces mayor que el promedio de los valores hallados en las otras 3 localidades evaluadas por Castillo (2008). El cobre y arsénico también presentaron diferencias importantes, particularmente el arsénico que casi ni fue detectado en las muestras del 2008. Finalmente, el cadmio y mercurio presentan bajas concentraciones en la presente EAC, pero de igual forma superan las concentraciones registradas por Castillo (2008).

Tabla 7.1. Comparación de la concentración de metales registrados en la UF Quicay por la presente evaluación versus las obtenidas del Upamayo, lago Chinchaycocha y la laguna Rucuscocha (Castillo, 2008)

Parámetros	EAC UF Quicay	Castillo (2008)		
	UF Quicay* (n = 1)	Upamayo (n = 10)	Chinchaycocha (n = 8)	Rucuscocha (n = 9)
As	13,423	0,0105 ± 0,01	0,0731 ± 0,12	0,0153 ± 0,02
Cd	1,843	0,0047 ± 0,01	0,0118 ± 0,02	0,0015 ± 0
Cu	64,85	5,48 ± 4,66	4,4511 ± 3,69	8,8707 ± 9,43
Fe	723,2	28,3554 ± 19,01	21,0679 ± 11,14	19,2154 ± 13,08
Hg	1,353	0,0020 ± 0	0,0103 ± 0,02	0,006 ± 0
Pb	1,063	0,0082 ± 0,01	0,0203 ± 0,03	0,011 ± 0

*: Se compara solo la muestra del metamorfo estadio 44 (Qui-He-V14)

n: Número de muestras

En estadio metamórfico, *T. macrostomus* acumuló menores concentraciones de metales, en comparación con los renacuajos. El litio, manganeso, estaño y aluminio fueron los elementos que presentaron mayores diferencias, siendo 571, 245, 221 y 218 veces mayor en estadio larval respectivamente. Estas diferencias son usuales, los renacuajos (larvas) tienden a acumular mayor concentración de metales que los adultos debido a sus hábitos de alimentación y al tiempo que pasan forrajeando en los sedimentos (Ficken y Byrne, 2012; Sparling y Lowe, 1996; Smalling *et al.*, 2019). Los adultos de *Telmatobius macrostomus* se alimentan principalmente de caracoles, macroinvertebrados y peces del género *Orestias* (Ayala, 1997; Watson *et al.*, 2017b), no se alimentan directamente del sedimento, por lo que acumularían menor concentración de metales.

Durante esta evaluación no se analizó la concentración de metales en sedimento en el punto RQuic7, por no presentar el sustrato necesario, pero tomando como referencia el promedio de los valores registrados en los puntos RQ-1 y RQ-2 obtenidos en la línea base física del 2010⁴¹ se puede observar que, al igual que en los anfibios, los elementos mayoritarios fueron el hierro, aluminio, manganeso y zinc, indicando que están relacionados (Tabla 7.2). Identificándose el sedimento como principal fuente de

⁴¹

Anexo LBF-01, Informe de monitoreo ambiental Chancadora Centauro S.A.C Unidad Minera Quicay, abril 2010 (Ensayo de laboratorio: CIMM PERU S.A. N° ABR 1004.R10)

contaminación de metales, para *Telmatobius macrostomus*, siendo los renacuajos los que están más expuestos a este tipo de contaminación debido a sus hábitos de comportamiento y alimentación.

Tabla 7.2. Concentración de metales en sedimento del río Quicay y en la rana *Telmatobius macrostomus*

Parámetros	Sedimento (2010)	Anfibios	
	RQ1-RQ2*	<i>T. macrostomus</i> Larva (Qui-He-T2)	<i>T. macrostomus</i> Metamorfo (Qui-He-V14)
Al	17 637 (12 359 – 22 915)	28 510	130,2
As	34,5 (21 -48)	49,84	13,423
Ba	131 (117 – 145)	209,9	14,38
Cd	3 (<1 – 3)	7,19	1,843
Co	21,5 (8 – 35)	15,32	1,677
Cr	130,5 (141 – 120)	20,51	18,33
Cu	92,25 (26,5 – 158)	263,9	64,85
Fe	29 773 (15 327 – 44 219)	18 275	
Hg	<LD	1,927	1,353
Li	---	176,9	0,3099
Mn	472,5 (602 – 343)	1 921	7,816
Na	---	28 398	3063
Ni	15,5 (14 – 17)	9,506	1,107
Pb	63,5 (88 – 39)	65,12	1,063
Sb	<LD	1,149	0,4342
Se	---	6,51	4,362
Sn	<LD	176,9	0,799
Sr	68,4 (81,4 - 55,4)	135,3	12,96
Zn	135,05 (96,1 – 174)	266,7	159,1

* Promedio de concentración de metales en sedimentos de los puntos RQ-1 y RQ-2 de la Línea Base Física – LBF (2010), entre paréntesis se indican los rangos de valores (RQ-1 – RQ -2)

< LD: Metal no alcanzó el límite de detección. (---): metal no evaluado

Valores que superan los valores ISQG y PEL de la Guía Canadiense (CEQG)

Valores que superan los valores ISQG de la Guía Canadiense (CEQG)

Las concentraciones de metales en el agua no alcanzan niveles letales para la sobrevivencia de los renacuajos, al menos para el plomo ($10 \mu\text{g/L}^{-1}$), mercurio ($<15 \mu\text{g/L}^{-1}$) y cadmio ($<125 \mu\text{g/L}^{-1}$), según los valores LC_{50} determinados por Iannacone y Manyari (2003). Sin embargo, los sedimentos en el río Quicay superaron los valores referenciales PEL de la guía canadiense para arsénico y cadmio en los 2 puntos (RQ-1 y RQ-2) y para cobre en el punto RQ-2 (Tabla 7.2), indicando que las concentraciones halladas están asociadas a efectos biológicos adversos (MacDonald *et al.*, 2000). No se han determinado niveles tóxicos para la exposición de metales en anfibios, especialmente aquellos atrapados en sedimentos, sin embargo, las altas concentraciones halladas, ya sea individualmente o en sinergia, pueden producir efectos subletales causadas por una exposición crónica. Por ejemplo, el plomo que alcanzó una concentración de 65,12 mg/kg en la muestra Qui-He-T2, se encuentra por encima de los 61 mg/kg, concentración a la



cual se evidenciaron deformidades que afectan el sistema esquelético incluso después de terminada la metamorfosis en larvas de la especie *Rana sphenoccephata* (Sparling *et al.*, 2006). Igualmente, las concentraciones de arsénico (49,84 mg/kg) sobrepasan los $0,39 \pm 0,30$ mg/kg, en los que se detectaron aberraciones cromosómicas en *H. rugulosus* (Suttichaiya *et al.*, 2016). Por ello no se descarta que las altas concentraciones de metales registradas pudieran tener un efecto sobre el metamorfo hallado muerto (Qui-He-V14).

Si bien no se registraron anfibios en monitoreos anteriores, la diversidad hallada durante la presente evaluación, no puede atribuirse a las acciones de rehabilitación y remediación llevadas a cabo por la UF Quicay, en cambio responden a un mayor esfuerzo de muestreo realizado (Figura 6.92), así como a la aplicación de metodologías específicas para la evaluación de anfibios y reptiles, recomendadas en la guía de inventario de fauna silvestre del Minam (2015); particularmente respecto a *Telmatobius macrostomus*, para el cual se recomienda realizar búsquedas intensivas en transectos de 100 m enfocadas en hábitats acuáticos, ya que debido a su coloración críptica y comportamiento elusivo, es difícil registrarlas durante la realización de VES (Watson *et al.*, 2017, Catenazzi *et al.*, 2013).

Aunque no se puede determinar una afectación en base a los cambios de abundancia de esta especie, debido a que no se cuentan con datos históricos, las concentraciones de metales halladas en tejidos que son mayores a las obtenidas en el ámbito del lago Chinchaycocha (Castillo 2008), donde no se realiza actividad minera; indican que esta especie está expuesta a cierto tipo de afectación por la UF Quicay. Más aún, considerando su baja frecuencia, poca variabilidad en el estadio de desarrollo de las larvas y que no se detectaron individuos adultos reproductores, que indican que la abundancia de esta especie está disminuyendo en el ámbito de esa unidad fiscalizable, lo que coincide con la percepción de los pobladores que indicaron que en los últimos años es más difícil encontrar individuos de esta especie.

La «rana gigante de Junín» *Telmatobius macrostomus*, es una especie protegida por el Estado considerada como una especie en peligro (EN), según el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI; por ello, es necesario implementar un plan de manejo y monitoreo para determinar su estado poblacional actual y mitigar los impactos producidos por las actividades realizadas en el ámbito de la UF Quicay.

Respecto a la calidad del suelo en el API-3 se identificaron concentraciones significativas de metales en varios puntos de muestreo del área en evaluación. Se registraron concentraciones que superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola correspondientes a los metales As, Cd y Pb. También se compararon los resultados con los niveles de fondo correspondientes, observando excedencias con los mismos metales y Sb, Cu, Fe, entre otros. Frente a este indicio de contaminación producto de las actividades mineras aledañas, se compararon los resultados con los registrados en el botadero de desmonte y roca, tal como se presenta en la Figura 7.27, en donde podemos apreciar que las concentraciones de metales en roca y el botadero son iguales o menores que las registradas en dicho API.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

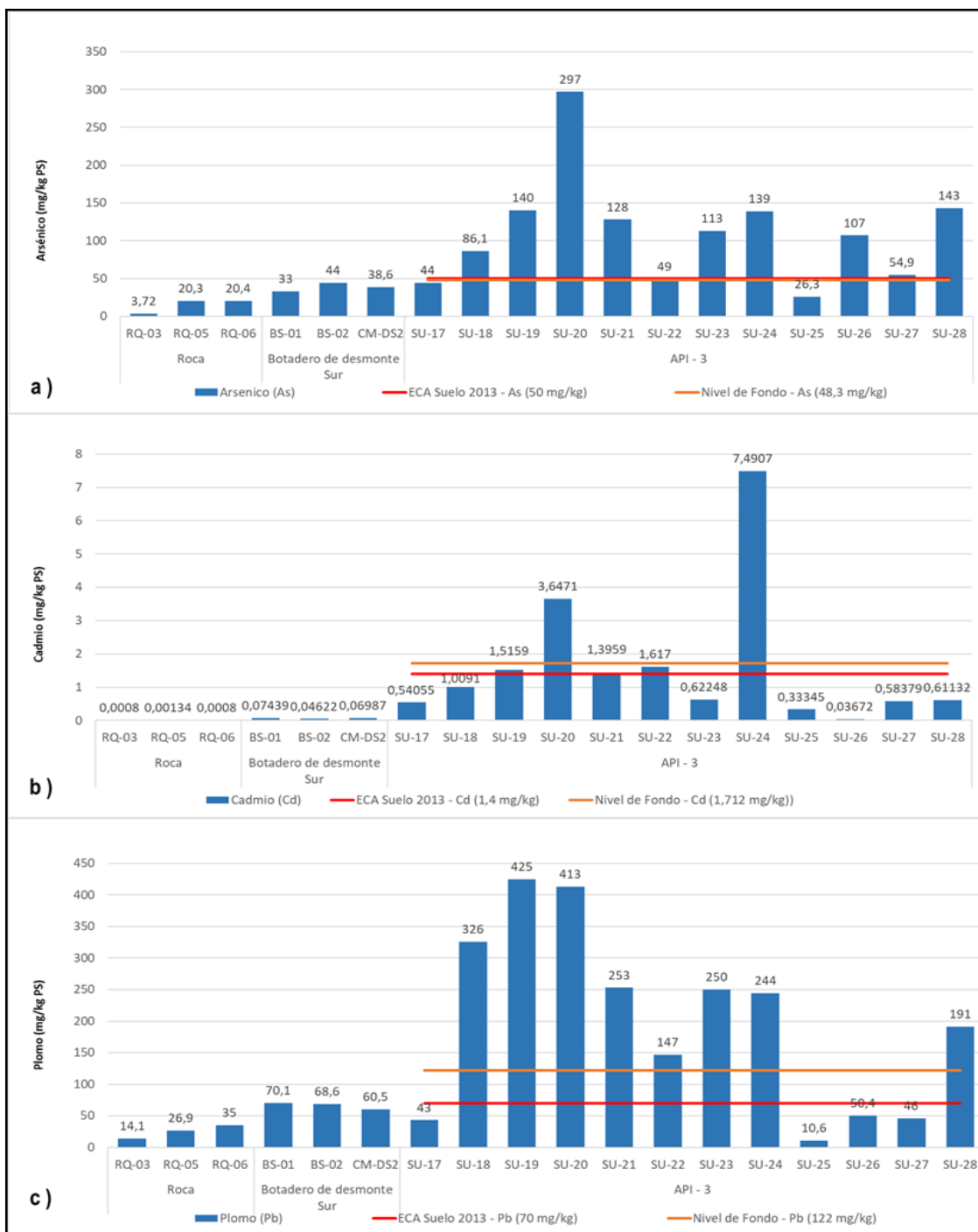


Figura 7.27. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-3, botadero de desmonte Sur y afloramiento rocoso

En el API-3 se presentaron concentraciones anómalas en 3 puntos de muestreo: SU-20, SU-24 y SU-17, tal como se observa en la Figura 7.28 (caja y bigotes) donde se aprecia que dichas concentraciones se encuentran por encima del límite superior del diagrama lo cual podría corresponder a contaminación ajena al lugar.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

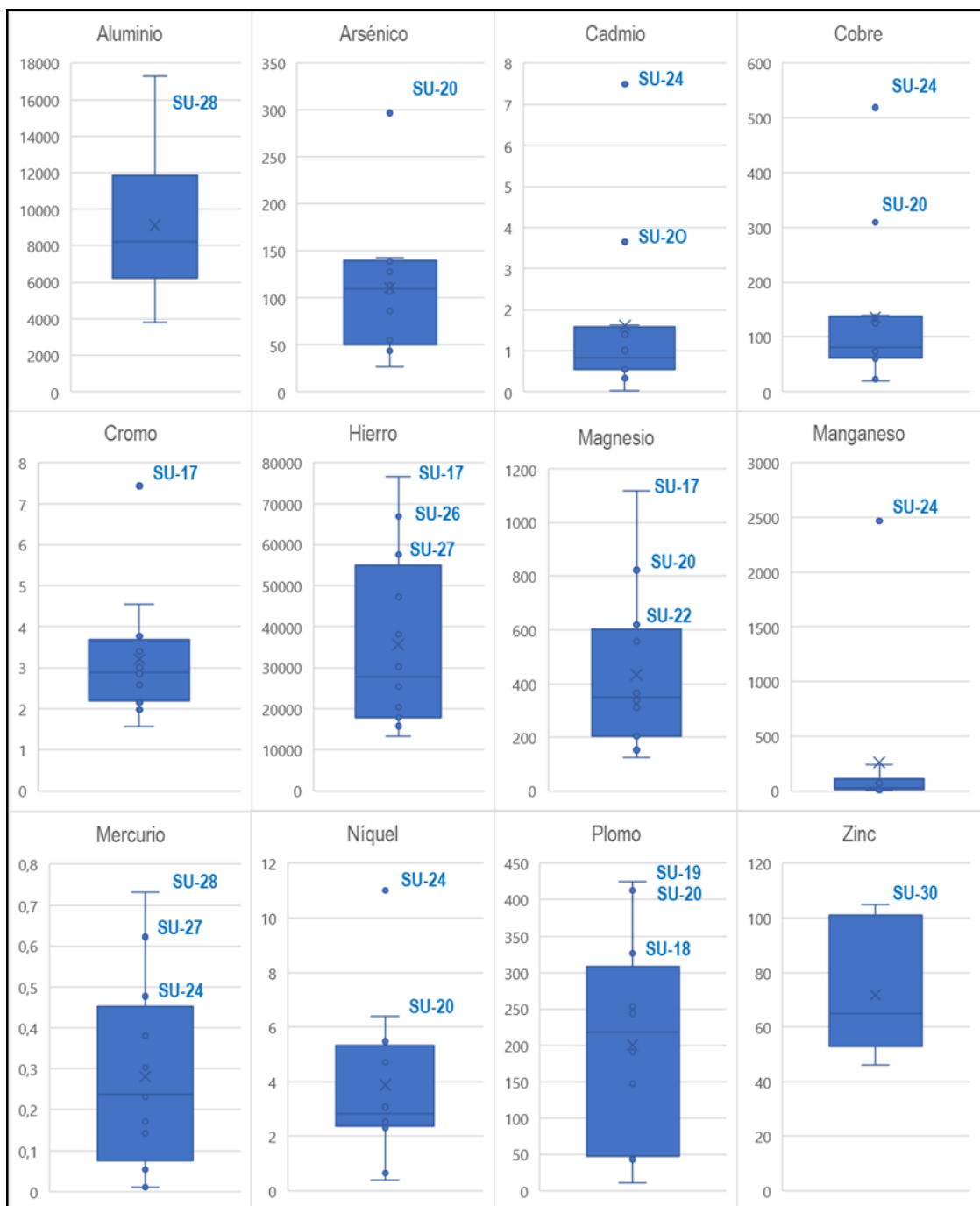


Figura 7.28. Diagrama de cajas y bigote de de concentraciones de metales totales en el API-3

La Figura 7.29 muestra las distribuciones de las concentraciones de los metales arsénico, cadmio, cobre, cromo, níquel y plomo. Se puede observar que las mayores concentraciones de elementos se encuentran alrededor del punto SU-24 para los elementos cadmio, cobre y níquel, cuya ubicación está relacionada con la poza PS-SUR-07 (ARI-02), la cual colecta aguas de subdrenaje del depósito de desmonte Sur y Este y las filtraciones registradas en la base del límite de los botaderos Sur y Este (ARI-03); mientras que el punto SU-20 presentó más concentraciones de los elementos arsénico y plomo. No se descarta la posibilidad que, en caso de reboses, el agua de esta poza discurra hacia el API-3, y en especial hacia el punto de muestreo SU-24 a través de los cauces secos observados en campo (Figura 7.30).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

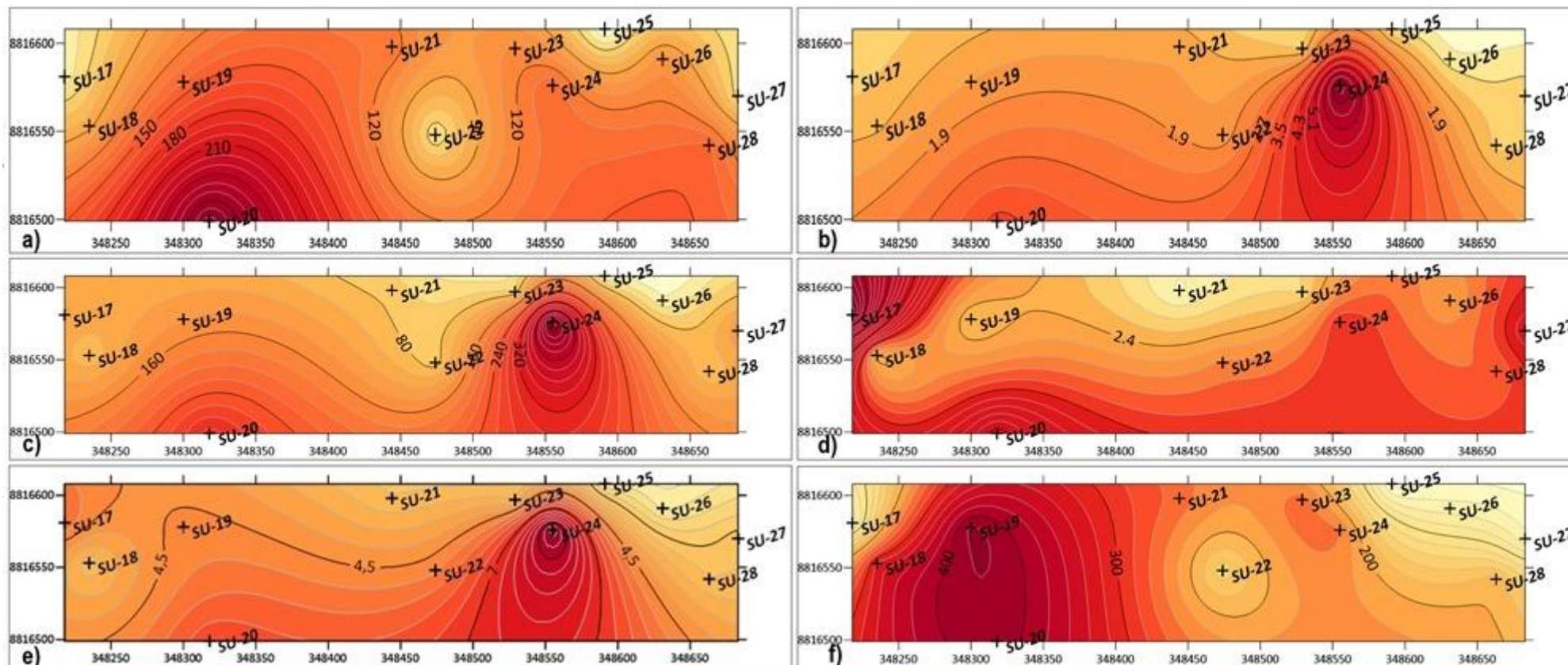


Figura 7.29. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) cromo, e) níquel y f) plomo en el API-3

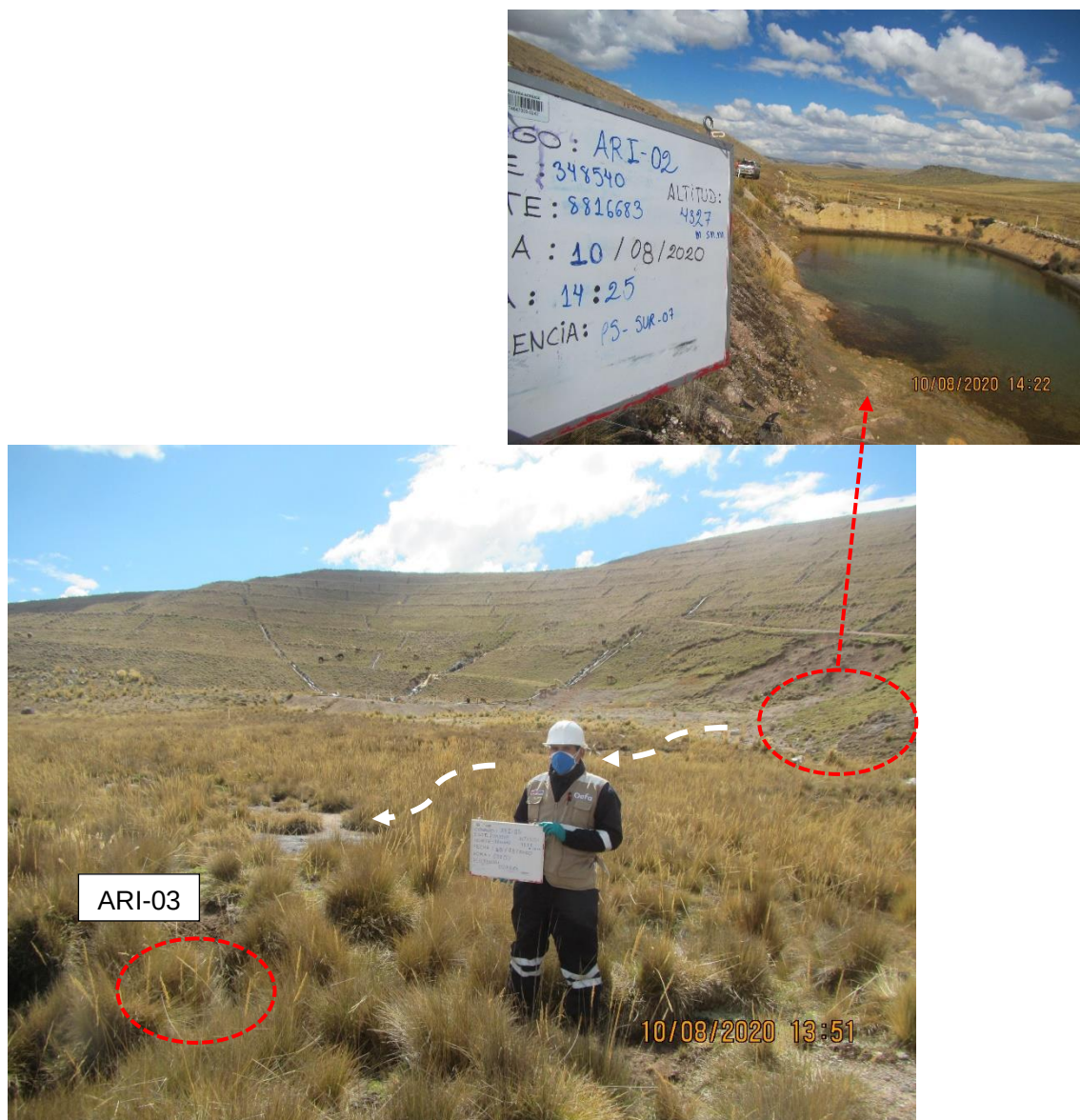


Figura 7.30. Poza PS-SUR-07 y filtraciones del límite de los botaderos Sur y Este (ARI-03)

En la API-3 se registraron concentraciones de arsénico en 7 puntos que duplicaron el valor establecido en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola. Algo similar sucedió con el plomo donde 6 puntos de muestreo triplicaron dichos estándares. En la Figura 7.31 se puede observar los puntos de muestreo SU-19 y SU-20, donde se observa una discontinuidad en la vegetación del lugar, ocasionada por algún evento de derrame o rebose de agua de escorrentía proveniente del canal de coronación situado a algunos metros del punto SU-19. En los puntos SU-19, SU-20 y SU-24 se registraron concentraciones de As, Cd y Pb que superaron significativamente los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola.



Figura 7.31. a: Vista de la zona (API-3) donde se ubican los puntos SU-19 y SU-20 y b: punto de muestreo SU-19 a escasos metros del canal de coronación sur

Respecto a la calidad del suelo en el API-4 se identificaron concentraciones significativas de metales en varios puntos de muestreo del área en evaluación. Se registraron concentraciones que superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola correspondientes a los metales As, Cd y Pb. También se compararon los resultados con los niveles de fondo correspondientes, observando excedencias para los mismos metales y Sb, Cu, Fe, entre otros. Frente a este indicio de contaminación producto de las actividades mineras aledañas, se compararon los resultados con los registrados en el botadero de desmonte y roca, tal como se presenta en la Figura 7.32, en donde podemos apreciar que las concentraciones de metales en roca y el botadero son iguales o menores que las registradas en dicho API.

Respecto a los botaderos, si bien estos no fueron considerados como fuentes contaminantes significativas según la «Evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la UM Quicay», presentado al Minem por Centauro en 2018; sí se reconoció la posibilidad de que dicho material favorecido por la pendiente pueda ser desplazado hacia el bofedal donde se ubican las API evaluadas en el área de estudio. Asimismo, de acuerdo con las concentraciones metálicas registradas en los afloramientos rocoso (RQ-03, RQ-05 y RQ-06) se descarta su influencia dado que dichas concentraciones fueron similares o inferiores a las de las API, además se encuentran a una profundidad subyacente al ámbito de muestreo (0 cm a 25 cm).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

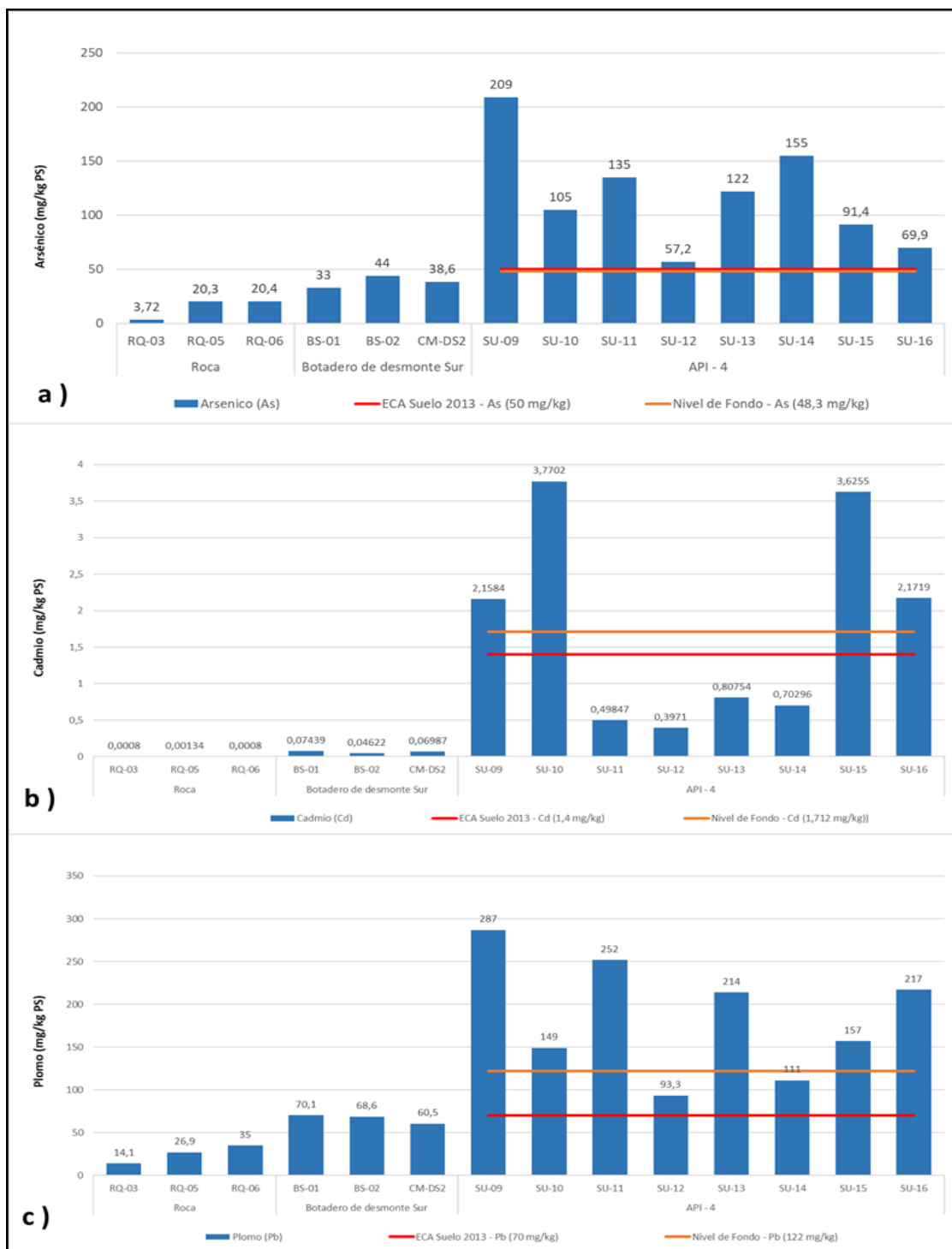


Figura 7.32. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-4, botadero de desmonte Sur y afloramiento rocoso

En el API-4 las concentraciones más altas se registraron con mayor frecuencia en los puntos de muestreo: SU-09, SU-10, SU-11 y SU-15, tal como se observa en la Figura 7.33 (caja y bigotes).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

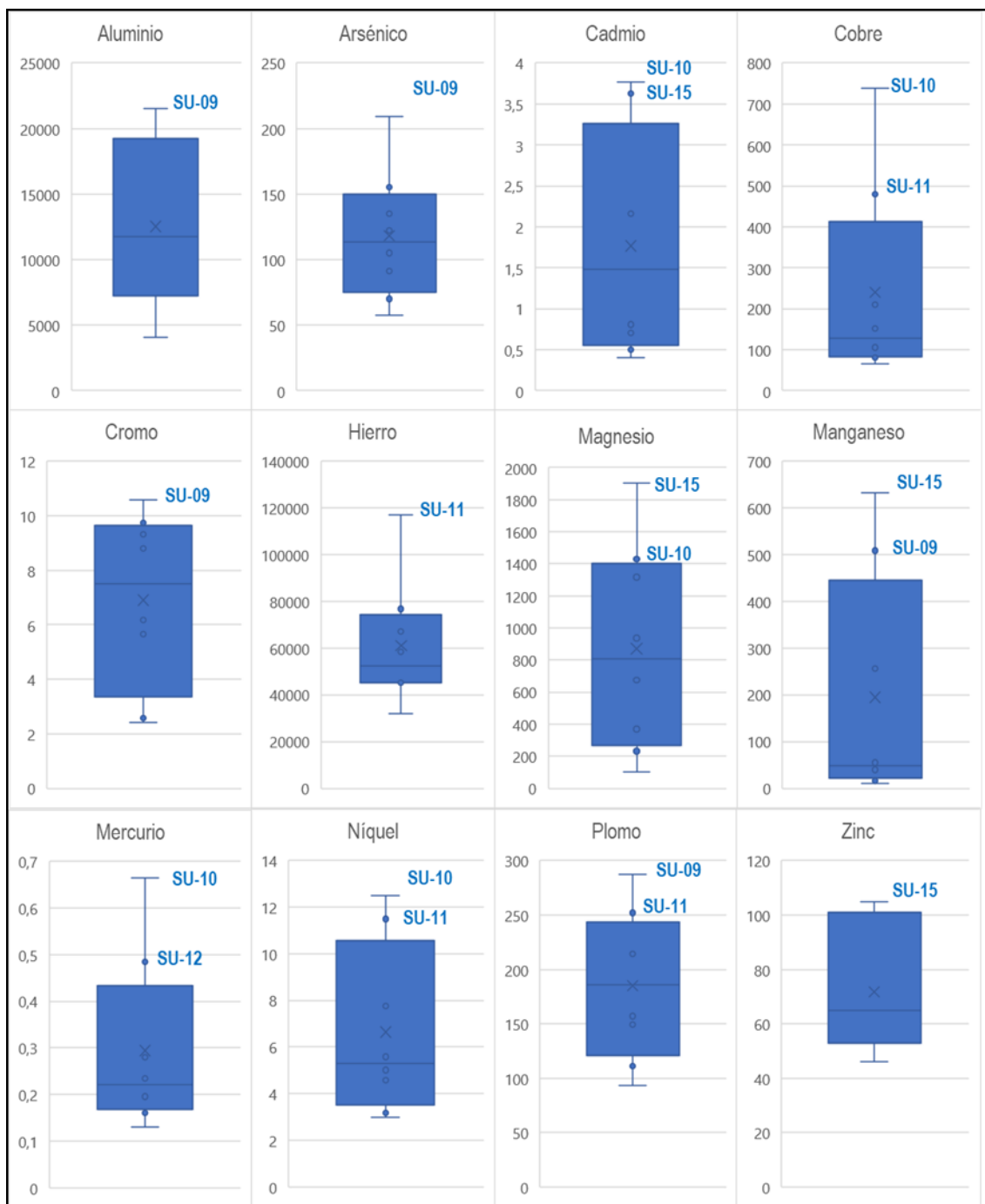


Figura 7.33. Diagrama de cajas y bigote de de concentraciones de metales totales en API-4

La Figura 7.34 muestra las distribuciones de las concentraciones de los metales arsénico, cadmio, cobre, cromo, níquel y plomo. Se puede observar que las mayores concentraciones de elementos se encuentran alrededor de los puntos SU-09, SU-10 y SU-11, cuya ubicación está relacionada con la poza PS-SUR-01 (ARI-01), que colecta aguas de subdrenaje y del canal de coronación del botadero de desmonte Suroeste.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

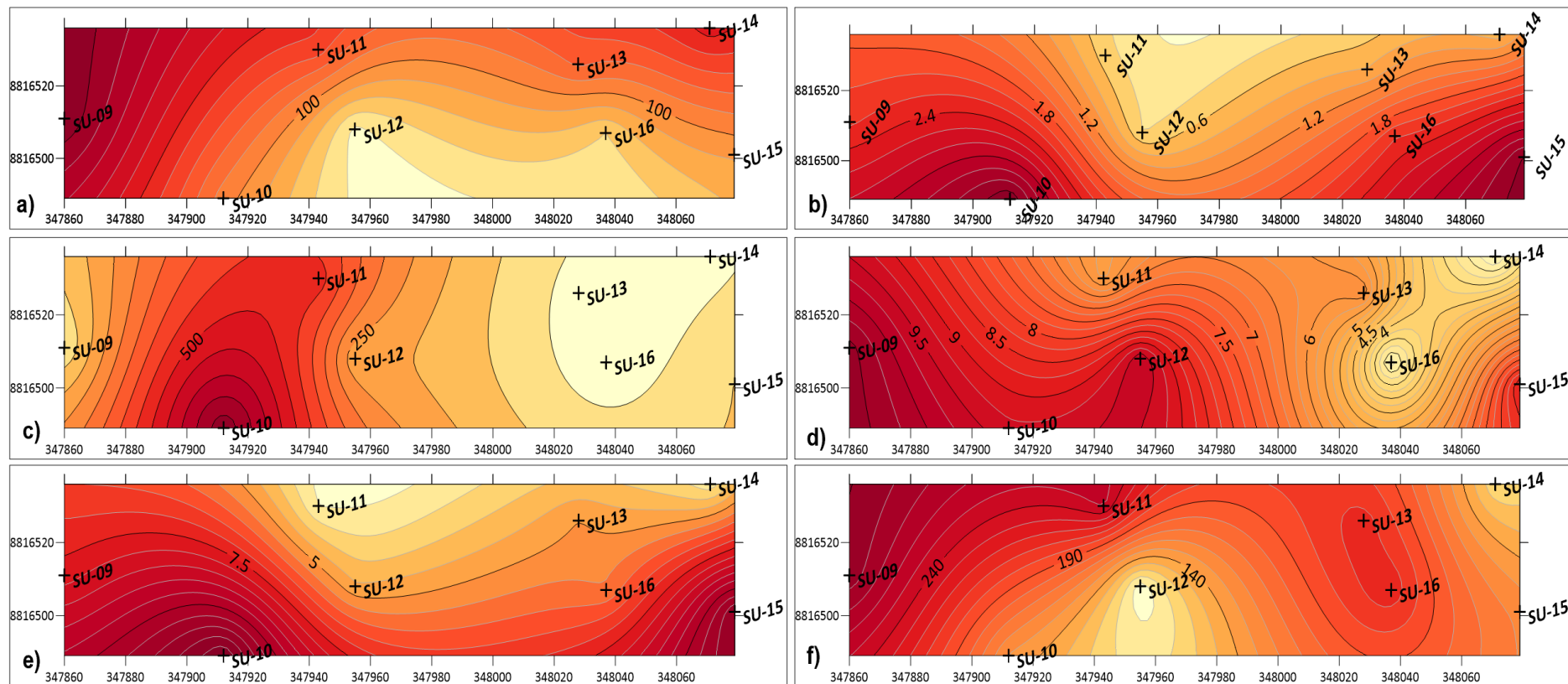


Figura 7.34. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) cromo, e) níquel y f) plomo en el API-4

Estas aguas se estarían infiltrando desde el botadero suroeste tal como nos indica la línea tomográfica L-12 que presenta a la sección A con resistividades a partir de 8 Ohm.m, así mismo sus características hidroquímicas fueron sulfatadas cálcicas. El ARI-01 se ubica en cotas ligeramente superiores a los puntos SU-09 y SU-11 del API-4 (Figura 7.35), a una distancia aproximada de 100 m; asimismo, entre la poza de sedimentación y el API-4 se encuentra el canal de coronación sur. Estos detalles son importantes si consideramos que la poza PS-SUR-01 no posee recubrimiento con geomembrana (Figura 7.36a), favoreciendo al proceso de infiltración; a su vez, el canal de coronación sur aduce falta de mantenimiento (Figura 7.36b) en varias secciones, en caso de reboses excedería su capacidad de contención, permitiendo en ambos casos, el contacto directo entre el suelo descubierto y el agua de la poza. En los puntos de muestreo SU-09 y SU-11 se registraron concentraciones de As que triplicaron y duplicaron respectivamente, el valor establecidos en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola.



Figura 7.35. Registro fotográfico de afectación visible sobre el suelo en el punto de muestreo SU-11 del API-4



Figura 7.36. a) Poza de sedimentación PS-SUR-01 sin recubrimiento de geomembrana, y b) canal de coronación sur

En el API-4 (Figura 7.37), la formación vegetal predominante es el césped de Puna con parches de bofedal y pajonal, donde las especies más abundantes son *Eleocharis albibracteata*, *Calamagrostis rigescens* y *Aciachne pulvinata*. En esta API se registró 33 especies y una cobertura vegetal promedio de 68,1 %.

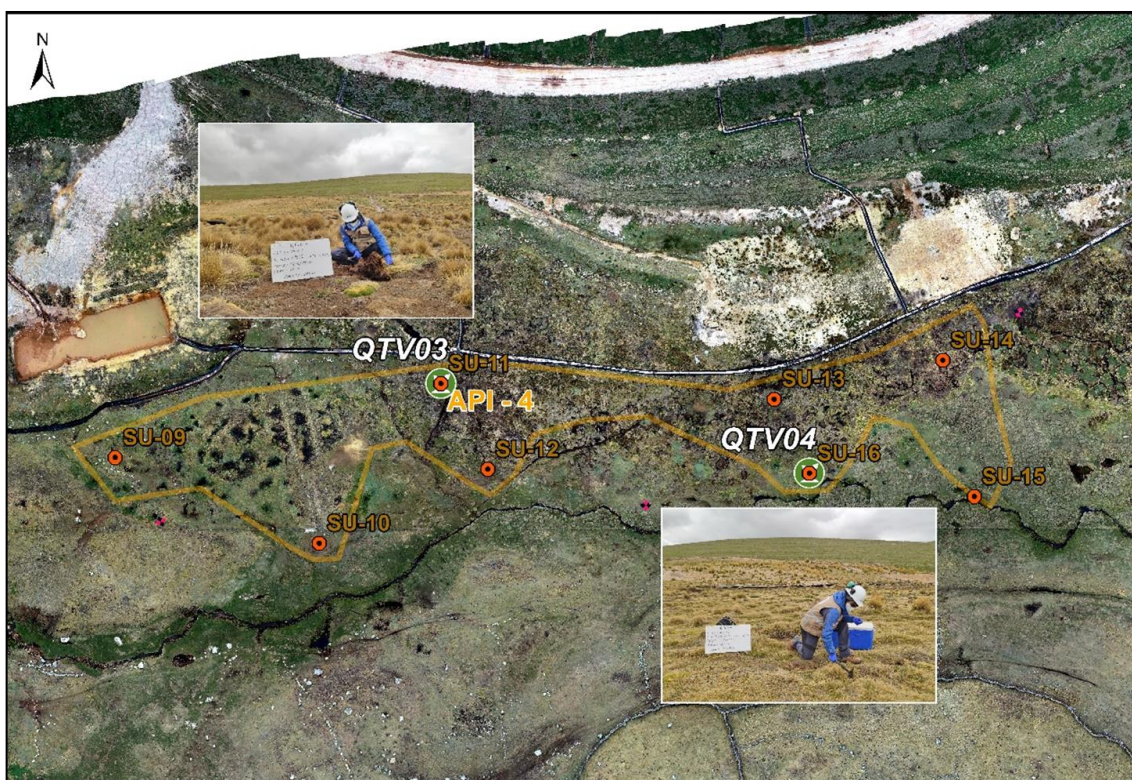


Figura 7.37. Fotografía aérea del API-4, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal



Las especies seleccionadas para el análisis de tejido vegetal fueron *Calamagrostis* cf. *tarmensis* y *Calamagrostis* cf. *brevifolia*

La especie *Calamagrostis* cf. *tarmensis*, es una gramínea amacollada de tamaño variable, considerada como una especie poco deseable para ovino y deseable para vacunos y alpacas (Minam, 2012; Ortiz, 2014; Azaña 2017). Taxonómicamente no se llegó a una entidad específica debido a que no se encontró las estructuras florales necesarias para su determinación, es probable que se trate de la especie considerada como *Calamagrostis macbridei* reportada para el área de estudio, sin embargo, las características evaluadas muestran mayor afinidad a *Calamagrostis tarmensis*.

En esta área, las muestras de tejido vegetal contienen valores de concentración de metales diferentes entre la raíz y la parte aérea, con concentraciones mucho más elevadas en la raíz (Figura 7.38). Además, se observa una diferencia clara entre la carga de metales encontrado entre el sitio control y el API, principalmente en hierro, arsénico y plomo.

Para *Calamagrostis* cf. *tarmensis*, los metales que presentaron mayor diferencia fueron arsénico, hierro y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representan para arsénico un 264 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 697 % en hierro, 233 % en plomo y 136 % en cadmio. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representan para arsénico un 1141 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 5418 % en hierro, 228 % en plomo y 144 % en cadmio. Para ambos casos, los metales hierro y arsénico fueron los que mayor diferencia presentaron con respecto a los valores encontrados en el punto control.

En relación a *Calamagrostis* cf. *brevifolia*, los metales que reportaron mayor diferencia fueron hierro, arsénico y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representan para hierro un 2949 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 610 % en arsénico, 381 % en plomo y 301 % en cadmio. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representan para hierro un 10684 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 1064 % en arsénico, 631 % en plomo y 798 % en cadmio. Para ambos casos, los metales hierro y arsénico fueron los que mayor diferencia presentaron con respecto a los valores encontrados en el punto control.

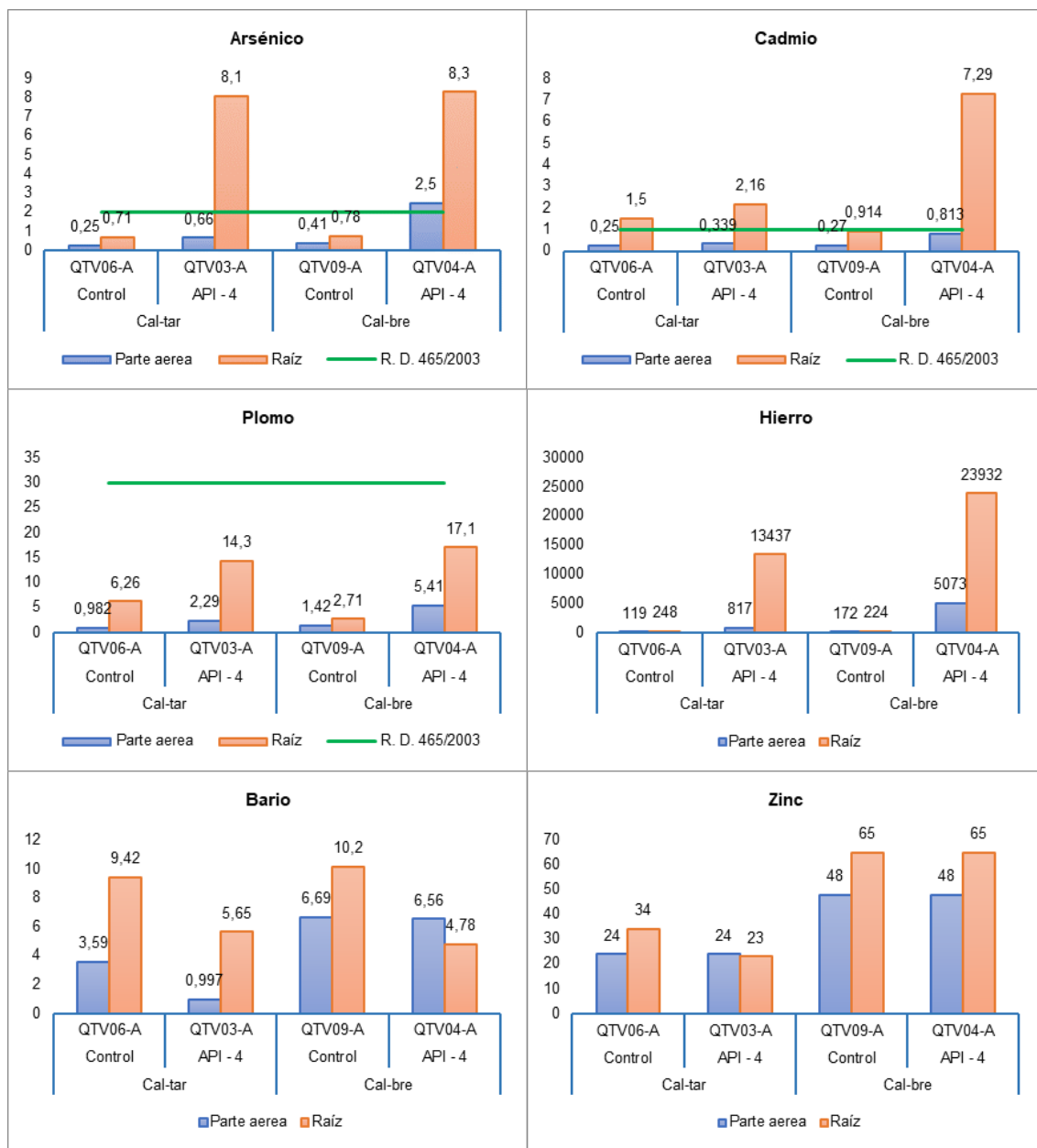
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud


Figura 7.38. Concentración de metales obtenidos en *Plantago rigida*, *Calamagrostis cf. brevifolia* y *Calamagrostis cf. tarmensis* del API-4 y sitio control

Las concentraciones obtenidas en las muestras de la parte aérea de *Calamagrostis cf. brevifolia* colectadas en el API-4 superaron, de manera referencial, el contenido máximo del metal arsénico establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española; por otro lado, los valores encontrados en el sitio control no superaron el valor del metal en mención. Siendo la concentración para arsénico de 2,5 mg/kg (punto QTV04) versus 2 mg/kg (valor en el Real Decreto 465/2003).

En el API-3 (Figura 7.39), la formación vegetal predominante es el pajonal con dominancia de *Calamagrostis cf. tarmensis*. En esta API se registró una riqueza de 36 especies, con una cobertura vegetal promedio de 67,4 %. Entre las especies registradas se seleccionó a *Calamagrostis cf. tarmensis* para el estudio de tejido vegetal.

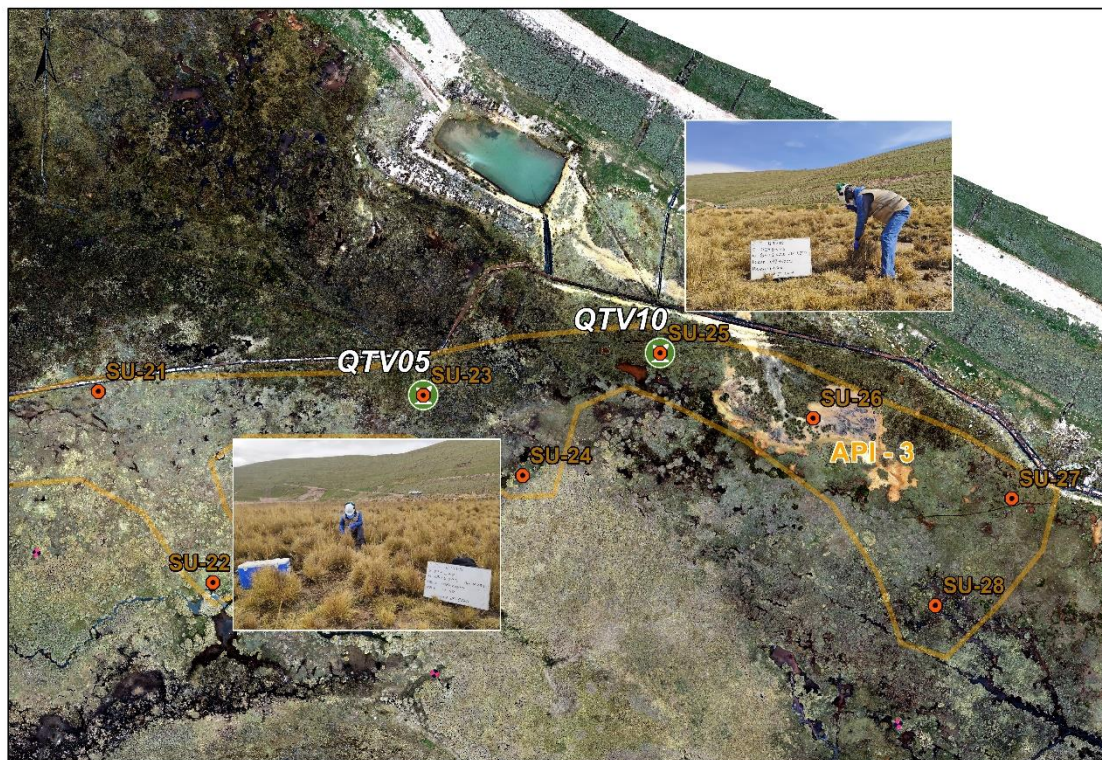


Figura 7.39. Fotografía aérea del API-3, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal

Los resultados obtenidos en las muestras de tejido vegetal en el área de estudio, muestran valores de concentración de metales diferentes entre la raíz y la parte aérea, con concentraciones mucho más elevadas en la raíz (Figura 7.40). Sin embargo, no se observa una diferencia clara entre la carga de metales encontrado entre el sitio control y el API-3. Los metales que presentaron una diferencia, principalmente en la raíz, fueron hierro y arsénico; estas concentraciones en la parte aérea de las muestras colectadas en ese API representan en promedio para arsénico un 186 % a las concentraciones registradas en la muestra obtenida en el sitio control y 157 % en hierro. Para la raíz se observa una mayor diferencia en donde las concentraciones encontradas en dicho API representan en promedio para arsénico un 1155 % a las concentraciones registradas en la muestra obtenida en el sitio control y 1563 % en hierro. Esto muestra la capacidad de retención de metales en la raíz, que posee esta especie.

Las concentraciones obtenidas en las muestras de la parte aérea de *Calamagrostis* cf. *tarmensis* colectadas en el API-3, no superó el contenido máximo de ninguno de los metales establecidos en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española.

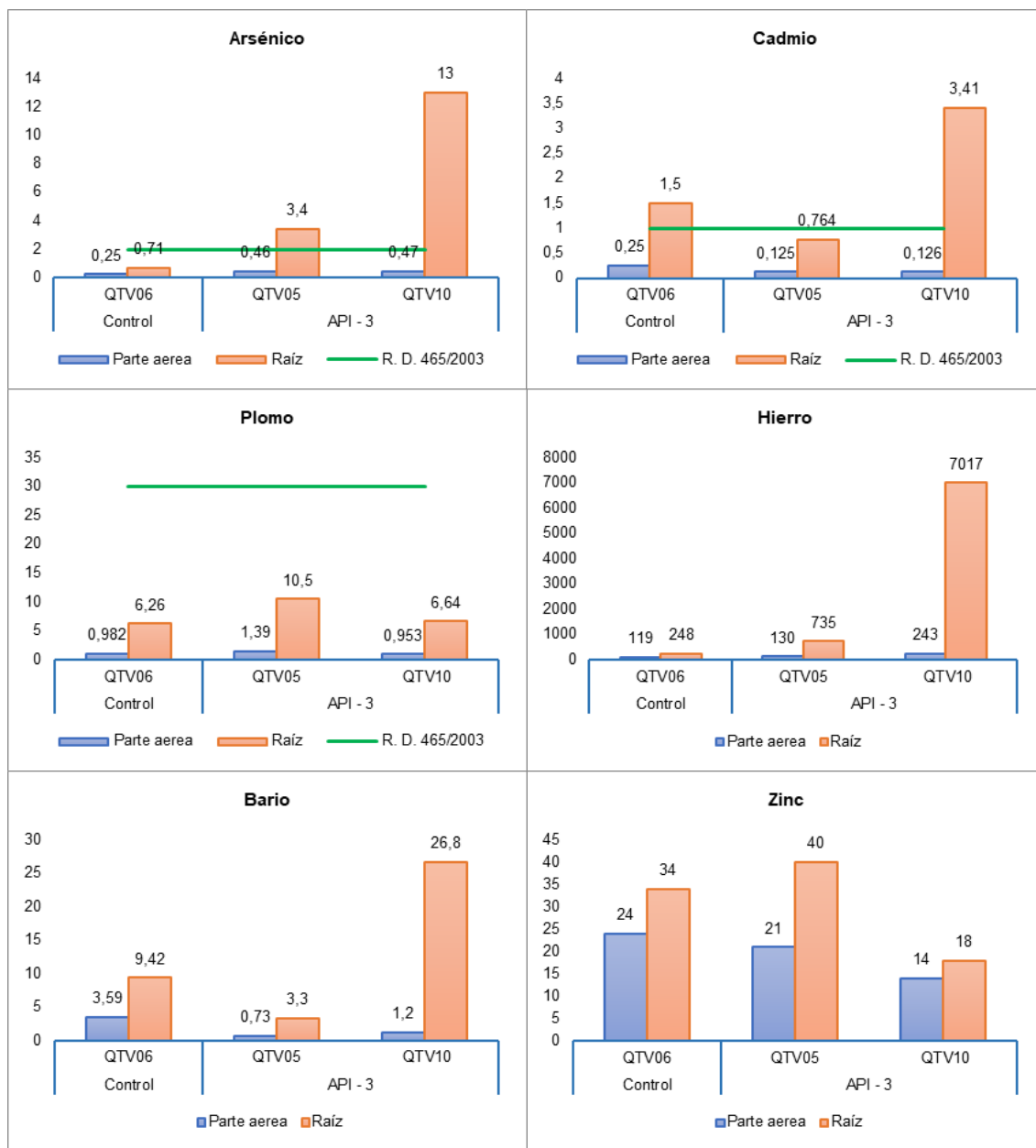
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud


Figura 7.40. Concentración de metales obtenidos en *Calamagrostis cf. tarmensis* del API-3 y sitio control

Las API-3 y API-4 se ubican en la zona aledaña al botadero Sur, la cual se encuentra revegetada principalmente con *Dactylis glomerata*.

Los resultados obtenidos en las muestras de tejido vegetal en esta especie, presentan valores de concentración de metales diferentes entre la raíz y la parte aérea, con concentraciones mucho más elevadas en la raíz (Figura 7.41). No se realizó la evaluación de esta especie en un sitio control debido a que no se la pudo hallar en zonas aledañas; una de las principales razones se debe a que es una especie nativa de Europa, por lo cual se hace complicado hallar poblaciones silvestres en estos ecosistemas. Las concentraciones registradas en *Dactylis glomerata* del punto QTV18 (botadero Sur) presenta menor concentración respecto a los puntos analizados en los botaderos Suroeste y Este.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

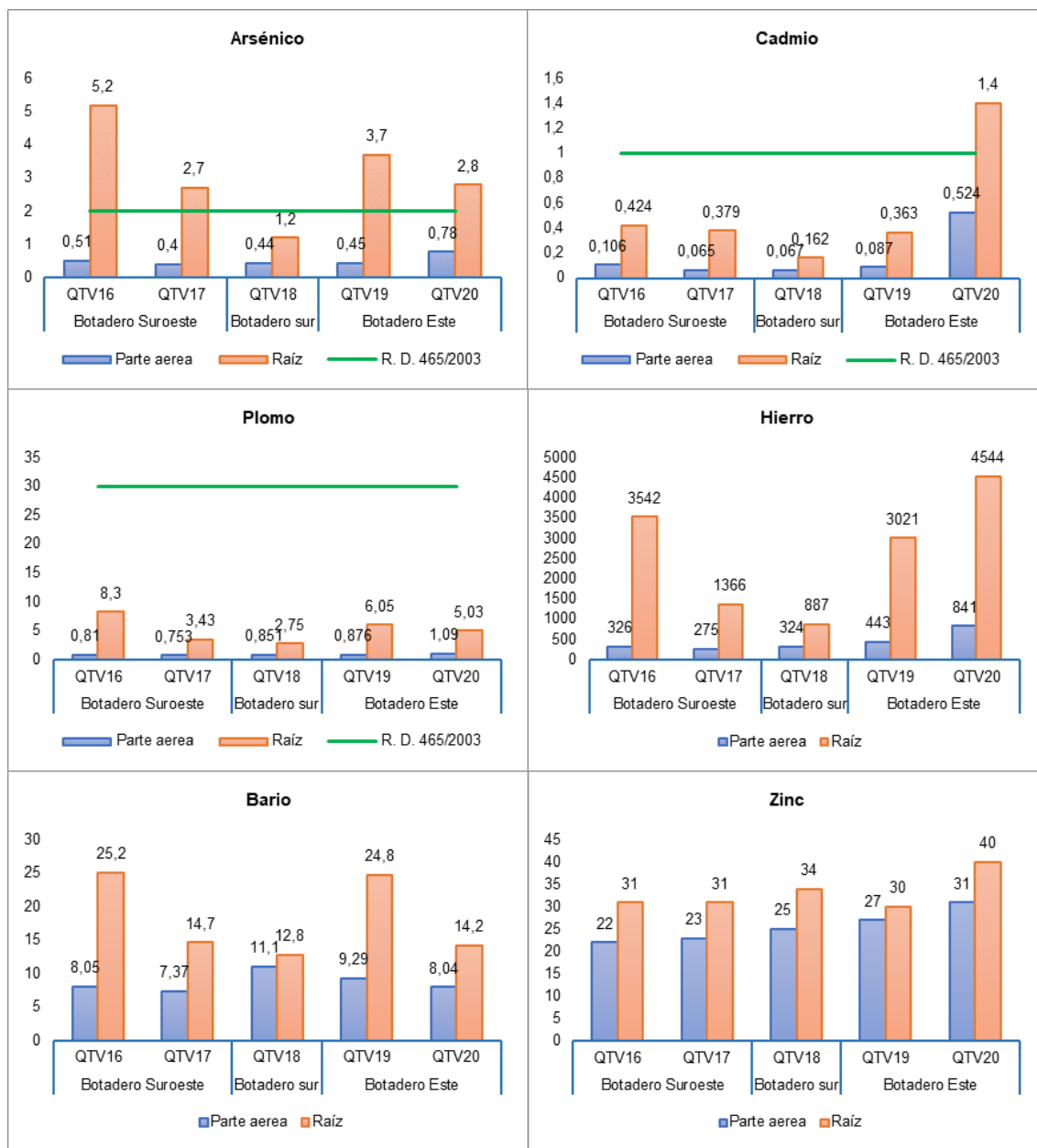


Figura 7.41. Concentración de metales obtenidos en *Dactylis glomerata* de los botaderos de desmonte Suroeste, Sur y Este

Las concentraciones obtenidas en las muestras de la parte aérea de *Dactylis glomerata* colectadas en esta zona, no superaron el contenido máximo de ninguno de los metales establecidos en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española.

En la zona III y zona IV se colectaron 13 muestras de mamíferos menores (roedores) y se evidenciaron 4 individuos muertos distribuidos en las zonas de muestreo (Figura 7.42), de la cual de uno se analizó el contenido de metales en todo el cuerpo. Dicho análisis, tiende a integrar la respuesta de los mamíferos menores a la exposición de metales pesados en comparación con las concentraciones renales o hepáticas, que puede estar más regulado (Smith, 1981). El espécimen encontrado muerto «Mm-Qui-19» (*Auliscomys pictus*)

presentó los niveles de acumulación más elevado para casi todos los metales a excepción del litio, superando los límites de toxicidad, referenciales, para el plomo, arsénico, cobre y zinc, del mismo modo superó ampliamente los valores de aluminio, hierro, magnesio y manganeso reportados en muestras de las zonas evaluadas y la zona control; este espécimen posiblemente falleció por envenenamiento de metales ya que presentó la mayor concentración de metales. Estos valores elevados de acumulación registrada en el cuerpo concuerda con lo indicado por Smith (1981), ya que los huesos y cartílago, actúan como lugar de deposición y liberación final de los metales, en contraste con otros tejidos como el hígado y el riñón, que son importantes en procesos de detoxificación.

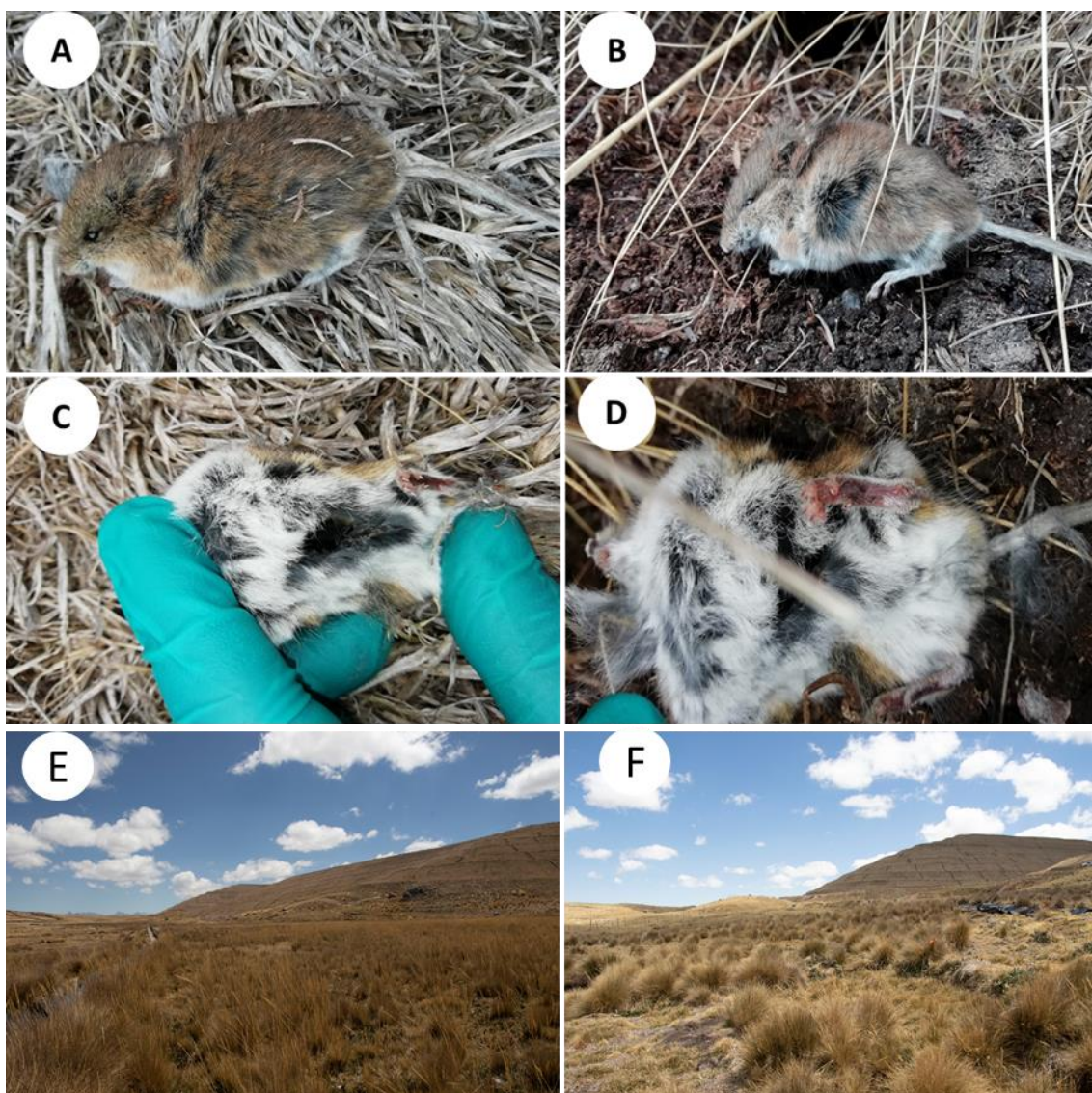


Figura 7.42. Individuos muertos encontrados durante la evaluación. A) *Calomys lepidus* encontrado en el API-3, B) *Calomys lepidus* encontrado en el API-3 (Mm-Qui-19), C) *Calomys lepidus* encontrado en el API-4, D) *Calomys lepidus* encontrado en el API-4, E) vista panorámica del API-3, y F) vista panorámica del API-4

Al realizar la comparación de la concentración de metales analizados entre los individuos de la zona III y zona IV, zona control, y la muestra Mm-Qui-19 (individuo muerto de

Auliscomys pictus) registrado en la zona III (API-3) cerca del punto de suelo SU-24, se observó que las concentraciones de aluminio, hierro, magnesio, manganeso, arsénico, plomo, cadmio, cobre y zinc de dicha muestra superaron al resto de individuos de dicha zona de evaluación. Los metales encontrados en el tejido de mamíferos menores se deben principalmente a su dieta basada en raíces, granos y tejidos vegetales que crecen en los suelos aledaños a las API-3 y API-4, las cuales están siendo influenciados por las altas concentraciones de metales encontradas en este suelo (Figuras 6.63 y 6.65). Lo mencionado se demuestra por la dispersión de elementos realizados en el API-3 de los elementos plomo (244 mg/kg PS), arsénico (139 mg/kg PS), cadmio (7,49 mg/kg PS), los cuales superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017 (uso agrícola); así mismo, presentaron concentraciones de cobre (519 mg/kg PS) y zinc (439 mg/kg PS), ubicándose la mayor concentración en el punto SU-24, cercano al punto donde se colectó la muestra Mm-Qui-19. El metal disponible en el suelo puede ser convertido en una forma mucho más biodisponible, y por tanto peligrosa, que permite la entrada del tóxico en la cadena alimenticia por ingestión de raíces o partículas de suelo (Kolf, 2007).

El almacenamiento de metales en estos tejidos se convierte en gran parte como disponible para los animales carnívoros que utilizan mamíferos menores como alimento. En el área de estudio hay reportes de presencia de comadreja (*Mustela frenata*), ver Figura 7.7; así como, zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y zorrino (*Conepatus chinga*), tal como se muestra en la Figura 7.43, que utilizan principalmente mamíferos menores (roedores) como alimento y potencialmente podrían estar expuestos a metales a través de la cadena alimentaria.

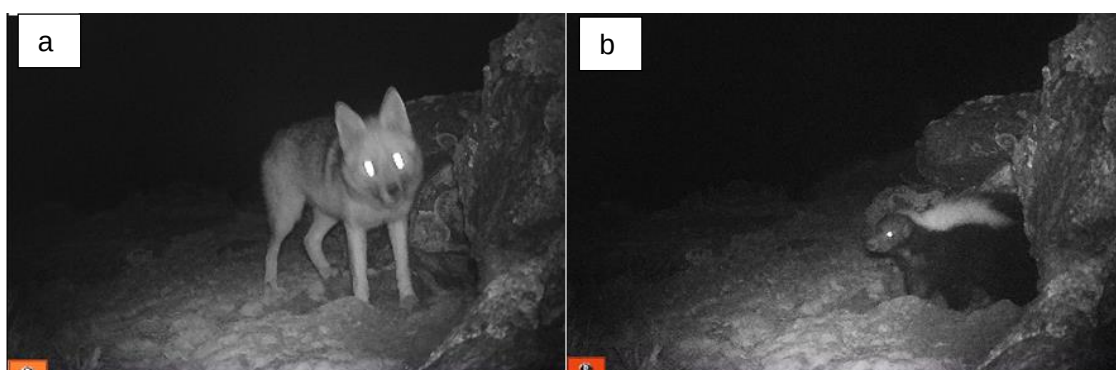


Figura 7.43. a) Zorro (*Lycalopex culpaeus*) y b) añás o zorrino (*Conepatus chinga*) registrados con la cámara trampa CT-PASCO-17

Así mismo se evaluaron las concentraciones de metales en tejidos de mamíferos menores en la zona aledaña al botadero Sur y una zona control. Los especímenes que se colectaron en las API-4 y API-3, presentaron concentraciones de hierro, magnesio y zinc superiores a las concentraciones de aluminio, litio, silicio, cobre, manganeso, cromo, selenio, cadmio, plomo, níquel, arsénico. De la misma manera, en la zona control los metales que mayor concentración presentaron fueron el magnesio, hierro y zinc seguido del silicio, aluminio, cobre, selenio, manganeso, cromo, plomo, níquel, cadmio, litio y arsénico.

La jerarquía de las concentraciones de metales presentada aquí podría dar una idea de su grado de importancia en los procesos fisiológicos que tienen en los mamíferos menores. Esta jerarquía concuerda con estudios similares (Allinson, 2006; Hernout, 2016; Naidoo, 2013). Así pues, entre los metales esenciales, el hierro es el mineral con mayor

requerimiento fisiológico, seguido del zinc, cobre, magnesio, manganeso seguido del litio, aluminio, cromo, níquel y selenio que se requieren en cantidades menores. A diferencia de los metales anteriores, el plomo, cadmio y arsénico se consideran no esenciales (Nordberg *et al.*, 2015; Soetan *et al.*, 2010), lo que podría explicar su menor concentración en tejidos.

Los mamíferos menores (roedores) son buenos indicadores de contaminación ambiental debido a su abundancia, amplia distribución, ocupan un territorio específico, presentan migraciones cortas, hábitos alimenticios homogéneos y una facilidad de captura (Talmage y Walton, 1991), su corta esperanza de vida puede ser aprovechable para medir rápidamente los efectos de la exposición en generaciones sucesivas, con lo cual es posible identificar exposiciones ambientales recientes o diferencias locales entre diversos nichos contaminados (Kolf, 2007).

Los especímenes de mamíferos menores capturados en las API-4 y API-3 presentaron concentraciones mayores de hierro, magnesio, zinc, litio, cobre, aluminio, manganeso, selenio, cromo, plomo, cadmio, arsénico, níquel respecto a la zona control, a excepción del magnesio, aluminio y silicio que fueron mayores en la zona control. Al comparar los resultados obtenidos con los estudios realizados por diferentes autores en mamíferos menores (Tabla 7.3), el cadmio en las zonas evaluadas supera levemente los valores reportados por Smith (1981), Antohny (1982), Scalón (1987), Talmage (1991); y para el plomo los valores reportados en ambas zonas (API y control) de evaluación superan los valores reportados por Smith (1981) y Hegstrom (1989).

Tabla 7.3. Comparación de valores de metales en tejido de mamíferos menores en los API-4, API-3 y zona control con valores de otros estudios

Metal	UF Quicay		Zona Control	Concentración de metales (otros estudios)	Referencia
	Zona III	Zona IV			
Aluminio (Al)	1,8	5,52	7,78 ± 1,02	-	-
Arsénico (As)	0,06	0,09	0,07 ± 0,02	<0,1	Smith, 1981
Cadmio (Cd)	0,14	0,17	0,09	0,15-0,26, 0,19-0,57, 0,18, 0,18 0,15 ± 0,10 1,32-2,4 <0,1	Talmage, 1991 Ma, 1991 Sanchez, 2001 Scanlon, 1987 Anthony, 1982 Hegstrom, 1989 Smith, 1981
Cobre (Cu)	3,63	3,93	1,73 ± 0,05	9,73 ± 3,68 17-19 3,9 ± 0,6 10-15	Anthony, 1982 Hegstrom, 1989 Smith, 1981 Venugopal, 1978
Cromo (Cr)	0,35	1	0,30 ± 0,02	2,22 ± 0,90	Anthony, 1982
Hierro (Fe)	212,58	225,46	42,64 ± 9,53	-	-
Litio (Li)	4,18	1,4	0,04	-	-
Magnesio (Mg)	196,55	259,79	244,65 ± 20,65	-	-
Manganeso (Mn)	1,32	4,51	0,59 ± 0,06	-	-
Níquel (Ni)	0,07	0,21	0,09 ± 0,02	1,00 1,7 ± 0,9 0,64	Scanlon, 1987 Smith, 1981 Pankakoski, 1993
Plomo (Pb)	0,2	0,49	0,11 ± 0,04	0,76-1,7 2,00 ± 1,49 0,9-1,7 0,9 ± 1,3	Ma, 1991 Anthony, 1982 Hegstrom, 1989 Smith, 1981

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

Metal	UF Quicay		Zona Control	Concentración de metales (otros estudios)	Referencia
	Zona III	Zona IV			
Selenio (Se)	1,03	0,69	0,21 ± 0,08	-	-
Silicio (Si)	3,59	12,72	17,46 ± 0,74	-	-
Zinc (Zn)	16,26	18,04	10,43 ± 2,22	39,12 91,75 34,17 ± 9,57 81-90 31 ± 3	Talmage, 1991 Scanlon, 1987 Anthony, 1982 Hegstrom, 1989 Smith, 1981

(-): El estudio no consideró estos parámetros

Los contaminantes como plomo (Pb), arsénico (As) y cadmio (Cd) presentaron menores concentraciones, sin embargo, esta baja concentración en tejido animal no descarta el riesgo potencial, debido a que estos metales son precursores de efectos tóxicos de gran impacto a través del tiempo (Pérez *et al.*, 2005). En los mamíferos, los metales son bioacumulados y excretados por órganos como el hígado y el páncreas y huesos (McDowell, 1992; Albert, 1997; Milton y Johnson, 1999); y puesto que no presentan una función biológica conocida, aunque se encuentre en cantidades mínimas, podría implicar graves disfunciones orgánicas (Goyer y Clarkson, 2001).

Para el plomo se estima que concentraciones superiores a partir de 10 mg/kg producen envenenamiento en animales silvestres (Scheuhammer, 1991) y se han determinado efectos subletales como retardo en el desarrollo, disminución del peso, hiperactividad y deterioro del desarrollo neuroconductual (Cory-Slechta *et al.*, 1985), además se ha demostrado que tiene efecto cancerígeno en animales (Sanz-Gallén, 1993). A nivel general, al plomo no se le ha encontrado ninguna función fisiológica, por lo que es considerado como contribuyente a la toxicidad (Horvat, 2002; Páez *et al.*, 2010). La muestra Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*) obtenida en la zona III (API-3) presentó el valor de 16,86 mg/kg superando el nivel de toxicidad reportada para mamíferos (Figura 7.44).

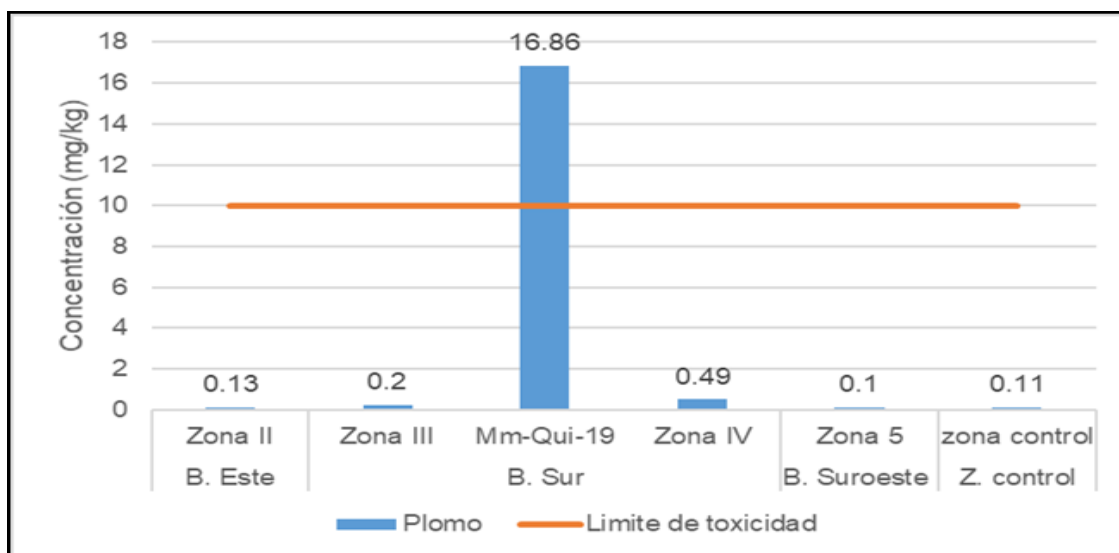


Figura 7.44. Concentración de plomo (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de *Calomys lepidus*) respecto al límite de toxicidad umbral

En cuanto al arsénico, este metaloide es extremadamente tóxico, la exposición crónica de los seres vivos a este elemento produce efectos neurotóxicos, inmunológicos y

cancerígenos, pudiendo atravesar en mamíferos la placenta y provocar malformaciones o incluso la muerte del feto (Capó, 1998), en mamíferos el límite de toxicidad umbral reportado es 2 mg/kg (Sánchez, 2015), la muestra Mm-Qui-19 registró el valor de 2,39 mg/kg superando el límite de toxicidad (Figura 7.45), dicha muestra fue colectada en la zona III (API-3), cerca al punto de suelo SU-24.

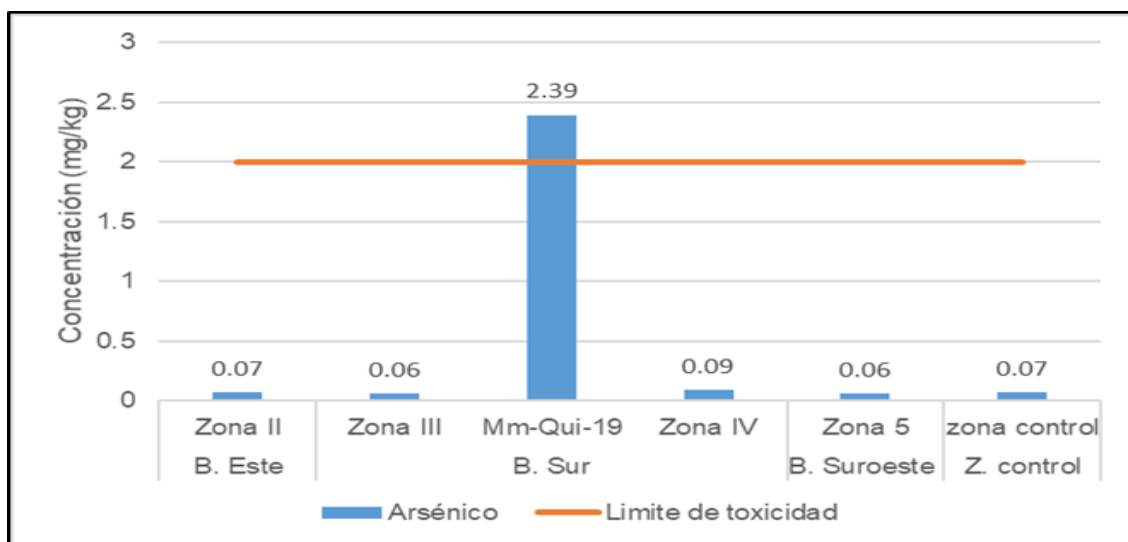


Figura 7.45. Concentración de arsénico (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores de los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de *Calomys lepidus*) respecto al límite de toxicidad umbral

El cadmio es otro elemento no esencial, se ha demostrado que, a concentraciones relativamente bajas, es tóxico para todas las formas de vida (Capó, 1998), provocando disfunciones en el crecimiento y metabolismo (Antón, 2001) y daños renales (Capó, 1998). En general, en vertebrados, la concentración umbral de toxicidad es considerada 2 mg/kg (Eisler, 1985), las muestras en las zonas evaluadas no alcanzaron dicho límite, el valor más alto fue registrado en la muestra Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*) con 1,17 mg/kg (Figura 7.46).

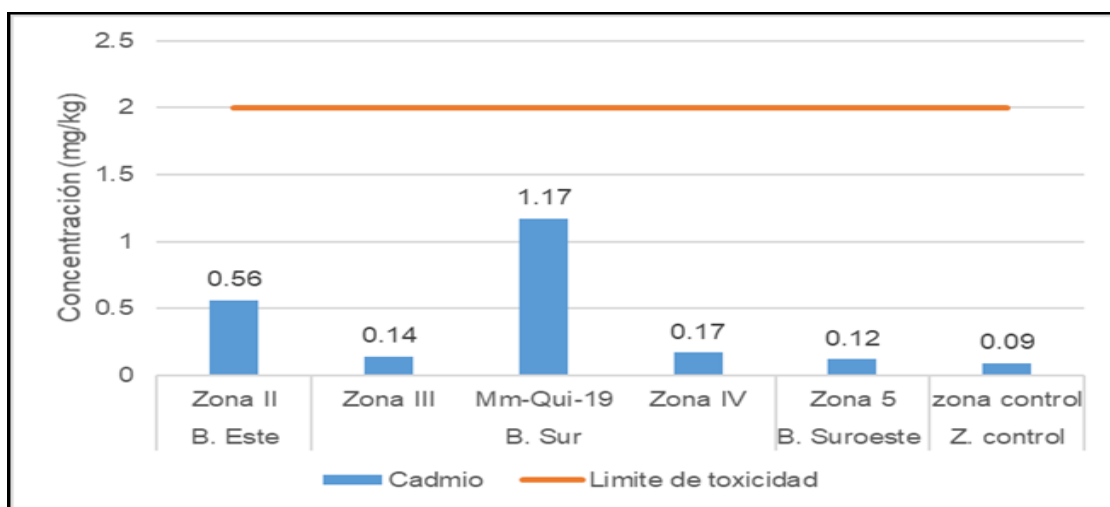


Figura 7.46. Concentración de cadmio (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores de los componentes en la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de *Calomys lepidus*) respecto al límite de toxicidad umbral

A diferencia de los elementos anteriores, el cobre y el zinc cumplen determinadas funciones fisiológicas (Eckert y Randall, 1990). Estos nutrientes deben ser absorbidos y eliminados constantemente, manteniéndose niveles de homeostasis ya que en exceso pueden ser tóxicos (McDowell, 1992; Prohaska y Gybina, 2004).

Respecto al cobre, el valor de toxicidad umbral reportado para mamíferos es de 15 mg/kg (Venugopal, 1978), superando esa concentración causa acumulación hepática y una repentina crisis hemolítica en mamíferos (Venugopal, 1978). Se observa que, el cobre en la muestra Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*) alcanzó el valor de 55,60 mg/kg superando el umbral de toxicidad (Figura 7.47).

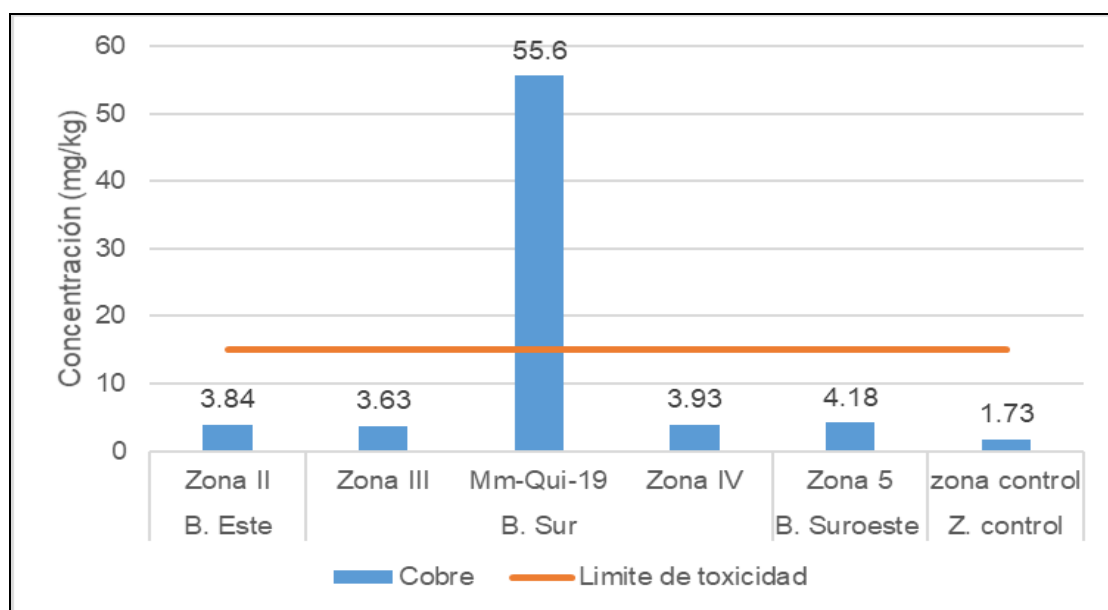


Figura 7.47. Concentración de cobre (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de *Calomys lepidus*) respecto al límite de toxicidad umbral

El zinc desempeña un papel fundamental en el desarrollo de las funciones biológicas y enzimáticas, dado que se trata de un metal esencial, la mayoría de los organismos regulan sus niveles fisiológicamente. Se reporta que la concentración de toxicidad umbral en vertebrados es de 200 mg/kg (Honda, 1990), superando ese límite los organismos presentan defectos de mineralización en los huesos, anemia y hemorragias (Méndez, 2003); la muestra Mm-Qui-19 (*Calomys lepidus*) registrada en la zona III (API-3) cerca del punto de suelo SU-24, presentó el valor de 213,8 mg/kg superando el límite de toxicidad (Figura 7.48). Los mamíferos presentan una limitada capacidad para almacenar Zn, por lo que la concentración interna de este metal se encuentra generalmente relacionada a su contenido en la dieta (McDowell, 1992; Milton y Johnson, 1999).

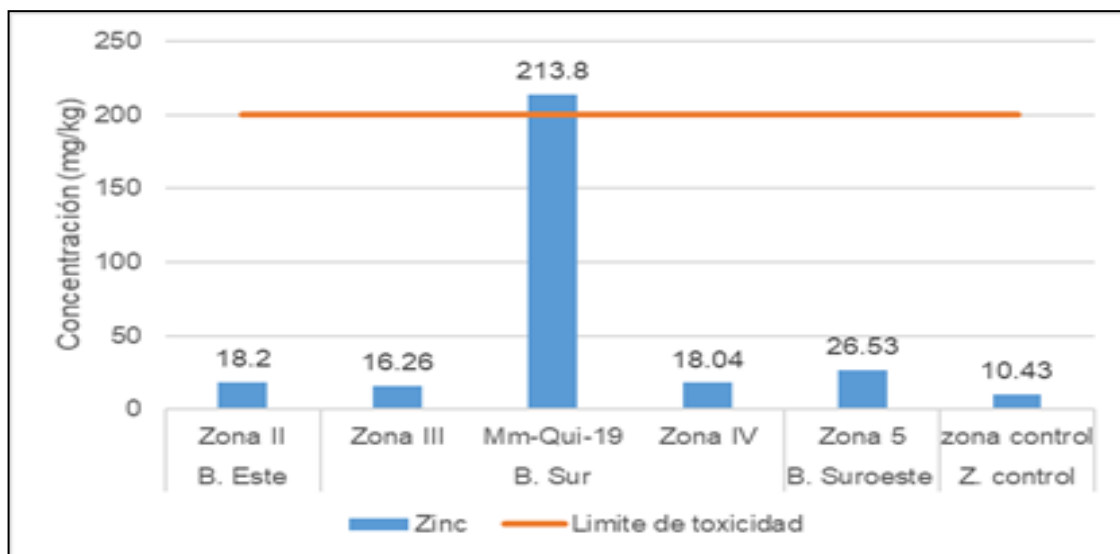


Figura 7.48. Concentración de zinc (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-19 (individuo muerto de *Calomys lepidus*) respecto al límite de toxicidad umbral

Respecto a la muestra de plumas de aves, la muestra Quicay_ave_01 (*Zonotrichia capensis*), tuvo una concentración de plomo de 6,13 mg/kg, lo que superó los 4 mg/kg (o 4000 ppb) propuestos por Burger y Gochfeld (1993, 1994, 1995, 2000; Figura 7.49). Este valor alto de plomo estaría relacionado con lo encontrado en las muestras de suelo en las zonas aledañas al botadero de desmonte Sur. Todas las concentraciones de las muestras tomadas en el API-4 (8 muestras) superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017 (uso agrícola); mientras que, en el API-3, 8 de las 12 muestras superaron la norma en mención para plomo.

Con respecto al arsénico, 2 muestras (Quicay_ave_01 y Quicay_ave_10) superaron el límite de toxicidad de 1,54 mg/kg, pero no el límite de 7,81 mg/kg, que indicaría un nivel crítico de contaminación (Figura 7.49). Al comparar con lo encontrado en las muestras de suelo se pudo observar que, así como ocurre con el plomo; todas las concentraciones de las muestras tomadas en el API-4 (8 muestras) superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017 (uso agrícola) para arsénico; mientras que, 9 de 12 muestras superaron esa norma para arsénico en el API-3.

En el caso del cromo, 2 de las 4 muestras (Quicay_ave_01 y Quicay_ave_10) superaron el límite de toxicidad de 2,8 mg/kg propuesto por Burger y Gochfeld (2000).

En el caso de cadmio, mercurio y selenio, las concentraciones encontradas en las muestras tomadas en las zonas aledañas al botadero de desmonte Sur no superaron los límites de toxicidad que refiere la bibliografía: 2 mg/kg para cadmio (Burger y Gochfeld, 2000), 5 mg/kg para mercurio (Burger y Gochfeld, 2000), y 5 mg/kg para selenio (Ohlendorf y Heinz, 2011).

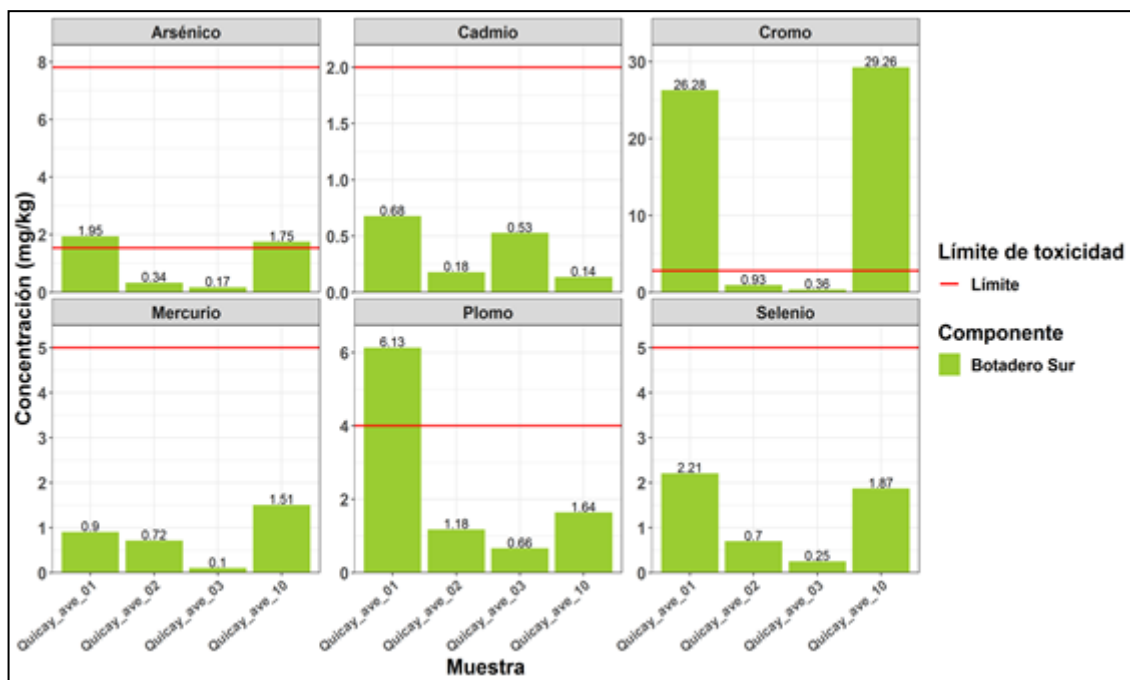


Figura 7.49. Comparación de las concentraciones de metales en plumas de Passeriformes capturados en zona aledaña al botadero de desmonte Sur con los límites de toxicidad referencial para aves

El área de influencia del botadero de desmonte Sur se incluye las API-3 y API-4, en estas zonas predominó la especie *Rhinella spinulosa*, se registró un individuo en la API-4 y 5 en el API-3 (2 en agosto y 3 en octubre de 2020). Todos los individuos fueron hallados debajo de las geomembranas del canal de coronación, el área de mayor abundancia se encuentra en el API-3, entre los puntos de suelo SU-17 y SU-21, que en época de lluvias parece inundarse, lo que podría favorecer la presencia de esta especie.

Las muestras de tejido colectadas en agosto en las API-4 (Qui-He-V11) y API-3 (Qui-He-V14) presentaron la mayor concentración de metales en comparación con el API-5 y la zona control (Tabla 6.44, Figura 6.99). El hierro, aluminio, cobre y zinc fueron los elementos mayoritarios en las muestras de esta zona; estos valores son congruentes con los hallados en suelo, donde también los elementos mayoritarios fueron el hierro y aluminio (SU-09, SU-19, SU-21). Sin embargo, el orden relativo de acumulación de metales en tejido varía en cada API (Tabla 6.44). En el API-4 se registró la siguiente variación $Fe > Al > Cu > Zn$ y en el API 5, $Fe > Cu > Zn > Al$, el aluminio presentó una menor concentración (325,5 mg/kg) que en el API-4. Aunque el arsénico y plomo fueron abundantes en las muestras de suelo (SU-09, SU-19, SU-21) y sobrepasan los valores referenciales de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola, se registraron en bajas concentraciones en los anfibios (Tabla 6.44), esto puede deberse a su baja biodisponibilidad, según la muestra de Tessier (SU-14), donde el arsénico no alcanza el límite de detección y el plomo cuantifica 1,57 y 9,91, en la primera y segunda extracción respectivamente (Anexo 6).

No se registraron individuos muertos en esta zona, sin embargo, las altas concentraciones de hierro, aluminio y cobre registradas pueden producir efectos subletales, en estos anfibios. Por ejemplo, Zocche *et al.* (2013, 2014) quienes analizaron las concentraciones de metales en riñón e hígado de la rana *Hysiboas faber*, hallaron mayor concentración de hierro (555 µg/g a 4742 µg/g), aluminio (164,7 µg/g a 167,7 µg/g) y cobre (34 µg/g a 506

µg/g) en el ámbito de una mina de carbón, determinando además que estas ranas presentan mayores frecuencias de daño en el ADN y mayor alteración en el sistema oxidativo, incrementado la actividad de las enzimas superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GPx).

La especie *Rhinella spinulosa*, parece estar desarrollando cierta tolerancia a la concentración de metales, pues es la especie que predomina en el ámbito de la UF Quicay. Similar mecanismo se observa en una especie cercana *Rhinella arenarum* en Argentina, que ha logrado adaptarse y sobrevivir en ambientes contaminados (Pollo *et al.*, 2019). Esto a su vez, podría explicar la ausencia de las otras especies de anfibios, particularmente de *Gastrotheca peruana* que tiende a acumular menor cantidad de metales (Tabla 6.45) y solo se registró en la zona control. Es necesario realizar evaluaciones en temporada seca y lluviosa, para determinar si el patrón de distribución y abundancia de las especies de anfibios se mantiene o cambia según la disponibilidad de hábitats reproductivos, que son más abundantes en la época lluviosa.

Finalmente, se recomienda que las actividades realizadas en la UF Quicay estén acompañadas de monitoreos biológicos que incluyan metodologías específicas para cada uno de los grupos taxonómicos estudiados. Particularmente, en el caso de los anfibios que son sensibles a la perturbación de hábitat y contaminación de metales, constituyendo buenos indicadores biológicos ya que presentan una piel semipermeable y atraviesan por ciclos de desarrollo en ecosistemas acuáticos y terrestres, siendo componentes importantes de las cadenas alimenticias (Alford y Richards, 1999; Correia *et al.*, 2014).

7.3. Influencia del botadero de desmonte Este

En la Figura 7.50 se observa los puntos muestreados del botadero Este (BE-01, BE-02 y BE-03), agua superficial (QQuic3, RQ-2, RB-2 y RQuic5), agua subterránea (PZ-8) y agua residual industrial (ARI-16, ARI-15, ARI-14 y ARI-13).

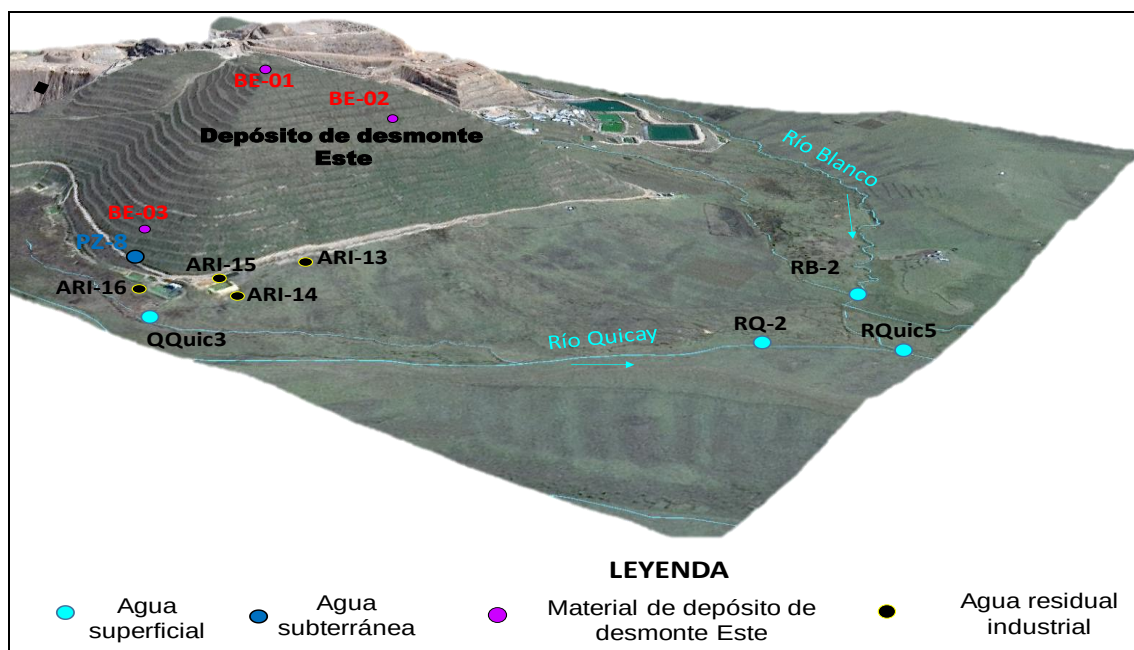


Figura 7.50. Esquema de ubicación de puntos de muestreo en componente minero, agua superficial, agua subterránea y agua residual industrial

En el botadero Este se identificó la poza de acumulación de agua debajo de la poza de sedimentación PS-NCD-05, así mismo, las pozas de sedimentación que recepcionan las aguas de subdrenaje y pluviales procedentes de los botaderos de desmonte Suroeste y Sur, tal como se visualiza en el mapa de construcción de subdrenes en los componentes, Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay (2019), la cual estaría abasteciendo a la planta NCD para su tratamiento (Figura 7.51).

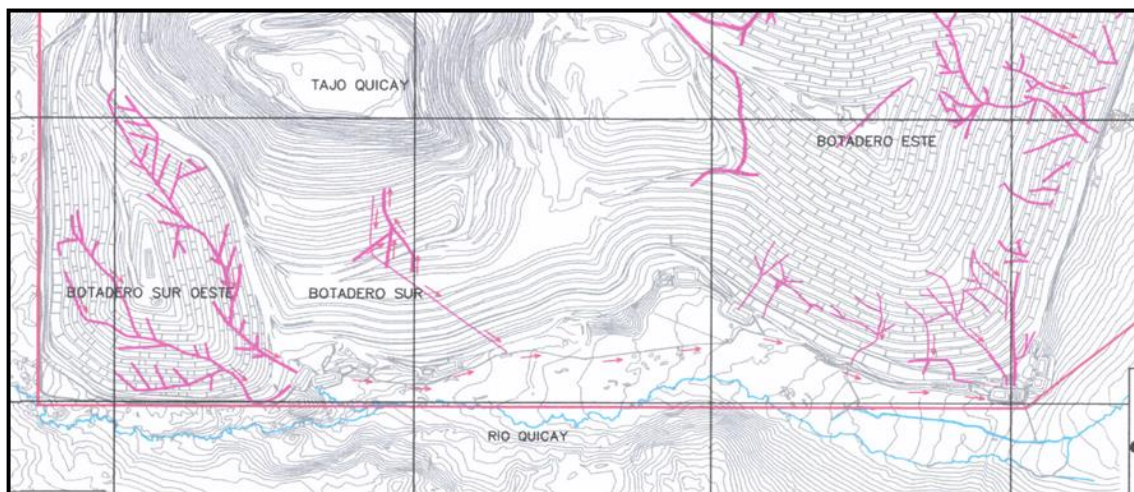
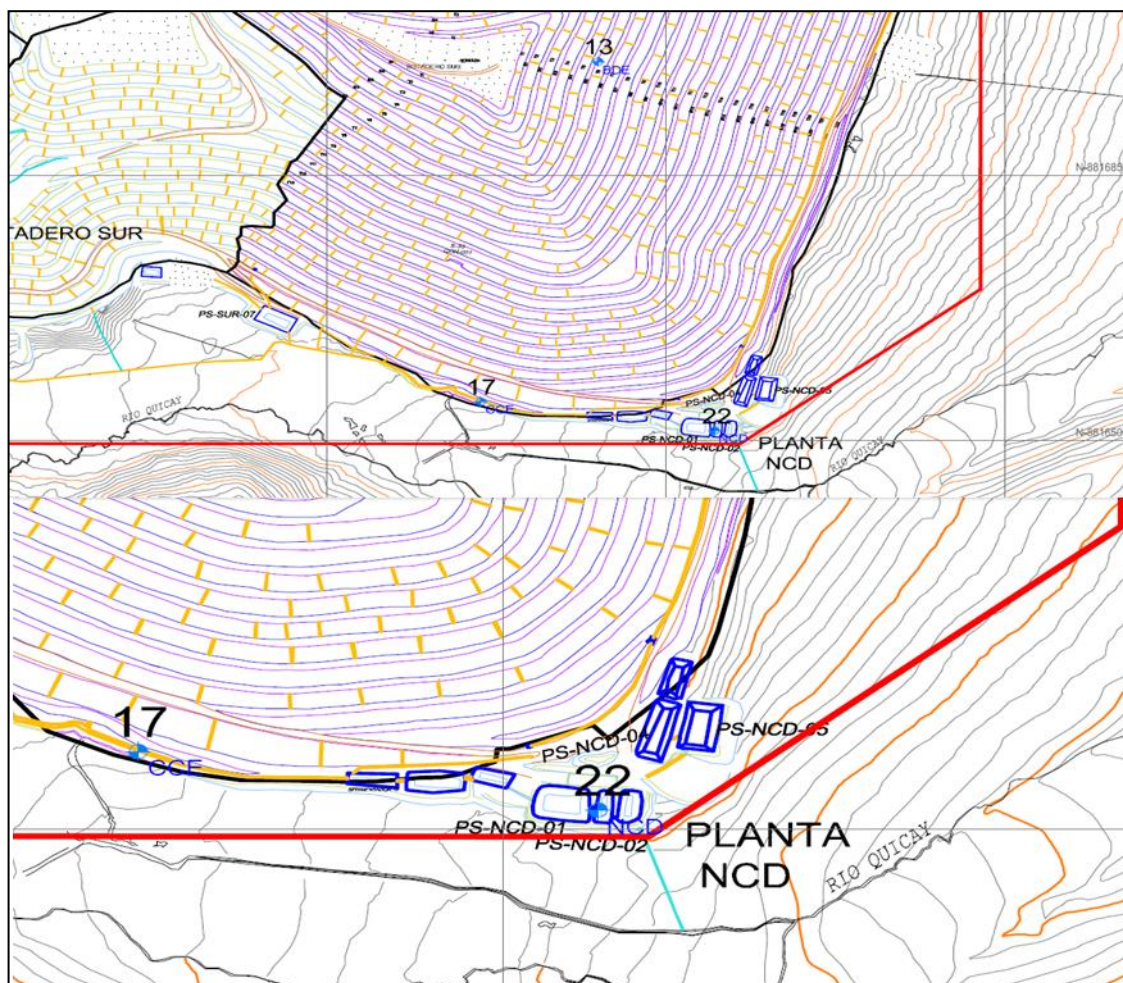


Figura 7.51. Subdrenes de los componentes del área de influencia de la UF Quicay

El instrumento⁴² indica: **«las aguas pluviales son captadas por los canales de colección y derivación, que esta a su vez conducen hacia el canal de coronación. El canal de coronación del botadero Este conduce las aguas pluviales en dos direcciones; el canal del lado Sur y parte del Este con dirección a la planta NCD, el canal del lado Norte y la parte restante del Este a la planta SF-NE1 para su tratamiento y vertimiento»**; tal como se observa en la Figura 7.52.

⁴²

Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay de Corporación Minera Centauro S.A.C., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 228-2019-MEM-DGAAM, el 23 de diciembre de 2019.

**Figura 7.52.** Plano de ubicación de las pozas de sedimentación

Fuente: Modificado a partir de la Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay (2019)

El punto ARI-14 presentó el valor de pH ácido (3,36 unidades) y concentraciones de sulfatos (2099 mg/L), aluminio (143 mg/L) y manganeso (2,3259 mg/L) que superaron o se encuentran fuera del rango, referencialmente, de los valores de los ECA para agua Cat.3-2008 (bebida de animales); siendo el sulfato el más lixiviable que los demás aniones en las muestras BE-01, BE-02 y BE-03 del material del botadero Este. Así mismo, en el punto ARI-16 se presentó un valor de pH ácido (3,64 unidades) y concentraciones de aluminio (9,00 mg/L) y manganeso (0,6403 mg/L) que superaron los valores de la norma en mención. Además de los parámetros mencionados estas aguas presentaron concentraciones de plomo, arsénico, zinc, entre otros.

Respecto al análisis hidroquímico se descarta que su origen sea natural para los puntos aguas residuales industriales (facie sulfatada cálcica y clorurada cálcica) y subterránea (facie sulfatada cálcica), debido a que estos presentan diferentes características hidroquímicas respecto a aguas arriba de la UF Quicay (facie bicarbonatada cálcica), tal como se muestra en la Figura 7.53.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

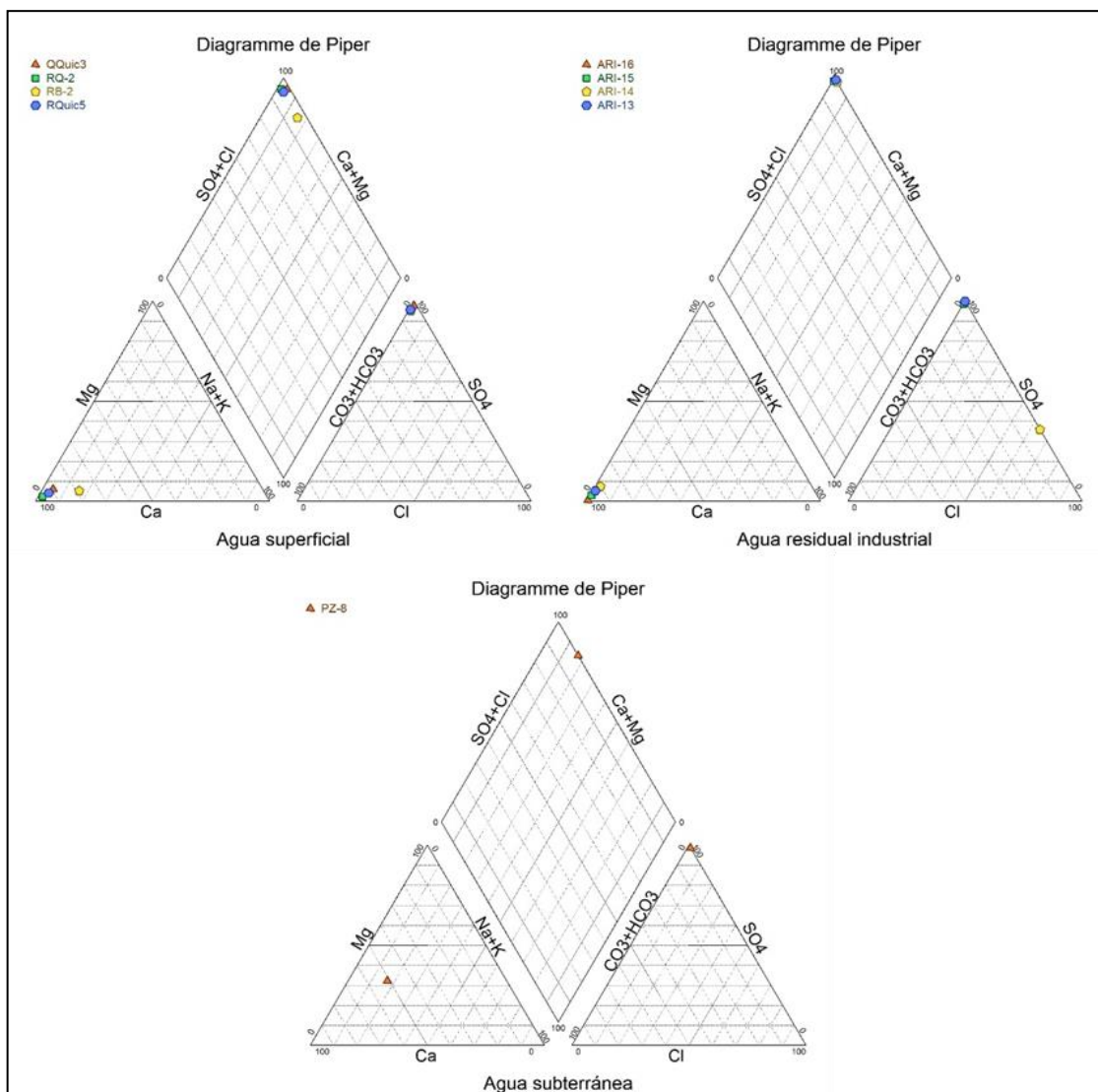


Figura 7.53. Diagrama de Piper de agua superficial, agua residual industrial y agua subterránea

Así mismo, según el diagrama de Stiff se observó una similitud en las geometrías de los polígonos de los puntos agua superficial (QQuic3, RQ-2, RB-2 y RQuic5), agua residual industrial (ARI-16, ARI-15 y ARI-13) y agua subterránea (PZ-8); quienes presentaron más contenido de sales principales de Ca^{2+} y SO_4^{2-} (15,27 Meq/L) para las aguas superficiales; de Ca^{2+} (19,01 Meq/L) y en menor porporción de SO_4^{2-} para el ARI-14; a diferencia de los demás puntos de agua residual industrial (ARI-16, ARI-15 y ARI-13) que presentaron incremento de sales de Ca^{2+} y SO_4^{2-} . Finalmente, las aguas subterráneas presentaron incremento de sales de Ca^{2+} y SO_4^{2-} (2,87 Meq/L), tal como se observa en la Figura 7.54.

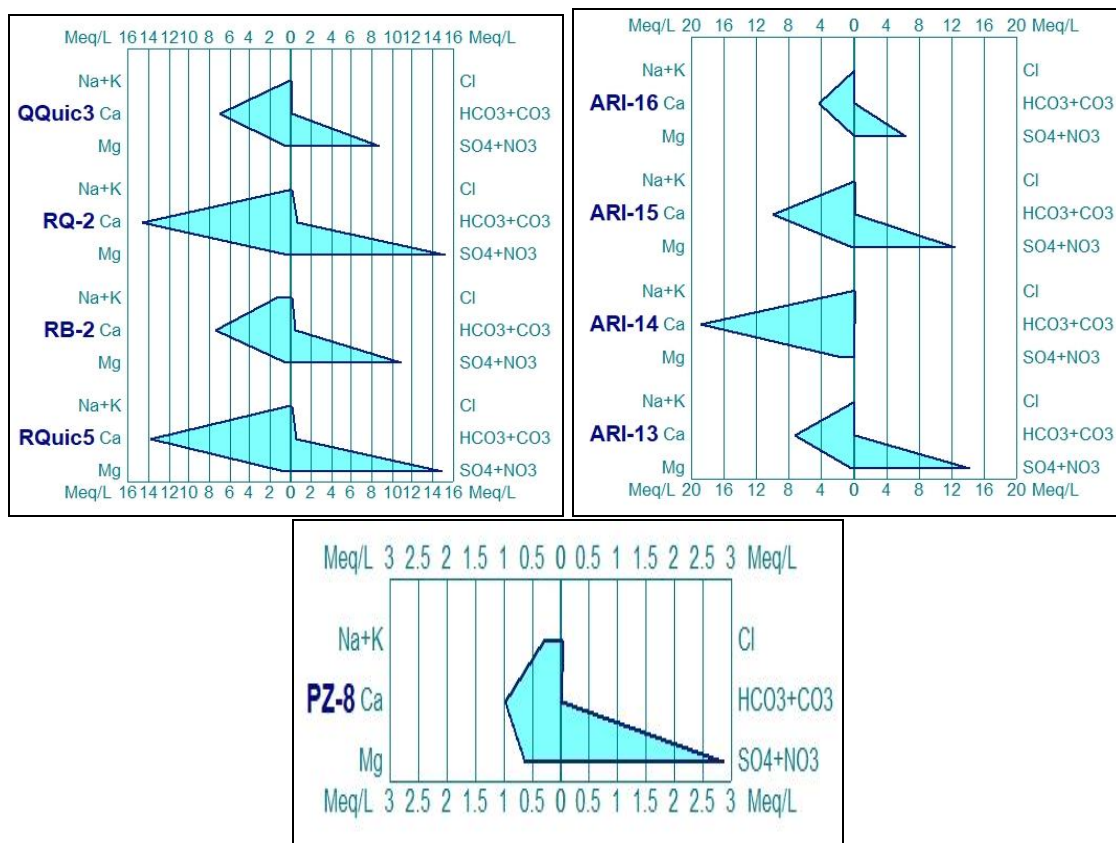


Figura 7.54. Diagrama de STIFF de agua superficial, agua residual industrial y piezómetros

Según los perfiles de la tomografía de resistividad eléctrica L-05, L-06 y L-07 (Figura 7.55), se determinó que el agua subterránea se ve afectada por el botadero Este con dirección de flujo norte a sur. Esto se refleja en las resistividades que presentan la zona A de las secciones (10 a 50 Ohm.m), los valores de campo obtenidos en el PZ-8 con valor de pH de 5,96 unidades y conductividad eléctrica de 268 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando en las secciones una anomalía de baja resistividad (10 a 17 Ohm.m) en ese sector, a una profundidad variable de 8 a 20 m en toda el área de influencia de las L-05, L-06 y L-07; se precisa que, los valores de 8 a 17 Ohm.m en esta zona correspondería a material de desmonte, cuaternario con lixiviados y soluciones diluidas de sales mineralizadas, usualmente estos presentan valores de resistividades menores a 15 Ohm.m (Reynolds, 2011; Gasulla 1999), como se visualiza en las secciones y la vista 3D (Figura 7.56).

Por otra parte, los ARI-16 y ARI-14 de composición ácida no tienen mayor afectación en las aguas subterráneas relacionadas con las líneas L-04 y L-14 respectivamente, debido a que se trata de aguas locales y superficiales; así mismo, visualizamos la zona B (51 a 171 Ohm.m) relacionado a depósitos cuaternarios glacial fluvial semiconsolidado, y la zona C (172 a 501 Ohm.m) relacionado a material semiconsolidado a consolidado asociado a rocas volcánicas porfíricas (andesita/dacita), ver Figuras 7.55 y 7.56.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

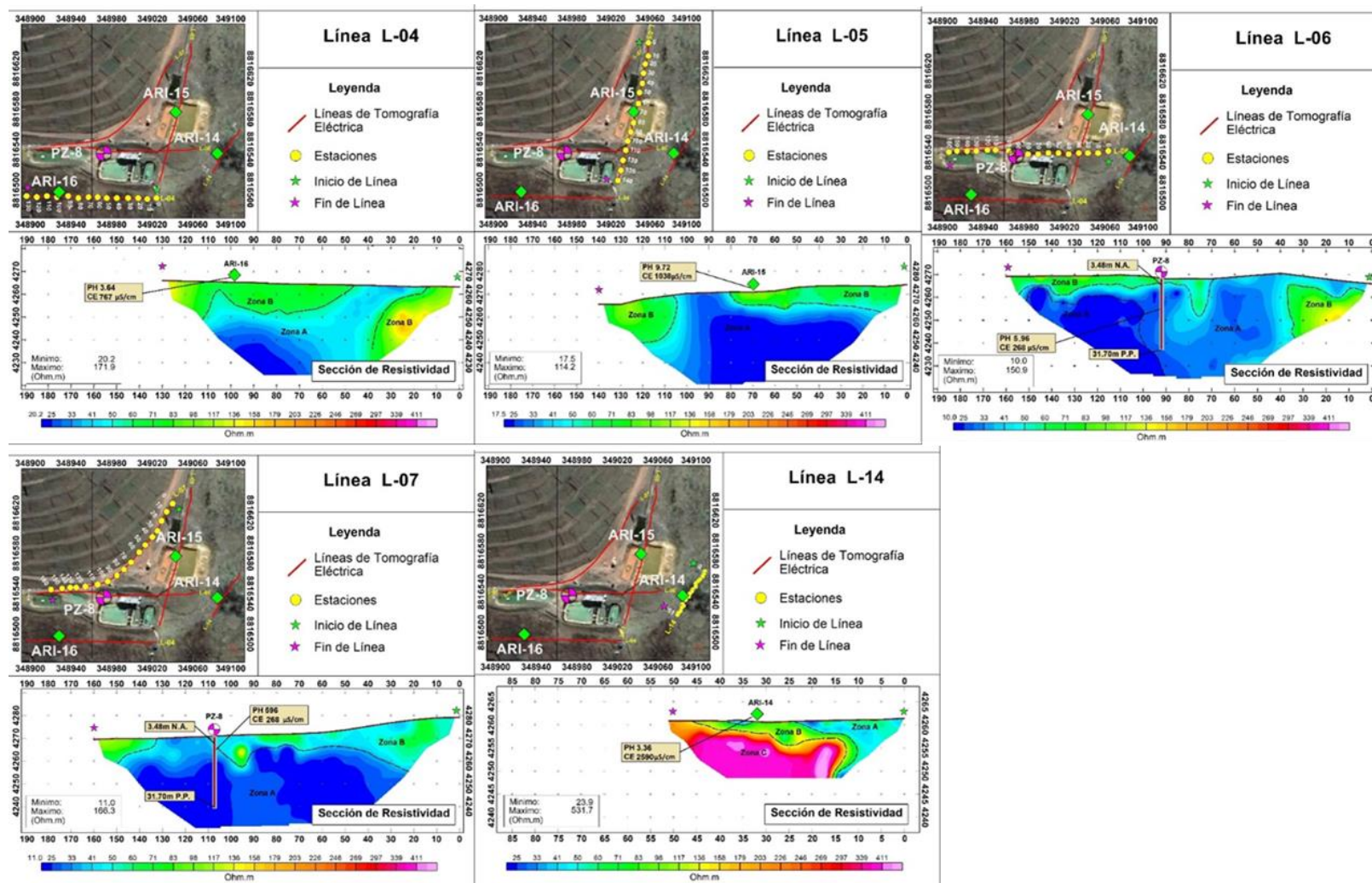


Figura 7.55. Líneas tomográficas L-04, L-05, L-06, L-07 y L-14

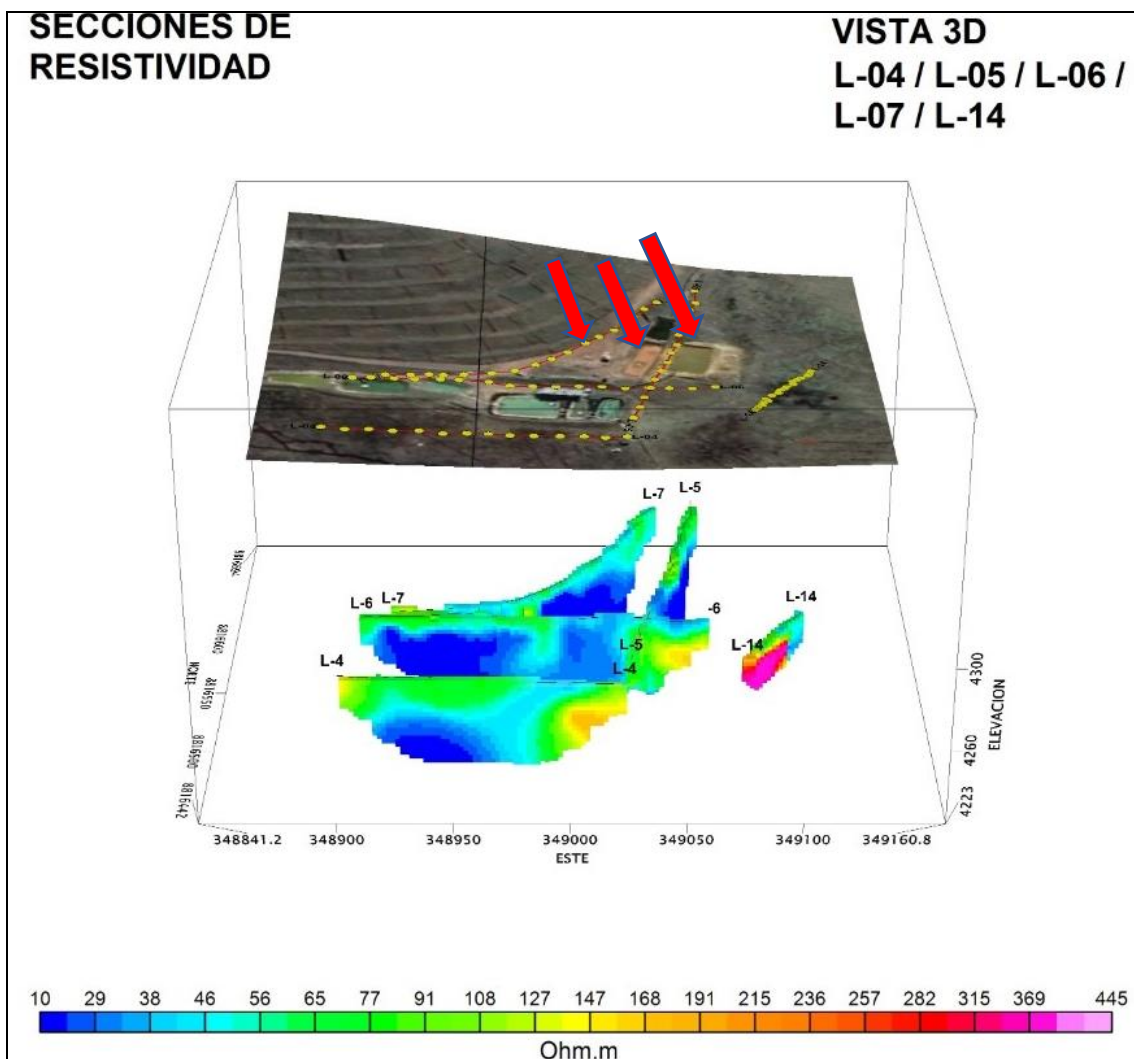


Figura 7.56. Líneas tomográficas L-4, L-5, L-6, L-7 y L-14 en 3D

En las Figuras 7.57 y 7.58, se caracterizó la litología de las zonas, precisando que la línea L-01 se realizó en la parte baja del depósito de desmonte Este, y las L-02 y L-03 en parte de dicho botadero. La zona A (16 a 50 Ohm.m) en las 3 secciones se evidencia la baja resistividad en la línea L-01 asociada a cuaternarios, y en las L-02 y L-03 relacionada al material del botadero de desmonte Este, viéndose reflejado el flujo superficial en el ARI-13 de composición ácida (pH=5,08 unidades y CE=850 μ S/cm).

Respecto a la zona B de 51 a 138 Ohm.m, se encuentra relacionado a depósitos cuaternarios en la L-01, y al botadero de desmonte Este con cierto grado de humedad para las líneas L-02 y L-03. Y, la zona C (139 a 523 Ohm.m) en las secciones, está relacionado a material consolidado del botadero Este y rocas volcánicas (andesita/dacita) con menor grado de humedad.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

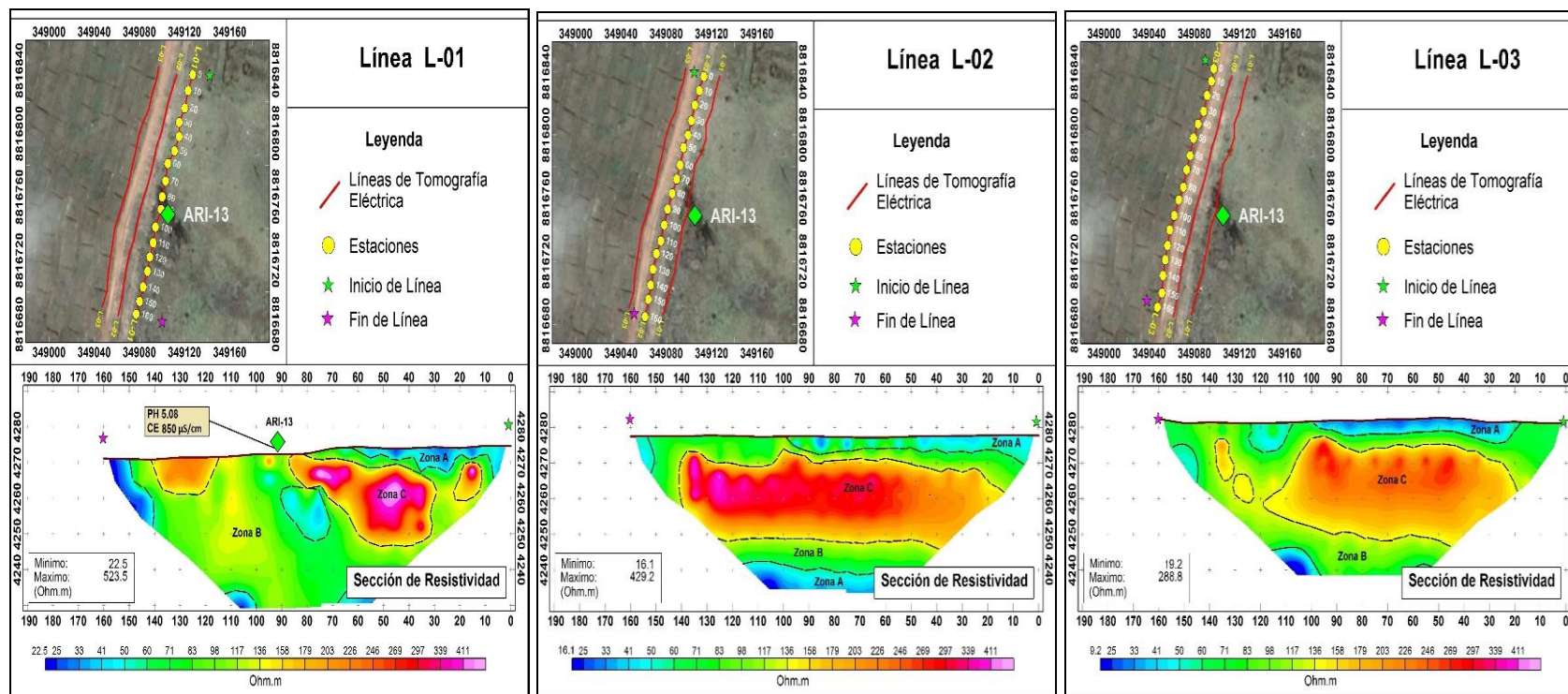


Figura 7.57. Líneas tomográficas L-01, L-02 y L-03

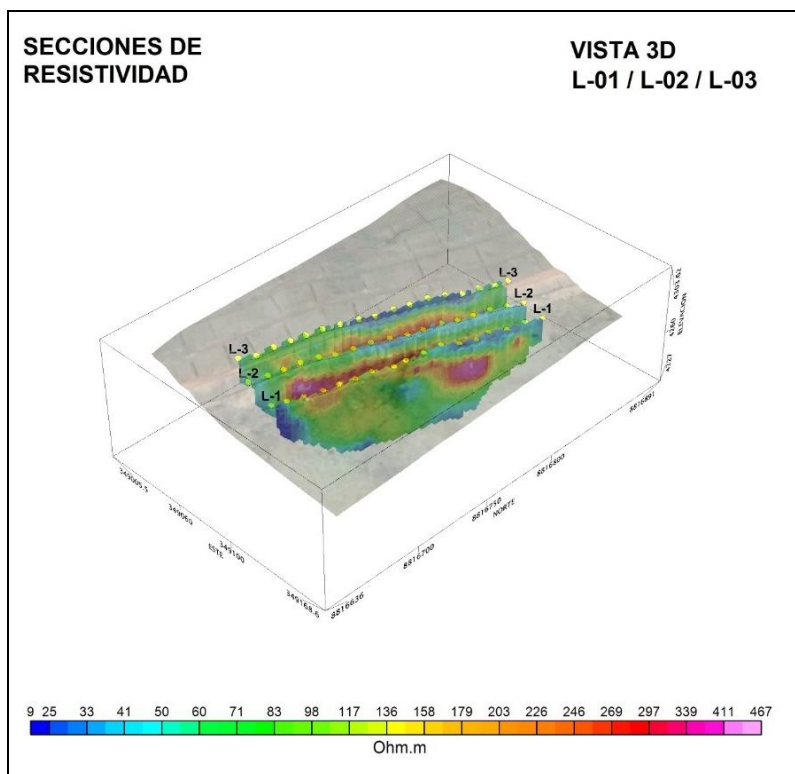


Figura 7.58. Líneas tomográficas L-01, L-02 y L-03 en 3D

Respecto a la calidad del suelo en el API-2 se identificaron concentraciones significativas de metales en varios puntos de muestreo del área en evaluación. Se registraron concentraciones que superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola correspondientes a los metales As, Cd y Pb. También se compararon los resultados con los niveles de fondo respectivos, observando excedencias con los mismos metales y Ba, Fe, Sn, entre otros. Frente a este indicio de contaminación producto de las actividades mineras aledañas, se compararon los resultados con los registrados en el botadero de desmonte y roca, tal como se presenta en la Figura 7.59, en donde se puede apreciar que las concentraciones de metales en roca y el botadero presentan una ligera diferencia, conteniendo más concentraciones las muestras de los componentes mineros.

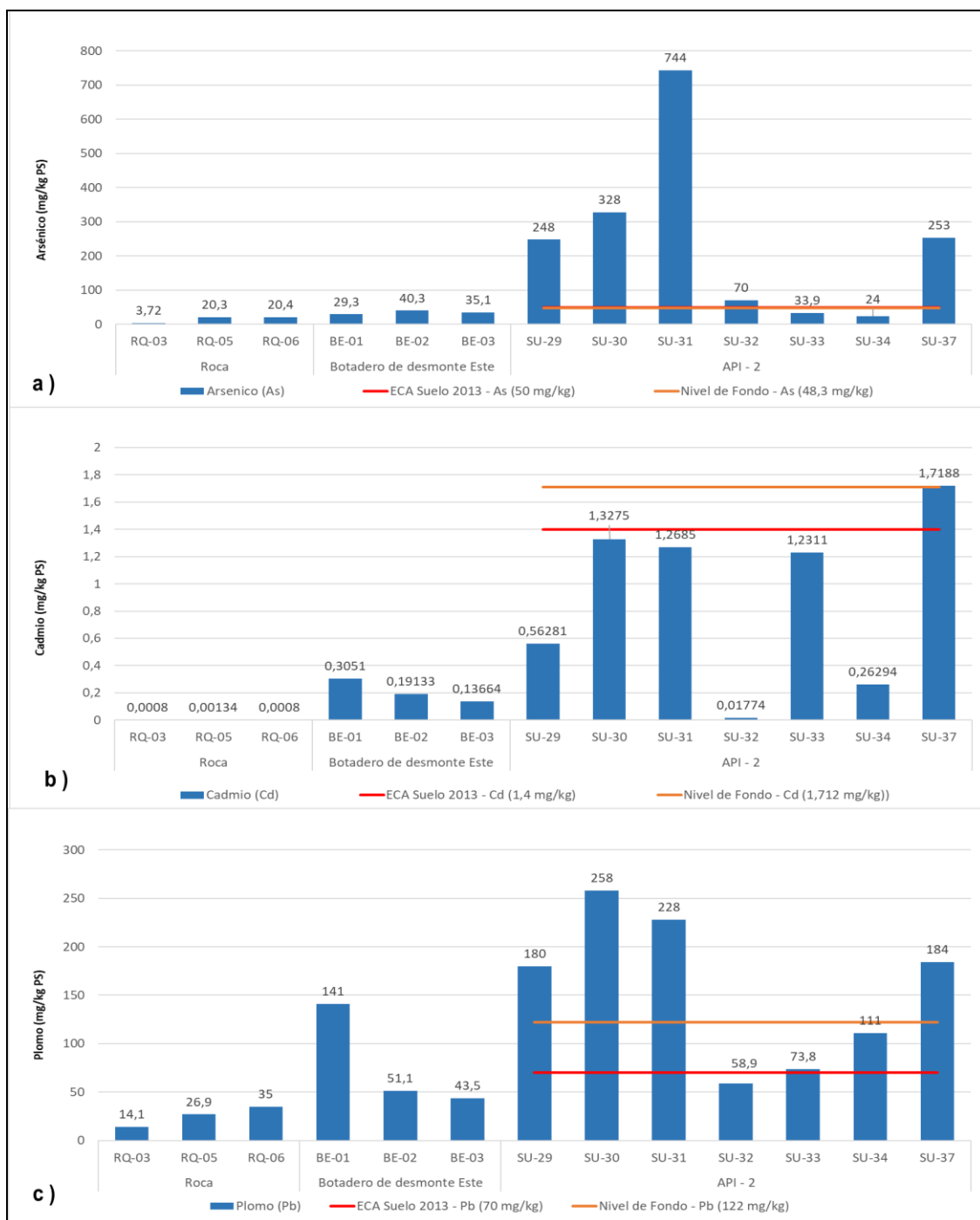
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud


Figura 7.59. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-2, botadero de desmonte Este y afloramiento rocoso

En el API-2 se presentaron concentraciones anómalas en 4 puntos de muestreo: SU-31, SU-32, SU-33 y SU-37, tal como se observa en la Figura 7.60 (caja y bigotes), donde se aprecia que las concentraciones se encuentran por encima del límite superior del diagrama lo cual podría corresponder a contaminación ajena al lugar.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

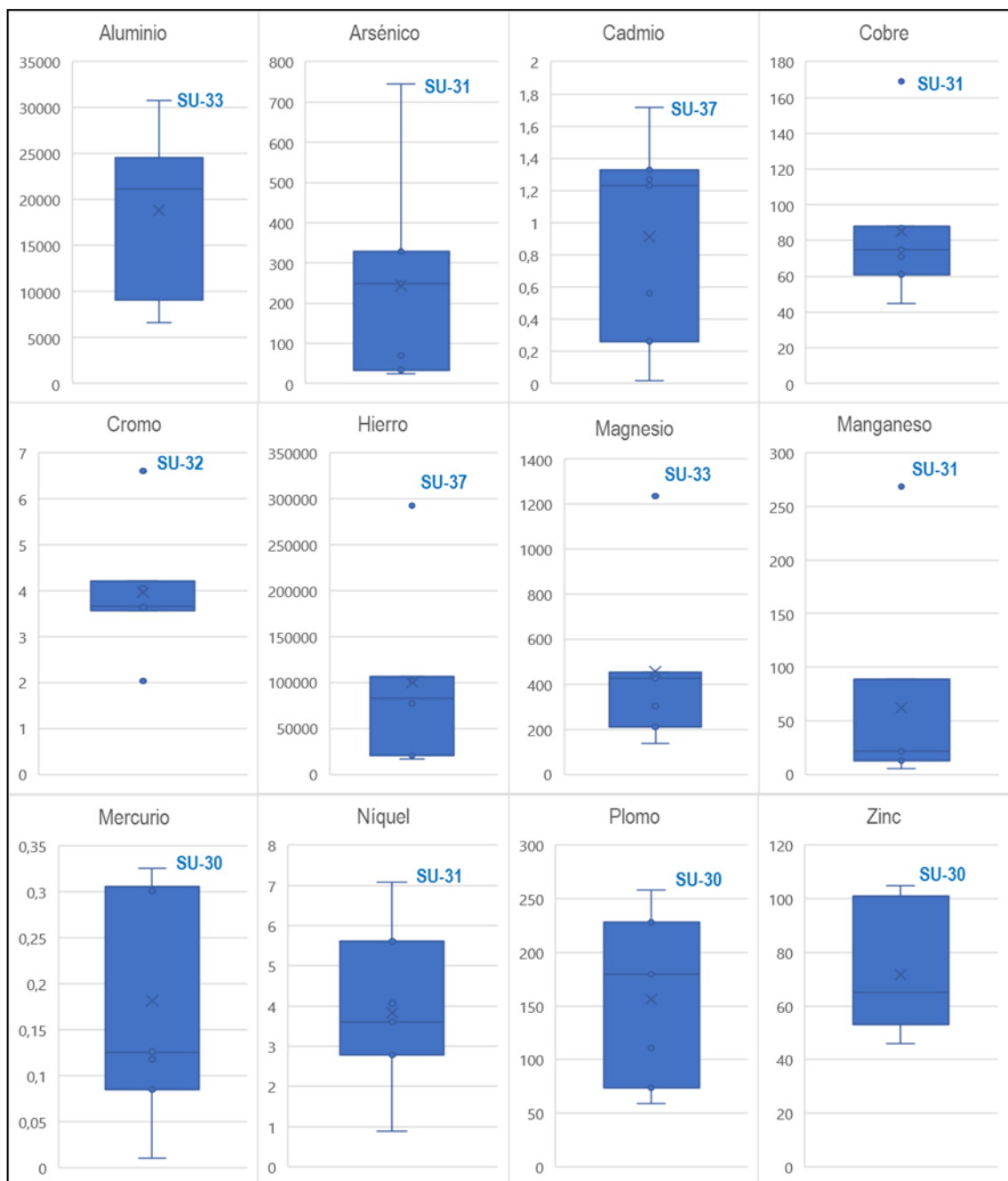


Figura 7.60. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-2

La Figura 7.61 muestra las distribuciones de las concentraciones de los metales arsénico, cadmio, cobre, manganeso, plomo y hierro, observando las mayores concentraciones entorno a los puntos SU-30, SU-31 y SU-37 (ubicados en la parte inferior de cada una de las figuras), en la zona cercana al curso del río Quicay, donde podrían estar acumulándose los metales. Además, hay que considerar que el API-2 se ubica aproximadamente a 60 m de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD y la poza de sedimentación PS-NCD-05.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

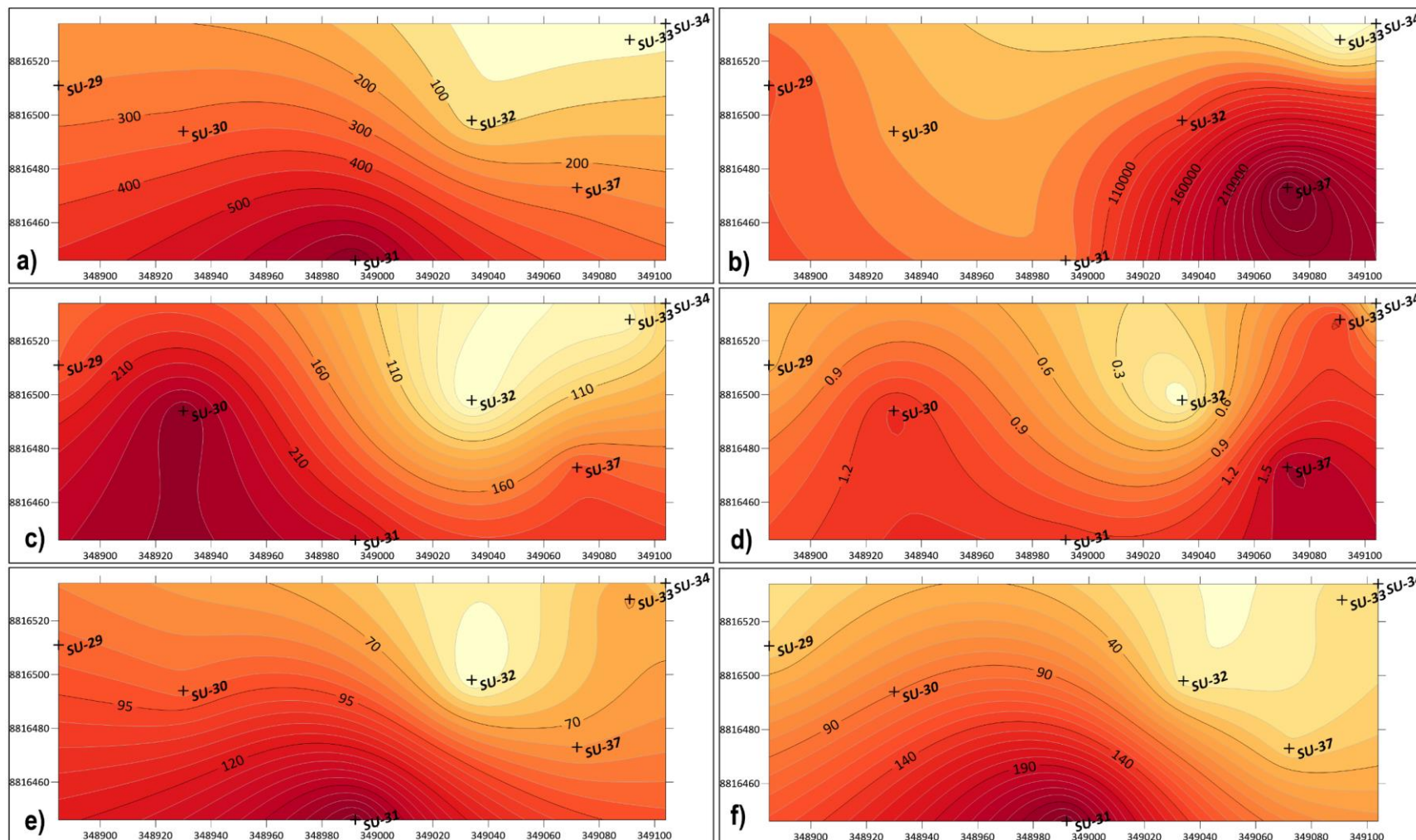


Figura 7.61. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) plomo, d) hierro, e) cobre y f) manganeso en el API-2

En la API-2 se registraron 4 puntos, donde sus concentraciones de arsénico triplicaron los valores establecidos en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola. Algo similar sucedió con el plomo donde 2 puntos de muestreo triplicaron dichos estándares. En la Figura 7.62 se puede observar el punto de muestreo SU-29, donde existe una discontinuidad en la vegetación del lugar, ocasionada por filtraciones o escorrentía proveniente del canal de coronación. En los puntos SU-30 y SU-31 se registraron concentraciones de As y Pb que superaron significativamente los valores de la norma antes mencionada.



Figura 7.62. Vista de la zona (API-2) donde se ubica el punto SU-29 a escasos metros del canal de coronación sur

Se efectuó una calicata en el punto SU-37 (API-2) a aproximadamente 60 m de la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD y la poza de sedimentación PS-NCD-05. En dicha calicata se pudo observar una capa anómala en el perfil del suelo, siendo discordante, de aproximadamente 3 cm, la cual registró en más del doble de concentración de As de lo registrado en los primeros 25 cm. La presencia de esta capa anómala es testigo de la ocurrencia pasada de algún evento de derrame o desborde de las pozas ubicadas en cotas superiores, arrastrando material fino ajeno a las características del tipo de suelo correspondiente (Figura 7.63).



Figura 7.63. Calicata en el punto SU-37 del API-2

La capa anómala registrada en la calicata CAL-Q-02, se evidenció en los cuatro lados de la misma, lo cual indica que no se trató de un hecho puntual, sino que posiblemente abarcó un área mayor. Esto es confirmado por el análisis multitemporal realizado en la API-2, en el cual se determinaron las variaciones en la cobertura vegetal por actividades externas a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) entre 1988 y 2020, según se presenta en la Figura 7.64.

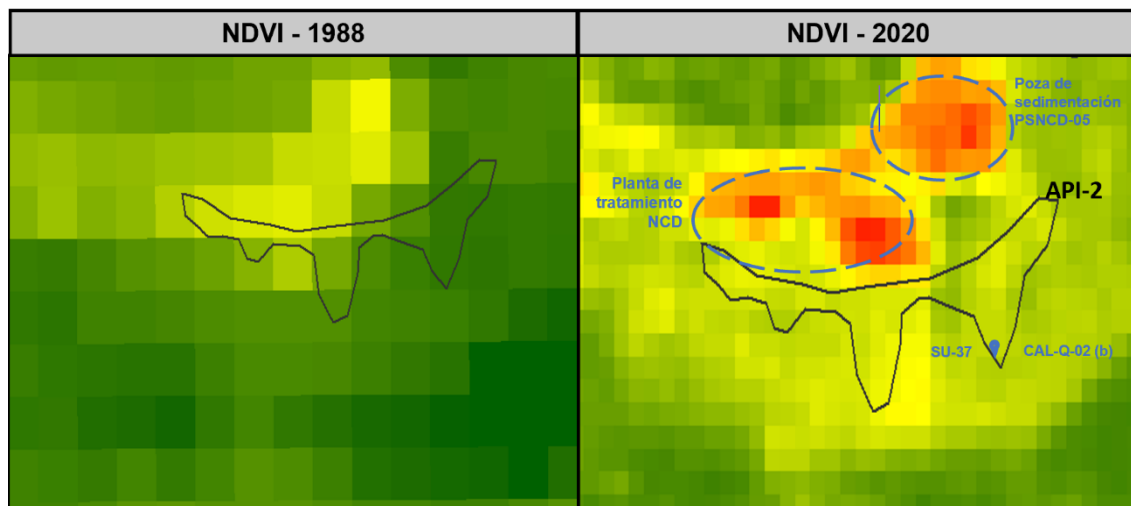


Figura 7.64. Planta NCD y Pozo de sedimentación ubicadas en las imágenes de variación multitemporal del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) en el API-2

En cuanto a la calidad del suelo en el API-1 se identificaron concentraciones significativas de metales en varios puntos de muestreo del área en evaluación. Se registraron concentraciones que superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola correspondientes a los metales As, Cd y Pb. También se compararon los resultados con los niveles de fondo respectivos, observando excedencias de As, Ba, Fe, Sn, entre otros. Frente a este indicio de contaminación producto de las actividades mineras aledañas, se compararon los resultados con los registrados en el botadero de desmonte y roca, tal como se presenta en la Figura 7.65; en donde se puede apreciar que las concentraciones de metales en roca y el botadero son similares o menores que las registradas en dicho API.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

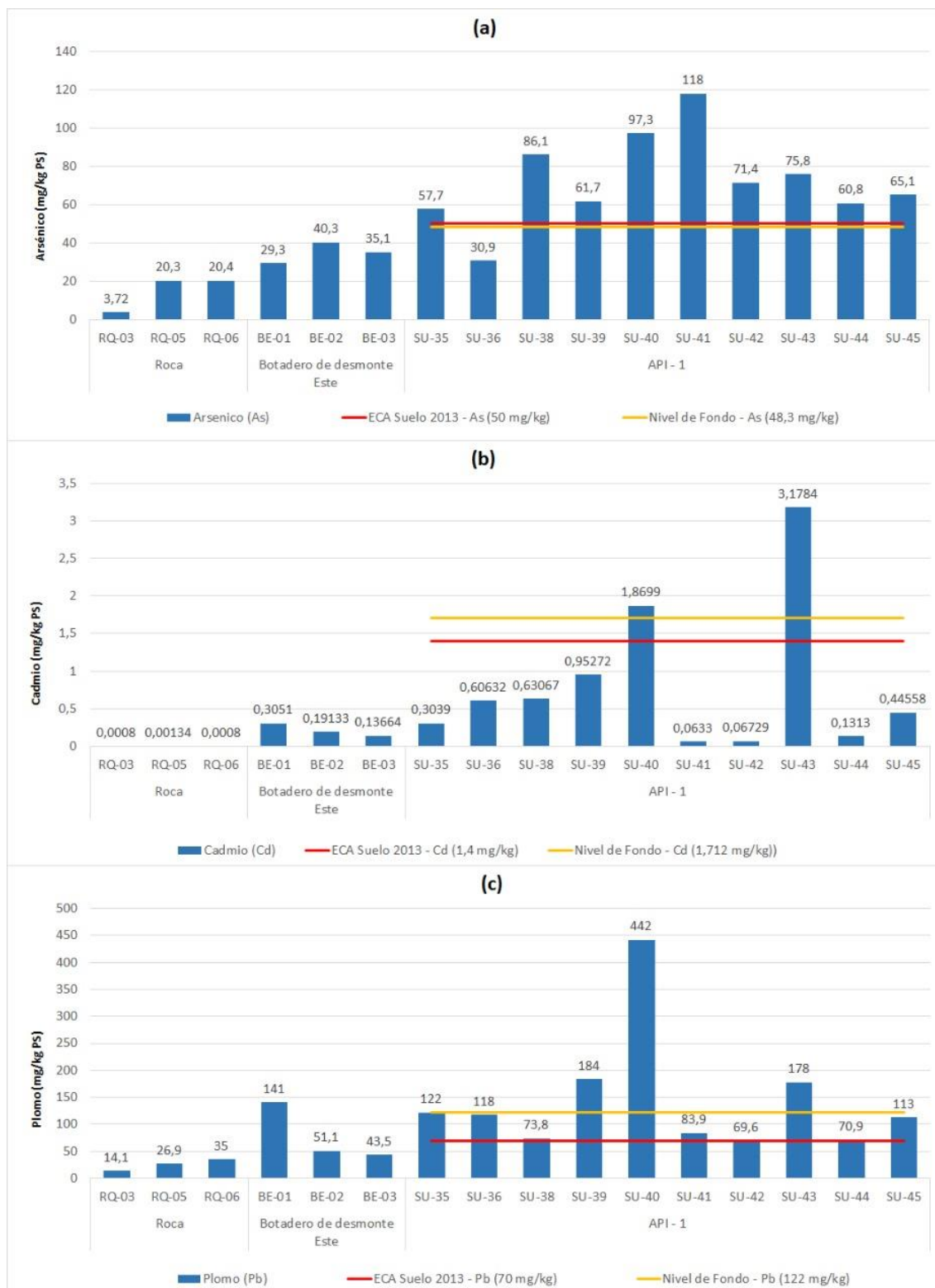


Figura 7.65. Comparación de concentraciones de metales: a) arsénico, b) cadmio y c) plomo, en el API-1, botadero de desmonte Este y afloramiento rocoso

Entre todos los puntos de muestreo de suelo del API-1, los puntos SU-40 y SU-43 presentaron altas concentraciones en repetidas ocasiones para cada metal según se

observa en la Figura 7.66 (caja y bigotes). Asimismo, de la misma figura se aprecia que en algunos casos las concentraciones que pertenecen a los puntos SU-40, SU-43 y SU-41 se encuentran por encima del límite superior del diagrama, indicando una anomalía, la cual podría corresponder a contaminación ajena al lugar.

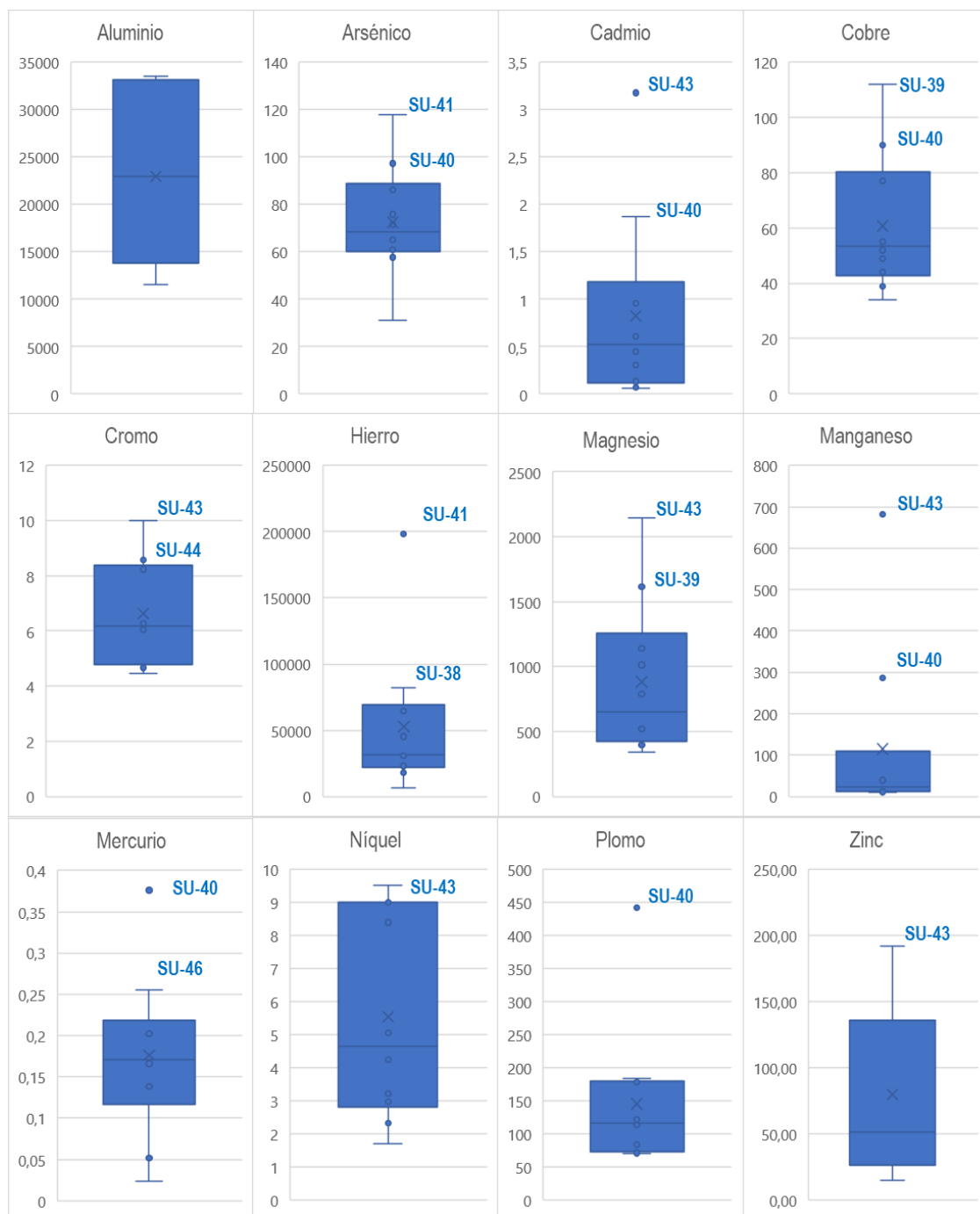


Figura 7.66. Diagrama de cajas y bigote de concentraciones de metales totales en el API-1

La Figura 7.67 muestra las distribuciones de las concentraciones de los metales arsénico, cadmio, cobre, cromo, níquel y plomo, lo que indica que la mayor concentración de elementos se encuentra en los puntos SU-40 y SU-43.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

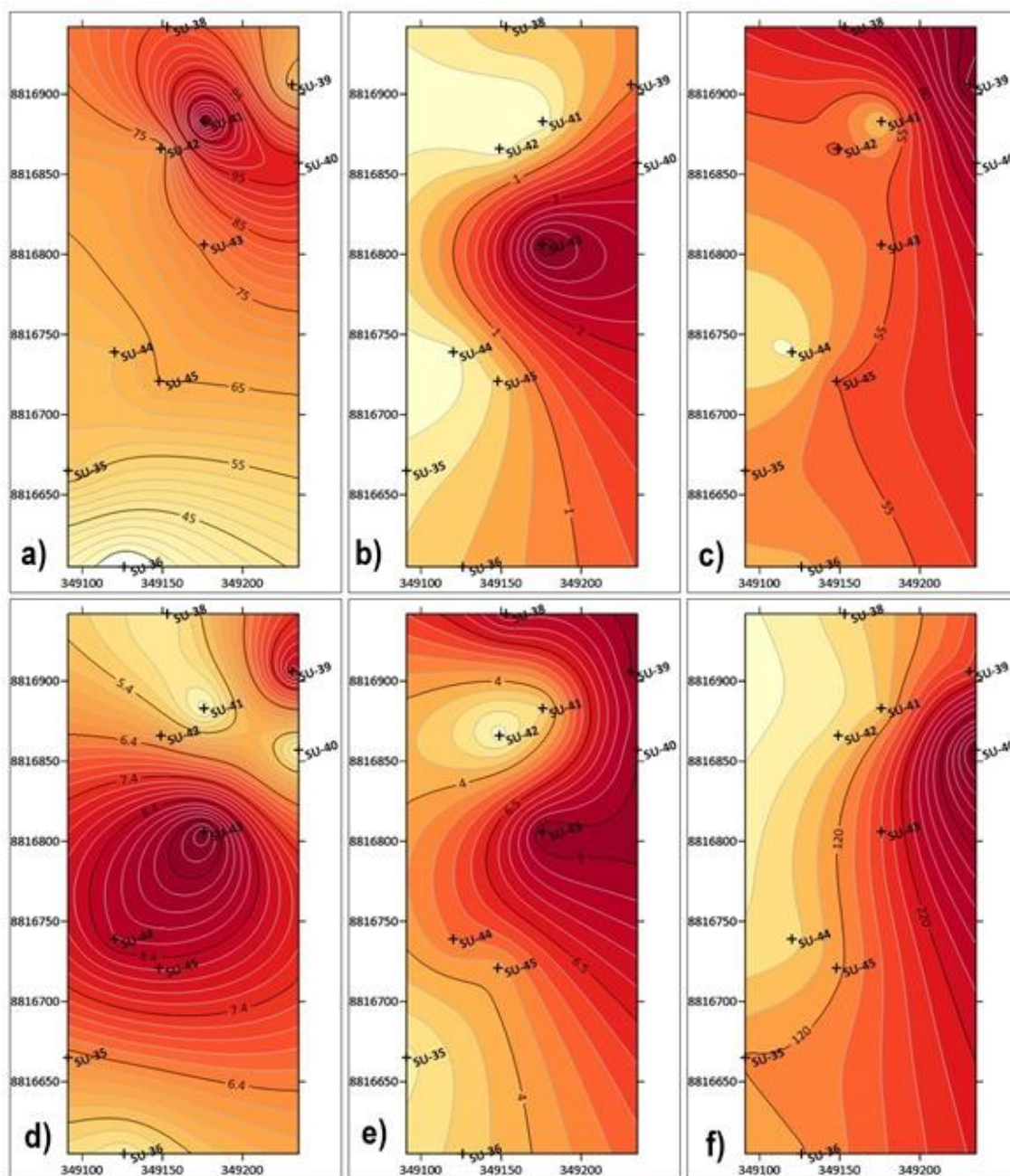


Figura 7.67. Distribución de concentraciones de a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) cromo, e) níquel y f) plomo en el API-1

Respecto a la flora, en el API-1 (Figura 7.68) la formación vegetal predominante es el bofedal con dominancia de *Plantago rigida*, aunque también presenta parches de césped de Puna con dominancia de *Trichophorum rigidum* y *Aciachne acicularis*. En esta API se registró el valor más bajo de riqueza (19 especies) y el segundo más bajo en cobertura vegetal con 66,6 %. Entre las especies observadas se seleccionó a la especie *Plantago rigida* para el estudio de tejido vegetal.

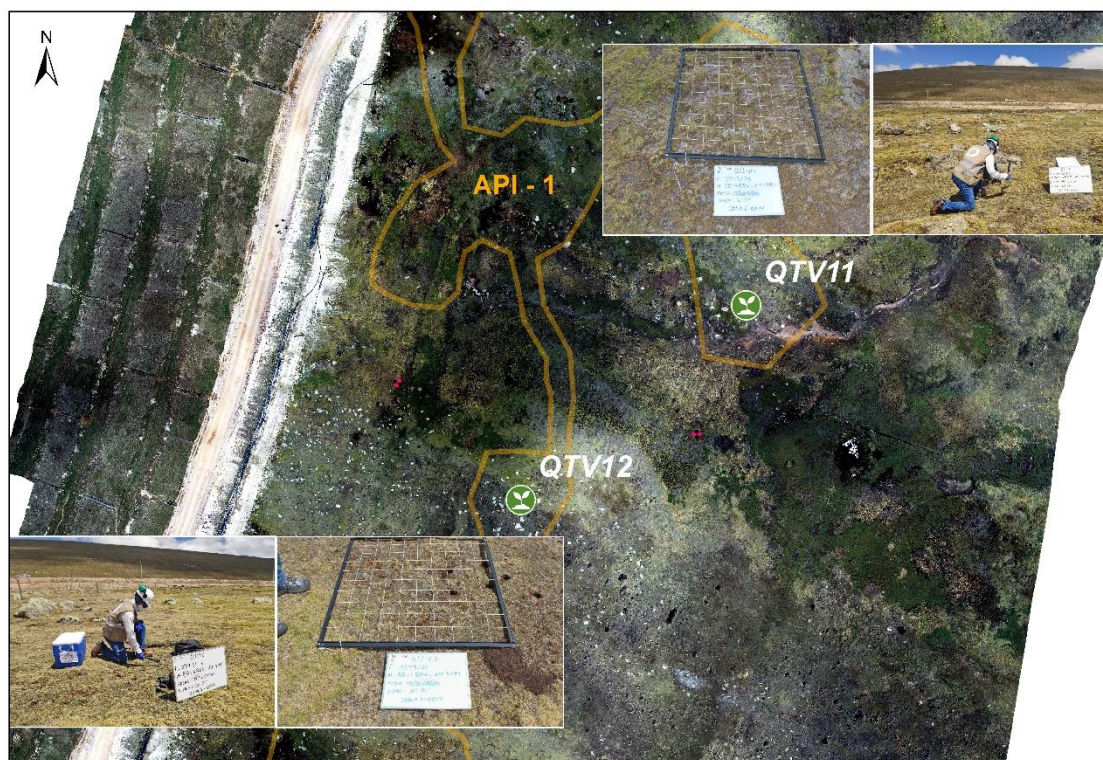


Figura 7.68. Fotografía aérea del API-1, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal

Los resultados obtenidos en las muestras de tejido vegetal en el área de estudio, muestran valores de concentración de metales diferentes entre la raíz y la parte aérea, con concentraciones mucho más elevadas en la raíz (Figura 7.69). Además, se observa una diferencia clara entre la carga de metales encontrado entre el sitio control y el API-1, presentando las concentraciones más altas en esta área, específicamente en el punto QTV11. Los metales que mayor diferencia presentaron fueron arsénico, cadmio, plomo y hierro; estas concentraciones en la parte aérea de las muestras colectadas en el API representan en promedio para arsénico un 238 % a las concentraciones registradas en la muestra obtenida en el sitio control, 371 % en cadmio, 150 % en hierro y 708 % en plomo. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representan en promedio para arsénico un 195 % a las concentraciones registradas en la muestra obtenida en el sitio control, 348 % en cadmio, 122 % en hierro y 199 % en plomo. Para ambos casos los metales cadmio y plomo fueron los que mayor diferencia presentaron con respecto a los valores encontrados en el punto control.

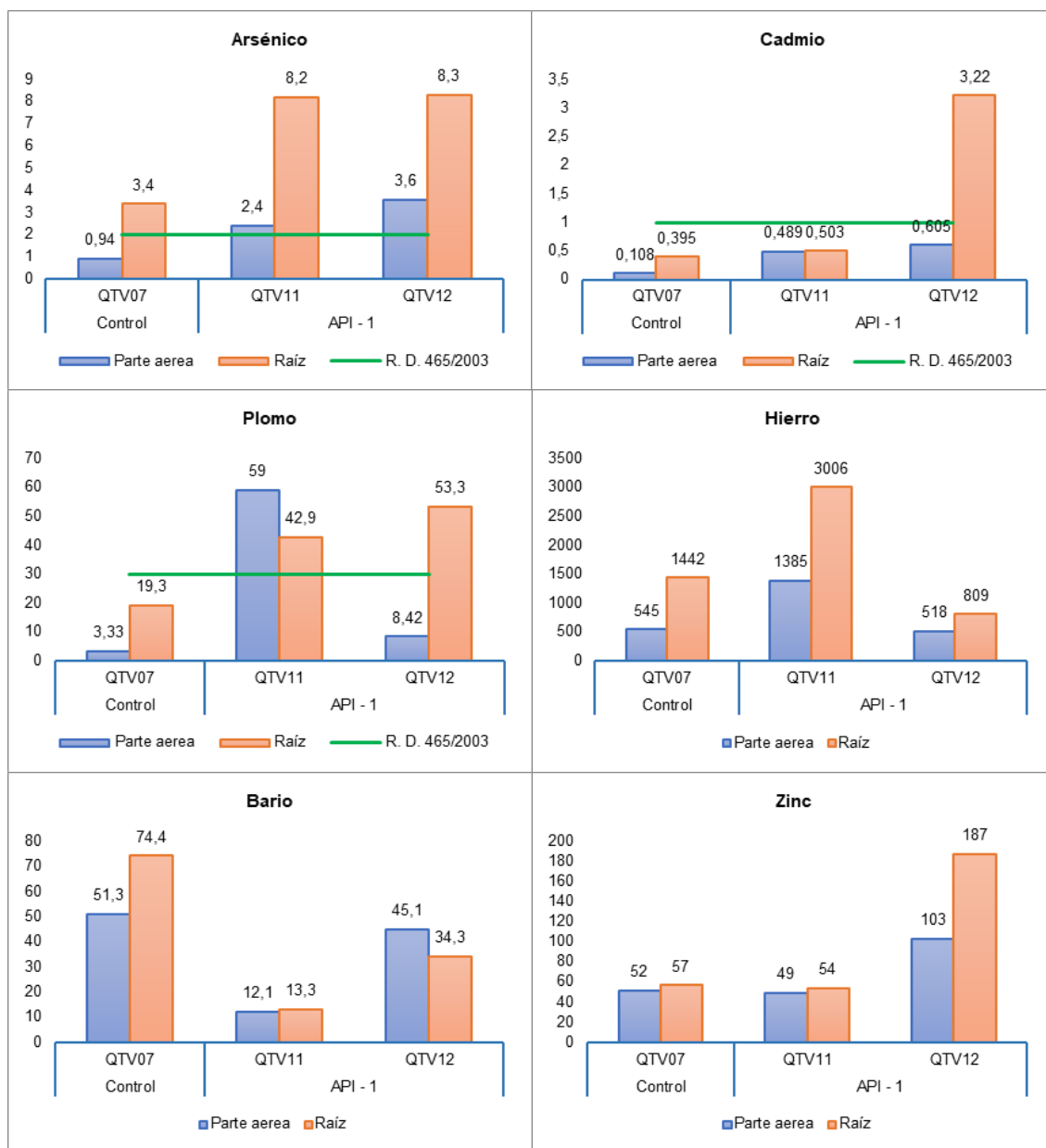
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud


Figura 7.69. Concentración de metales obtenidos en *Plantago rigida* del API-1 y sitio control

Las concentraciones obtenidas en las 2 muestras de la parte aérea de *Plantago rigida*, colectadas en el API-1 superaron, de manera referencial, el contenido máximo de los metales de arsénico y plomo establecidos en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española; sin embargo, los valores encontrados en el sitio control no superaron en ninguno de los metales mencionados. Siendo las concentraciones para arsénico 2,4 y 3,6 mg/kg (puntos QTV11 y QTV12 respectivamente) versus 2 mg/kg (valor en el Real Decreto 465/2003); y para plomo 59 mg/kg (en el punto QTV11) versus 30 mg/kg (valor en el Real Decreto 465/2003).

Además, en la Figura 7.70 se puede observar que las concentraciones de plomo de los puntos QTV-11 y QTV-12 se encuentran en el rango de los niveles de toxicidad, y para arsénico y cadmio se encuentran al borde superior de los rangos normales, según Fasani (2012). Estas muestras fueron colectadas en los puntos de suelo SU-40 y SU-43

respectivamente, cuyos valores de arsénico, cadmio y plomo superaron los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola.

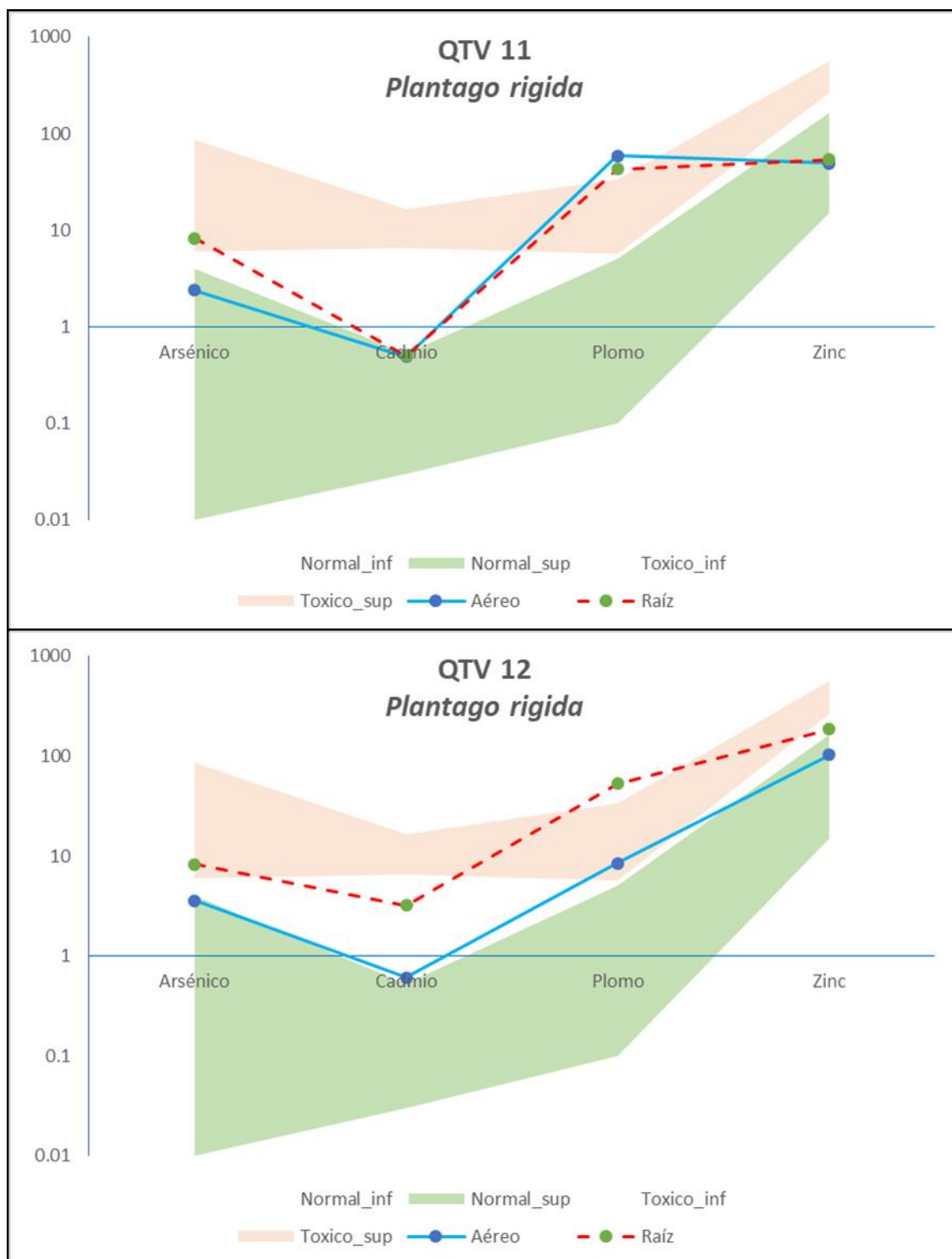


Figura 7.70. Valores en escala logarítmica de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc de los puntos QTV-11 y QTV-12, en relación a los niveles normales y de toxicidad según Fasani (2012)

Respecto al API-2 (Figura 7.71), la formación vegetal predominante es el bofedal con dominancia de *Plantago rigida*, aunque también presenta parches de césped de Puna con dominancia de *Calamagrostis* cf. *brevifolia*. En esta API se registró el segundo valor más bajo de riqueza (22 especies) y el primero más bajo en cobertura vegetal con 54,6 %. Entre las especies registradas se seleccionó a las especies *Plantago rigida*, *Calamagrostis* cf. *brevifolia* y *Calamagrostis* cf. *tarmensis* para el estudio de tejido vegetal.



Figura 7.71. Fotografía aérea del API-2, indicando los puntos de toma de muestra para tejido vegetal

Los resultados obtenidos en las muestras de tejido vegetal en el área de estudio, muestran valores de concentración de metales diferentes entre la raíz y la parte aérea, con concentraciones mucho más elevadas en la raíz (Figura 7.72). Además, se observa una diferencia clara entre la carga de metales encontrado entre el sitio control y el API-2, principalmente en los metales hierro, arsénico y plomo.

Para *Calamagrostis* cf. *tarmensis*, los metales que presentan mayor diferencia fueron arsénico, hierro y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representaron para arsénico un 2560 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 2186 % en hierro y 695 % en plomo. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representaron para arsénico un 4789 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 5029 % en hierro y 299 % en plomo. Para ambos casos los metales arsénico y hierro fueron los que mayor diferencia presentaron con respecto a los valores encontrados en el punto control.

Sobre *Calamagrostis* cf. *brevifolia*, los metales que presentaron mayor diferencia fueron hierro, arsénico y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representaron para hierro un 910 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 537 % en arsénico y 236 % en plomo. Además, para la raíz se evidencia un



comportamiento similar en donde las concentraciones reportadas en el API representaron para hierro un 11929 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 4103 % en arsénico y 804 % en plomo. Para ambos casos los metales hierro y arsénico fueron los que mayor diferencia presentaron con respecto a los valores encontrados en el punto control.

En cuanto a *Plantago rigida*, los metales que presentaron mayor diferencia fueron hierro, arsénico, cadmio y plomo; estas concentraciones en la parte aérea de la muestra colectada en el API representaron para hierro un 1359 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 553 % en arsénico, 535 % en cadmio y 447 % en plomo. Asimismo, para la raíz se observa un comportamiento similar en donde las concentraciones encontradas en el API representaron para hierro un 202 % a la registrada en la muestra obtenida en el sitio control, 162 % en arsénico y 134 % en plomo. Para ambos casos los metales hierro y arsénico fueron los que mayor diferencia presentaron con respecto a los valores encontrados en el punto control.

Las concentraciones obtenidas en las muestras de la parte aérea de las 3 especies colectadas en el API-2 superaron, de manera referencial, el contenido máximo del metal arsénico establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española; por otro lado, los valores encontrados en el sitio control no superaron el valor del metal en mención. Siendo la concentración para arsénico de 2,2; 6,4 y 5,2 mg/kg (puntos QTV14, QTV15 y QTV13 respectivamente) versus 2 mg/kg (valor en el Real Decreto 465/2003).

Metales como Hg, Cd, As y Se, son muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de los microorganismos vivos (Llugany *et al.*, 2007). Por lo cual, estas especies (o especies aledañas a los puntos de colecta) en el API-2 podrían ser un potencial peligro, si es consumida por la fauna local.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Universalización de la Salud

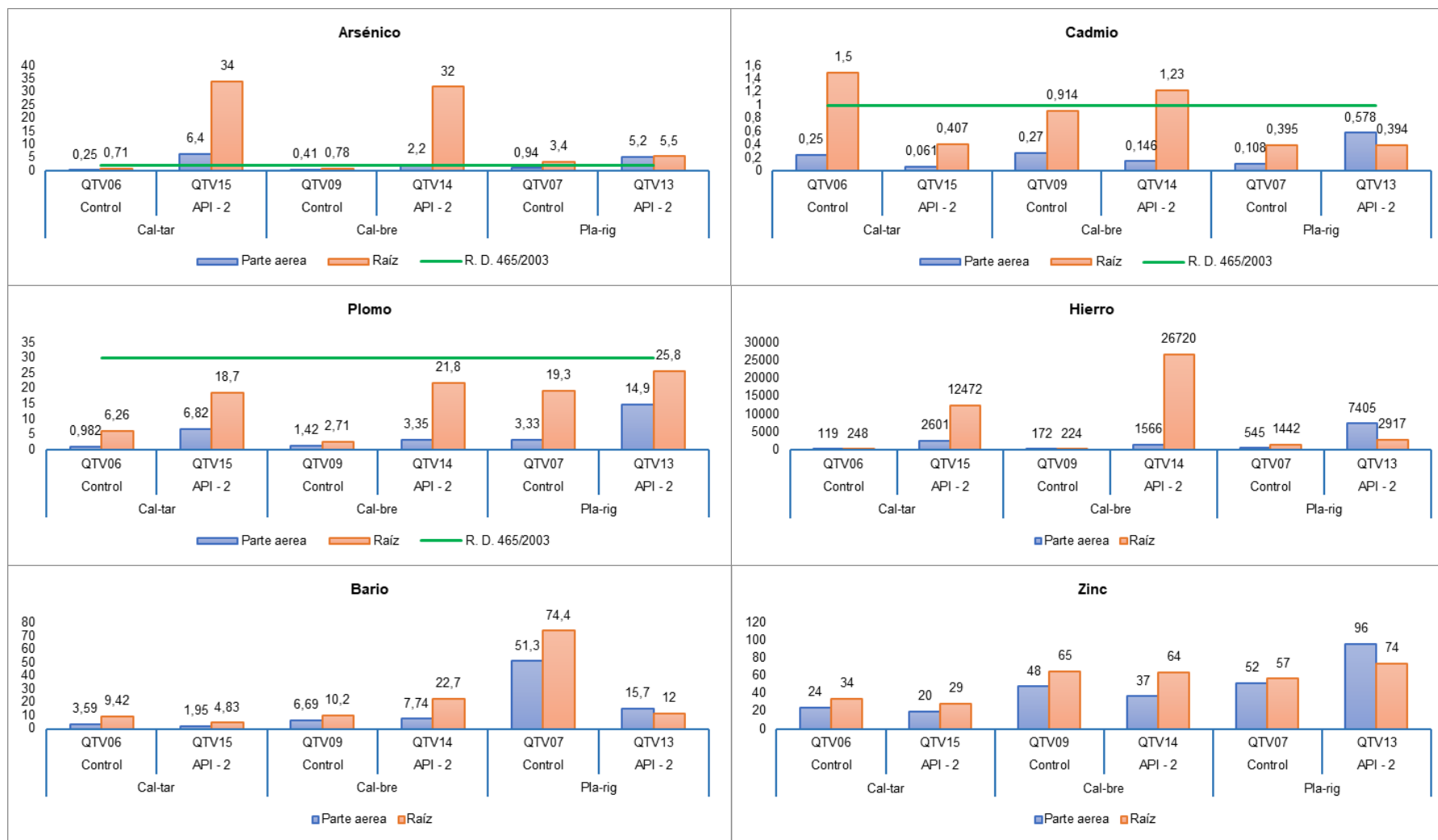


Figura 7.72. Concentración de metales obtenidos en *Plantago rigida*, *Calamagrostis* cf. *brevifolia* y *Calamagrostis* cf. *tarmensis* del API-2 y sitio control

Además, en la Figura 7.73 se puede observar que las concentraciones de arsénico y plomo de los puntos QTV13 y QTV15 se encuentran en el rango de los niveles de toxicidad según Fasani (2012). Estas muestras fueron colectadas en los puntos de suelo SU-34 y SU-29 respectivamente, donde en el primer punto se reportó concentraciones de plomo y en el segundo punto presentó arsénico y plomo; las cuales superaron los valores de los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola.

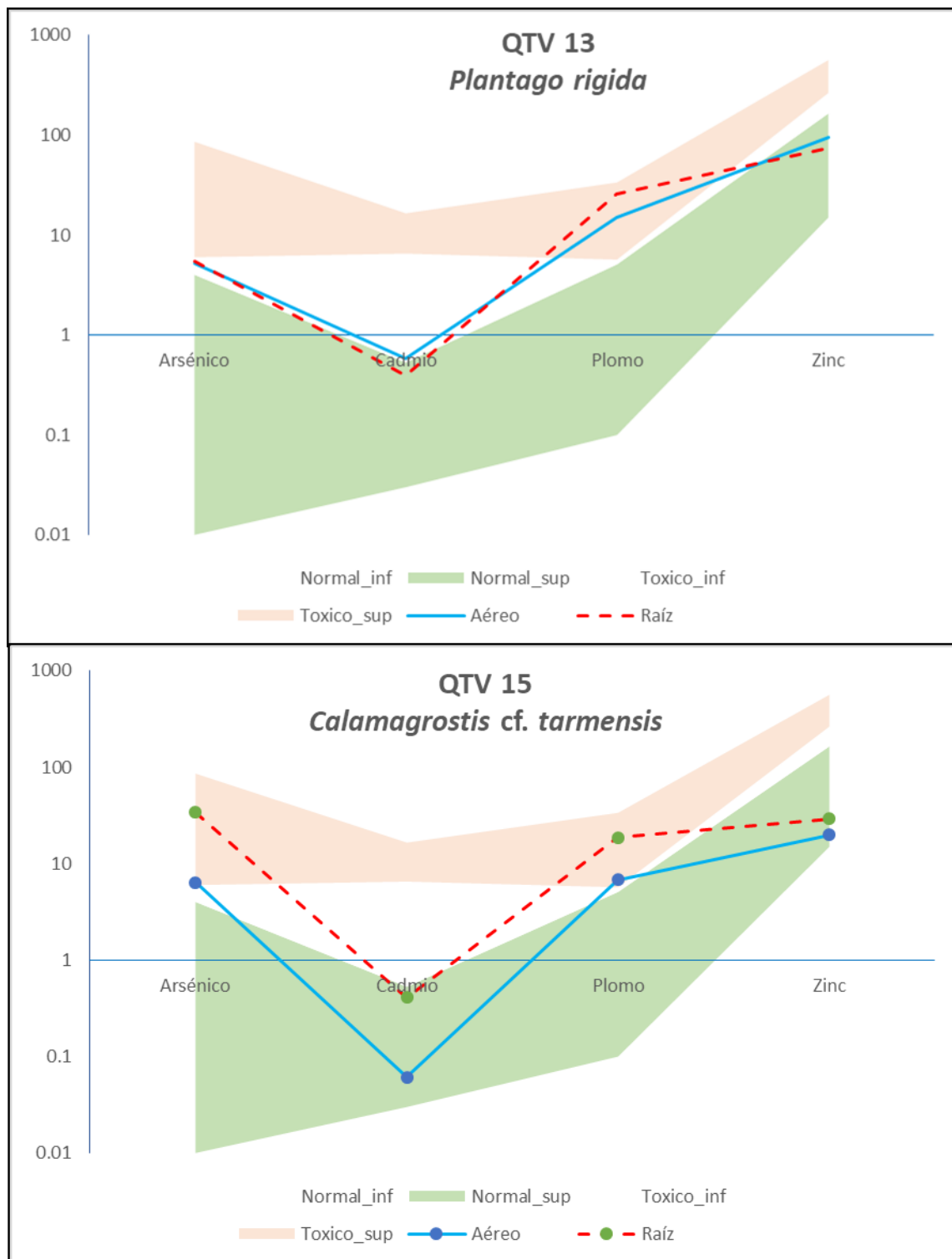


Figura 7.73. Valores en escala logarítmica de las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo y zinc de los puntos QTV13 y QTV15 en relación a los niveles normales y de toxicidad según Fasani (2012)

De acuerdo a los diferentes monitoreos biológicos realizados por la UF Quicay hasta el 2019, para el área de estudio se espera que existan 9 especies de mamíferos mayores, donde 5 son fauna doméstica y 3 son considerados fauna silvestre. De las 6 especies registradas en la presente EAC, 4 son fauna silvestre, los mismos que fueron registrados por las cámaras trampa, que a diferencia de los registros durante los monitoreos biológicos fueron realizados por medio de observación directa y por entrevista, especialmente las especies de fauna silvestre.

Existen especies de mamíferos mayores que fueron registradas tanto en los estudios previos como los registrados en la presente evaluación; como el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), el zorrino o añás (*Conepatus chinga*) y el conejo silvestre (*Oryctolagus cuniculus*), tal como se detalla en la Tabla 7.4 y la Figura 7.74.

Tabla 7.4. Especies registradas en los estudios realizados en el área de influencia de la UM Quicay

Clase	Orden	Familia	Especie	Monitoreo biológico diciembre 2012	Monitoreo biológico junio 2013	Monitoreo biológico diciembre 2013	Monitoreo biológico diciembre 2015	Monitoreo biológico junio 2016	Monitoreo biológico diciembre 2018	Monitoreo biológico diciembre 2019	EAC UF Quicay
Oportunidades MMAMALIA	Carnivora	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i>				X				
			<i>Lycalopex culpaeus</i>	X		X			X	X	X
		Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>								X
			<i>Conepatus chinga</i>	X	X	X					X
	Cetartiodactyla	Bovidae	<i>Bos taurus</i>				X				
			<i>Ovis aries</i>				X		X	X	X
		Camelidae	<i>Lama glama</i>				X		X	X	
			<i>Vicugna pacos</i>						X	X	X
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	X	X	X		X	X	X	X

Fuente: Informes de monitoreo biológico reportados por el administrado al Minem, entre 2012 y 2019; de acuerdo a la Resolución Directoral N.º 219-2011-MEM/AAM, emitido el 12 de junio de 2011.



Figura 7.74. a) Alpaca (*Vicugna pacos*), b) conejo (*Oryctolagus cuniculus*), c) zorro (*Lycalopex culpaeus*), y d) añás o zorrino (*Conepatus chinga*), todos registrados por la cámara trampa CT-PASCO-17

La especie con mayor número de registro por las cámaras trampa fue el conejo silvestre (*Oryctolagus cuniculus*), durante los trabajos de campo se pudo apreciar al menos 3 individuos dispersos por la planta NCD. El conejo silvestre es una especie nativa de la región mediterránea, correspondiente a la Península Ibérica y distribuido en gran parte de Europa (Laspina *et al.*, 2013). Esta especie ha sido introducida en el área de evaluación y que ha llegado a volverse silvestre, se ha observado un gran número de ellos principalmente en el área de campamentos, aunque también en la zona revegetada y zonas aledañas; conforme a lo mencionado en el informe de monitoreo biológico reportado por el administrado en el 2012.

La cámara donde se reportaron los mayores registros independientes del conejo fue la CT-PASCO-17, ubicado en un terreno pedregoso a 10 m al sur de la poza de sedimentación NCD 09, otros registros ocurrieron por las cámaras CT-PASCO-16 (4 registros) y CT-PASCO-15 con un registro; en la CT-PASCO-17 se pudo apreciar a 2 crías que hacen uso de una madriguera que lo comparten con 2 adultos.

Entre los predadores, se registró al zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), esta especie de cánido se distribuye a ambos lados de la cordillera de los Andes (Guzmán, 2008) y habita en zonas de páramos y bosque andino entre los 2000 y 3700 m s. n. m. (Jorgenson *et al.*, 2006 in: Noguera-Urbano, 2016). En la presente evaluación, se tuvo un único registro y ocurrió en la cámara CT-PASCO-17, ubicada en la zona II; sin embargo, los pobladores del sector mencionaron que es común avistarlos por el tajo Quicay y zona revegetada.

Con nuestros resultados se confirmó que esta especie de carnívoro ocupa una gran variedad de hábitats (Beltrán–Ortiz, 2017) y que no muestra preferencia solo por áreas con

abundante cobertura vegetal (Trujillo y Trujillo, 2007 in: Beltrán-Ortiz, 2017), sino que además frecuente áreas abiertas como los pastizales de puna, roquedales y bofedales, que fueron los tipos de hábitats donde se instalaron las cámaras trampa.

Otra especie de predador registrado en el área de estudio fue el añás o zorrino (*Conepatus chinga*) del cual ocurrieron 4 registros, 3 en un roquedal y 1 en el césped de Puna. Esa especie usualmente se alimenta durante la noche y permanece en su madriguera durante el día (Redford y Eisenberg, 1992). Su dieta se compone principalmente de insectos, entre los que se destacan los coleópteros (Travaini *et al.*, 1998; Donadio *et al.*, 2004). Aparentemente son animales solitarios, que solo se asocian con otros individuos en la época de apareamiento (Redford y Eisenberg, 1992).

En la presente EAC se reportó los niveles de concentración y distribución de los metales y metaloides (Al, Sb, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Pb, Se y Zn) en tejido sanguíneo de ovejas (*Ovis aries*), colectados en el área de influencia de la UF Quicay (TS-QUICAY-01, TS-QUICAY-02, TS-QUICAY-03, TS-QUICAY-04, TS-QUICAY-05, TS-QUICAY-06, TS-QUICAY-07, TS-QUICAY-08, TS-QUICAY-09, Y TS-QUICAY-10), tal como se detalla en la Figura 7.75.



Figura 7.75. a) y b) Toma de muestra de sangre de oveja (*Ovis aries*) e instalación de rastreadores satelitales en la estancia Quicay, y c) y d) toma de muestra de sangre de oveja (*Ovis aries*) e instalación de rastreadores satelitales en la estancia Heredia

Los resultados de los análisis de sangre de las ovejas tanto de la estancia Quicay como de la estancia Heredia, muestran mayores concentraciones en comparación al rango de referencia para ovinos (Thomas, 2011; Morsy *et al.*, 2020), especialmente el aluminio (Al), hierro (Fe), selenio (Se) y el zinc (Zn); sin embargo, hay ciertos elementos que presentan mayor concentración como el Fe y el Zn, así mismo, estos mismos metales presentaron diferencias significativas en comparación con los resultados del sitio blanco ($p < 0,001$), ver Tabla 7.5.

Tabla 7.5. Rango de referencia de metales pesados en sangre de ovejas de las estancias Quicay y Heredia

Parámetro	Rangos de referencia para ovinos (mg/kg)	Mediana Estancia Quicay (mg/kg)	p-value Quicay	Mediana Estancia Heredia (mg/kg)	p-value Heredia	Mediana Sitio blanco (mg/kg)
Hierro	500	787,1	(p<0,001)	809,8	(p<0,001)	509,3
Selenio	0,05 - 0,1	0,245	(p<0,002)	0,405	(p<0,002)	0,0924
Zinc	300 - 1000	4,126	(p<0,001)	3,684	(p<0,001)	2,554

Rangos de referencia mencionadas por Patiño *et al.* (2011) en Gutiérrez (2016), Villanueva (2011), Thomas (2011)

De acuerdo con la literatura, la concentración máxima tolerable de hierro en la dieta de los ovinos se ha fijado en 500 mg/kg (Thomas, 2011), sin embargo, la toxicidad del Fe rara vez se experimenta en rumiantes (Herdt y Hoff, 2011).

En relación al selenio, el requerimiento de este elemento para ovinos en forraje se estima entre 0,05 a 0,1 ppm (Shimada, 2009 en Aguinda, 2016). Dietas que contienen menos de 0,1 ppm son deficientes, mientras que aquellas que contienen sobre las 2 ppm están por arriba del máximo nivel tolerable; contrariamente, el exceso de selenio puede provocar muertes, siendo el umbral tóxico alrededor de 8 ppm (Villanueva, 2011; Woods, 2006 en Aguinda, 2016).

La intoxicación por selenio puede ser aguda o crónica; se manifiesta como ataxia, fiebre, pulso rápido y débil, dificultad respiratoria, espuma sanguinolenta en la nariz y boca, diarrea oscura, postración, letargo y falla respiratoria. Por lo contrario, si es crónico, se observa pérdida de vitalidad, crecimiento anormal y posterior pérdida de pezuñas y cuernos, caída de pelo, atrofia y cirrosis hepática, nefritis (McDonald *et al.*, 2011; Shimada, 2009 en Aguinda, 2016).

En cuanto al zinc, es un elemento imprescindible en mamíferos y aves (Gupta, 2012) y puede estar depositado en grandes cantidades en los pastos aledaños a zonas industrializadas emisoras de contaminantes (Radostits *et al.*, 2002 en Gutiérrez, 2016). Aunque el zinc tiene un efecto esencial en la nutrición puede generar problemas de toxicidad cuando los niveles se encuentran entre los 300 y 1000 ppm (Gupta, 2012; Villanueva, 2011).

En la intoxicación por zinc en ovinos se observan síntomas como: extensión de miembros, convulsiones, arqueado de la columna y muerte del animal; los niveles altos de zinc en la dieta, bajan la disponibilidad del cobre y el hierro, esto conduce a síntomas típicos de deficiencia de los mismos, como anemias y cardiopatías (Villanueva, 2011).

La evaluación de dispersión de ovinos consistió en la instalación de rastreadores satelitales (Figura 7.76), que fueron materia de estudio de metales en sangre en la estancia Heredia, donde se muestra una dispersión exclusiva hacia el botadero Sur, donde se alimentan de *Dactylis glomerata*, especie de planta con que fueron biorremediados los componentes.

De acuerdo a los resultados de los rastreadores satelitales, la mayor actividad de las ovejas ocurre al borde y en la media cima del botadero Sur, sitio que coincide con el lugar donde se tomó la muestra de tejido vegetal (QTV18) y cerca del sitio donde se tomó la muestra del componente (CQTV18); los resultados del análisis del componente muestran concentraciones de los metales de bario, cromo, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, selenio, potasio y zinc, que están presentes pero en bajas concentraciones. Este patrón se repite al comparar los resultados del componente con el tejido vegetal aéreo (no superaron la norma española) y tejido sanguíneo de ovejas (no superaron los rangos referenciales).

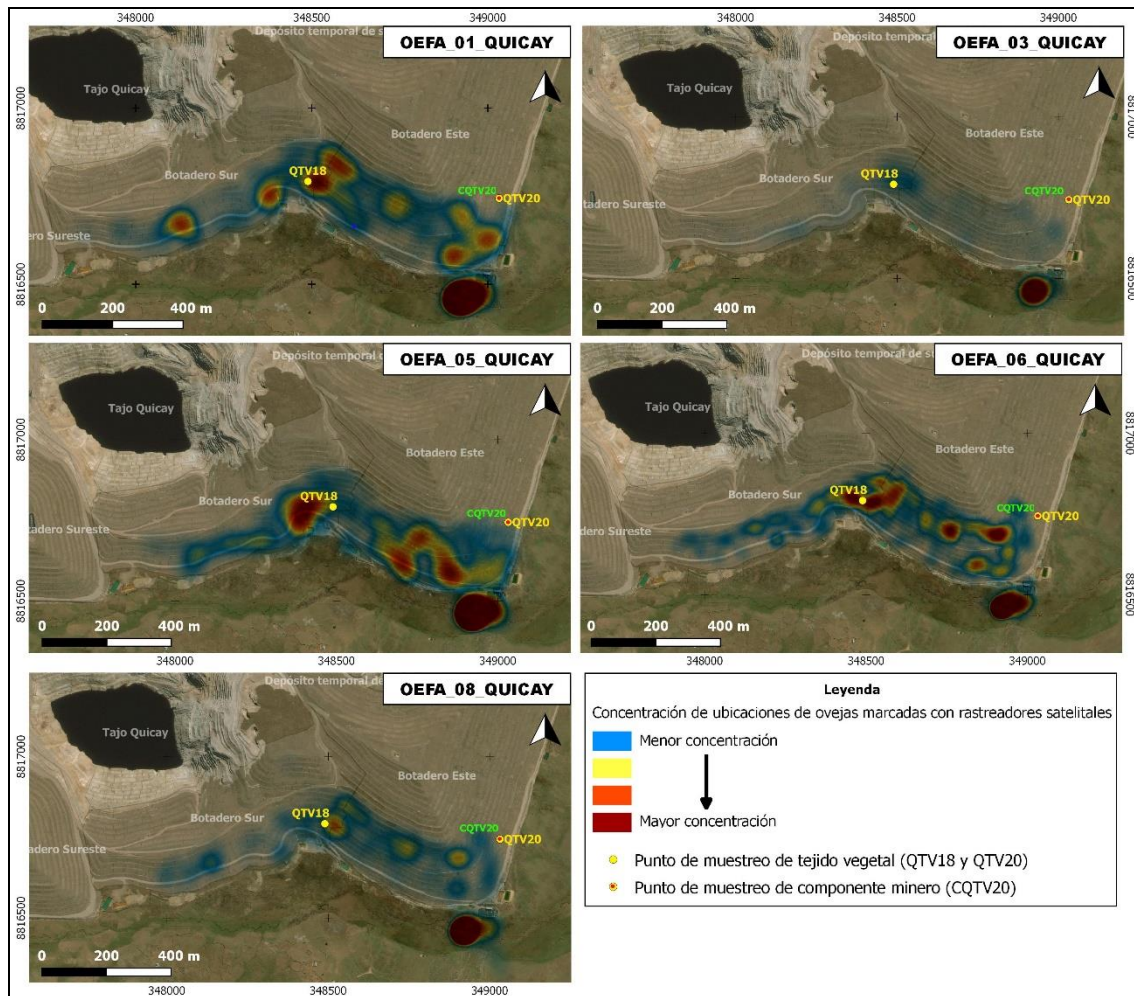


Figura 7.76. Concentración de ubicación de las ovejas marcadas con rastreadores satelitales de la estancia Heredia

Así mismo, la instalación de los rastreadores satelitales se llevó a cabo en las ovejas (*Ovis aries*) en la estancia Quicay, registrando sus desplazamientos en áreas circundantes de la cancha de transferencia N° 1.

Los rastreadores satelitales instalados en las ovejas de la estancia Quicay, muestran una dispersión paralela a la carretera de acceso a la UF Quicay, donde se alimentan de *Plantago rigida*, *Calamagrostis tarmensis*, y *C. brevifolia*; en este sector no se tomaron muestras de suelo ni muestras de tejido vegetal, sin embargo, es importante mencionar que las muestras de sangre tomadas a las ovejas registraron presencia de aluminio (Al), hierro (Fe), selenio (Se) y zinc (Zn), como los metales con mayor concentración, dichos valores no superaron los rangos referenciales. Finalmente, es importante mencionar que las concentraciones del Fe y Zn, presentaron diferencias significativas en comparación con los resultados del sitio blanco ($p < 0,001$), ver Figura 7.77.

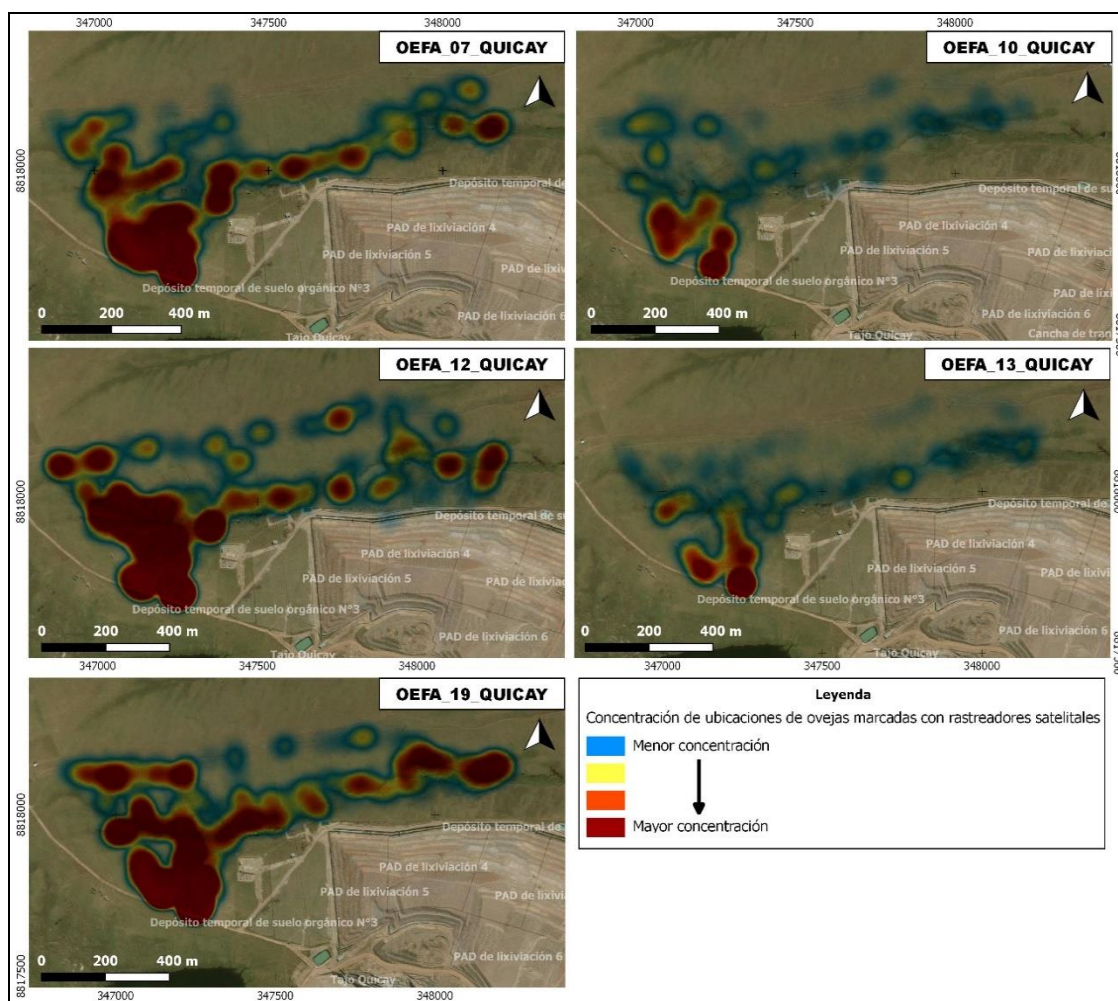


Figura 7.77. Concentración de ubicación de las ovejas marcadas con rastreadores satelitales de la estancia Quicay

En la zona II (API-2) se colectaron 8 muestras de tejidos de mamíferos menores, en esta zona la concentración de cadmio en la muestra Mm-Qui-24 fue de 3,09 mg/kg (*Calomys lepidus*), dicha muestra superó el límite de toxicidad de 2 mg/kg, propuesto por Eisler (1985) y Burger (2000) en vertebrados (Figura 7.75). Este valor alto de cadmio estaría relacionado con lo encontrado en las muestras de suelo en las zonas aledañas al botadero de desmonte Este, donde una de las muestras de suelo tomada en el API-2 superó el valor de los ECA para suelo 2013 y 2017 (uso agrícola); en general en esta zona el valor registrado para cadmio fue superior para las demás zonas evaluadas en la UF Quicay y la zona control.

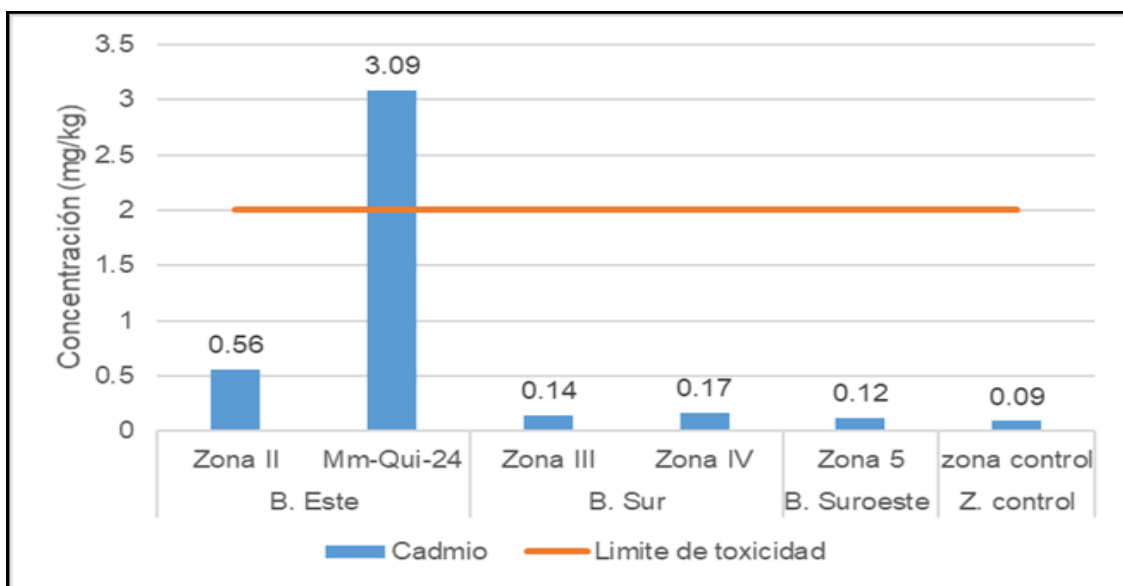


Figura 7.78. Concentración de cadmio (mg/kg) en tejidos de mamíferos menores en los componentes de la UF Quicay, zona control y del espécimen Mm-Qui-24, respecto al límite de toxicidad umbral

La concentración de plomo fue de 12,04 mg/kg en la muestra Quicay_ave_06 (*Geositta cunicularia*), lo que supera los 4 mg/kg (o 4000 ppb) propuesto por Burger y Gochfeld (1993, 1994, 1995, 2000; Figura 7.79). Este valor alto de plomo estaría relacionado con lo encontrado en las muestras de suelo en las zonas aledañas al botadero de desmonte Este, donde 7 de 8 muestras de suelo tomadas en el API-2 superaron el valor de los ECA para suelo (uso agrícola); mientras que, 9 de 10 muestras superaron el mismo valor de plomo de esa norma en el API 1.

Con respecto al arsénico, 2 muestras (Quicay_ave_06 y Quicay_ave_11) superaron el límite de toxicidad de 1,54 mg/kg, pero no el límite de 7,81 mg/kg, que indicaría un nivel crítico de contaminación (Figura 7.79). Al comparar con lo encontrado en las muestras de suelo se pudo observar que, así como ocurre con el plomo, las concentraciones encontradas en aves estarían relacionadas con lo encontrado en suelo; ya que, 5 de 7 muestras de suelo tomadas en el API-2 superaron el valor de los ECA para suelo 2013 y 2017 (uso agrícola); mientras que, 9 de 10 muestras superaron el mismo valor de arsénico de esa norma en el API 1.

En cromo, 3 muestras (Quicay_ave_06, Quicay_ave_09 y Quicay_ave_11) superaron el límite de toxicidad de 2,8 mg/kg propuesto por Burger y Gochfeld (2000). En el caso de mercurio, 2 muestras (Quicay_ave_06 y Quicay_ave_11) superaron el límite de toxicidad de 5 mg/kg propuesto por Burger y Gochfeld (2000). Así como se refirió anteriormente, estos valores de mercurio y cromo en plumas son asociados con problemas reproductivos para las aves (Eisler, 1987; Furness *et al.*, 1989; Malik y Zeb, 2009).

En el caso de cadmio y selenio, las concentraciones encontradas en las muestras tomadas en las zonas aledañas al botadero de desmonte Este no superaron los límites de toxicidad que refiere la bibliografía: 2 mg/kg para cadmio (Burger y Gochfeld, 2000) y 5 mg/kg para selenio (Ohlendorf y Heinz, 2011).

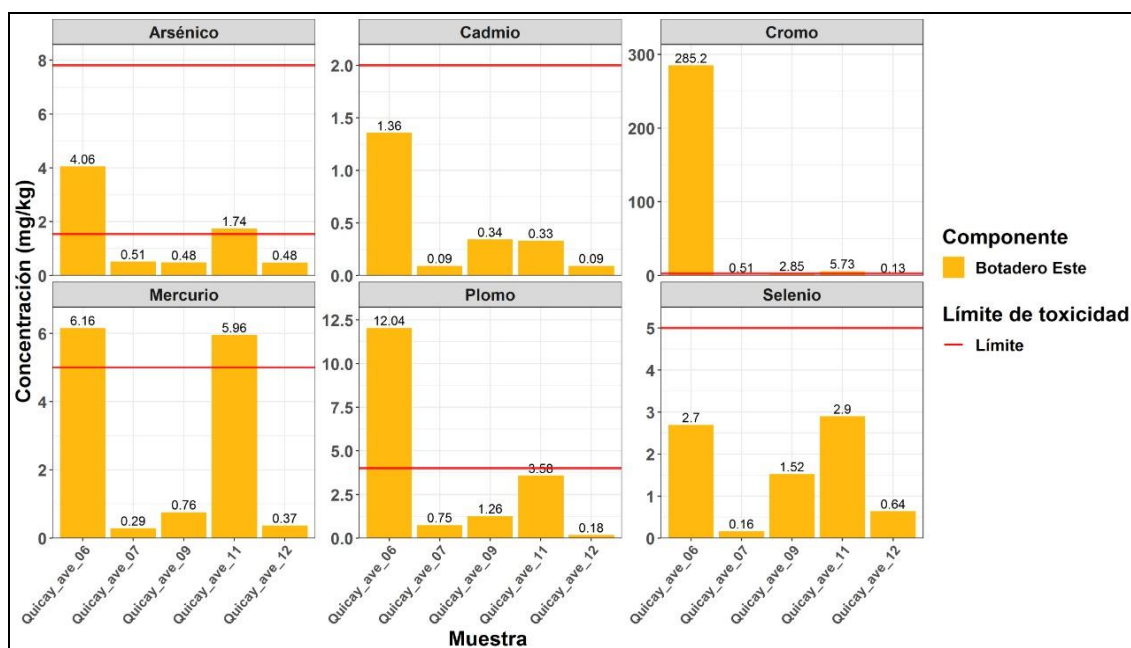


Figura 7.79. Comparación de las concentraciones de metales en plumas de Passeriformes capturados en zona aledaña al botadero de desmonte Este con los límites de toxicidad referencial para aves

8. CONCLUSIONES

Influencia del botadero de desmonte Suroeste

Las características de las aguas superficiales y subterráneas ubicadas antes del botadero de desmonte Suroeste presentaron características propias de condiciones normales (facie bicarbonatadas cálcicas), por encontrarse en cotas más elevadas que los componentes de la UF Quicay, así mismo respecto a las aguas subterráneas (PZ-04) no se evidenció una conectividad de flujo subterráneo por parte de dicho componente (según la línea tomográfica L-13), que presentó las mismas características hidroquímicas que las aguas superficiales. Sin embargo, el agua acumulada ARI-12 (ubicado en la poza de sedimentación del canal de coronación Suroeste) presentó distinta característica hidroquímica (cloruradas cálcicas), no descartándose la influencia del botadero de desmonte Suroeste en época de avenida, la cual por escorrentía superficial generadas por las lluvias arrastrarían los metales de botaderos hasta la zona circundante.

Se identificó suelos contaminados en el API-5, que presentó concentraciones de arsénico, cadmio y plomo que superaron los valores establecidos en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola, en arsénico (3 de 7 puntos), cadmio (2 de 7 puntos) y plomo (5 de 7 puntos), por lo que se considera un sitio contaminado; además, estos mismos metales superaron los niveles de fondo calculados en la zona control. Esta afectación se encuentra relacionada con la escorrentía estacional desde una poza de sedimentación, sin impermeabilizar, formada a continuación del canal de coronación al pie del botadero de desmonte Suroeste, y que al no contar con ningún sistema de drenaje o contención se encuentra expuesta a potenciales reboses, los cuales favorecidos por la pendiente, descargan directamente en el suelo del API-5, en especial en el punto SU-05, donde se registraron las más altas concentraciones: arsénico (246 mg/kg), cadmio (2,262 mg/kg) y plomo (429 mg/kg).

Se registraron 6 especies de mamíferos mayores, 4 pertenecientes a la fauna silvestre y 2 a la fauna doméstica, registrándose por primera vez en el área de estudio a la comadreja (*Mustela frenata*). Dichas especies comprenden el 85 %, de las especies que ocurren en la zona de evaluación.

Las especies de fauna doméstica y silvestre hacen uso del agua contenida en el ARI-12, agua que no es apta para el consumo de bebida de animales, ya que las concentraciones de los metales superaron, referencialmente, los valores de los ECA para agua Cat.3-2008 y 2015.

Los mamíferos menores presentaron concentraciones mayores de cadmio, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, níquel, plomo, selenio y zinc respecto a la zona de control, a excepción del aluminio y silicio que fueron mayores en la zona control. De los 14 metales analizados en las zonas de evaluación y zona control, 7 de los metales presentaron diferencia significativa, siendo 6 de estos metales con mayor concentración en la zona aledaña a la UF Quicay. Los metales encontrados en el tejido se deben a su dieta basada principalmente en raíces y vegetales que crecen en los suelos aledaños al UF Quicay, los cuales están siendo influenciados por las concentraciones de metales presentes en el suelo.

Se registraron individuos de *Cinclodes albiventris* y *Gallinago andina* forrajeando (buscando alimento) en el ARI-12, en el cual se superaron, de manera referencial, los valores de los ECA para agua Cat.3 (bebida de animales)-2008 y 2015 para los parámetros sulfatos, aluminio, cadmio, cobre, hierro y manganeso.

En la zona aledaña al botadero de desmonte Suroeste, las concentraciones de arsénico, cromo, plomo, selenio y mercurio cuantificadas en plumas de Passeriformes superaron el límite de toxicidad referencial para aves de 1,54 mg/kg, 2,8 mg/kg, 4 mg/kg, 5 mg/kg y 5 mg/kg respectivamente.

En el ámbito de la UF Quicay se registraron 3 especies de anfibios *Rhinella spinulosa* (Familia Bufonidae), *Pleurodema marmoratum* (Familia Leptodactylidae) y *Telmatobius macrostomus* (Familia Telmatobiidae). La especie más abundante fue *R. spinulosa* que predominó en las API-3, API-4 y API-5. Las especies menos abundantes fueron *Pleurodema marmoratum* (con 3 individuos), registrada solo en el ámbito de las API-1 y API-2, y la especie *Telmatobius macrostomus*, se registró en un solo puntos del río Quicay (RQuic7).

La zona control presentó una composición distinta, se registraron las especies *Pleurodema marmoratum* y *Gastrotheca peruana* (Familia Hemiphractidae), que presentaron una distribución equitativa con similares abundancias.

La especie *Telmatobius macrostomus* «rana gigante de Junín» es la única especie incluida en una categoría de amenaza, es considerada como una especie En Peligro (EN) según la clasificación aprobada mediante Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, y la lista roja de especies amenazadas de la UICN (2020). Con este registro en la UF Quicay se amplía su rango de distribución actual conocido, 28 km hacia el norte.

Se registraron 2 especies endémicas de Perú, *Telmatobius macrostomus* «rana gigante de Junín», que se distribuye en los departamentos Junín y Pasco, y *Gastrotheca peruana* «rana marsupial peruana» que se distribuye entre los departamentos Junín, Pasco y Ancash.

En el ámbito del botadero Suroeste no se detectaron concentraciones de metales que pudieran causar efectos tóxicos directos en los anfibios; sin embargo, la alta concentración hallada de estos, puede causar efectos subletales. Los niveles de hierro en el individuo Qui-He-V7, se encuentra en el rango ($555 \text{ a } 4747 \pm 34 \mu\text{g/g}$) que pueden generar mayores frecuencias de daño en el ADN, mediante la generación de radicales libres que pueden ser muy tóxicos. En esta área se identificó que la poza formada por la acumulación de agua del ARI-12 presentó niveles de pH que superaron los niveles de acidez (> 4 unidades) aptos para la supervivencia de anfibios.

En esta zona se ha registrado una pequeña diferencia entre las concentraciones de metales del tejido de *Plantago tubulosa* entre el sitio control y el API-5, principalmente en arsénico, hierro y plomo. Además, el tejido de la parte aérea de *Plantago tubulosa* en el punto QTV5 supera, de manera referencial, el contenido máximo del metal arsénico establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española. Y, las concentraciones de arsénico y plomo se encuentran en los rangos de niveles de toxicidad para plantas en este punto.

Influencia del botadero de desmonte Sur

Las características de las aguas aledañas al botadero Sur (aguas residual industrial y agua subterránea) presentaron características hidroquímicas distintas a los puntos aguas arriba de las actividades de la UF Quicay (agua superficial y subterránea), es decir, presentó facies cloruradas cálcicas para las aguas residuales industriales (ARI-01, ARI-03 y ARI-02) y facie sulfatadas cálcicas para las aguas subterráneas (PZ-5 y PZ-9; así mismo, las líneas tomográficas (L-12, L-11 y L-10) infieren un flujo subterráneo en dirección hacia la zona del bofedal (API-4) procedente del botadero Suroeste, afectando la calidad del agua subterránea (PZ-05). En los puntos de agua superficial (RQuic6 y RQuic7) ubicados frente al botadero Sur, presentaron similar característica que los puntos aguas arriba de las actividades de la UF Quicay.

Se identificó suelos contaminados en el API-4, que presentó concentraciones de arsénico, cadmio y plomo que superaron los valores establecidos en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola, en arsénico (8 de 8 puntos), cadmio (4 de 8 puntos) y plomo (8 de 8 puntos), por lo que se considera un sitio contaminado; además, estos mismos metales superaron los niveles de fondo calculados en la zona control. Esta afectación se encuentra relacionada con la poza PS-SUR-01 (ARI-01), que colecta aguas de subdrenaje, y del canal de coronación del depósito de desmonte Suroeste, habiéndose encontrado evidencia de reboses donde el agua de esta poza discurrió hacia el API-4, y en especial hacia los puntos de muestreo SU-09, SU-10 y SU-11.

En el API-3, se identificó suelos contaminados que presentaron concentraciones de arsénico, cadmio y plomo que superaron los valores establecidos en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola, en arsénico (9 de 12 puntos), cadmio (4 de 12 puntos) y plomo (8 de 12 puntos), por lo que se considera un sitio contaminado; además, estos mismos metales superaron los niveles de fondo calculados en la zona control. Dicha afectación, se encuentra relacionada con la poza PS-SUR-07 (ARI-02), la cual colecta aguas de subdrenaje de los depósitos de desmonte Sur y Este, habiéndose encontrado evidencia de reboses y cauces secos por donde el agua de esta poza discurrió hacia el API-3, en especial hacia el punto de muestreo SU-24.

En la zona III y zona IV (API-3 y API-4 respectivamente) aledaños al botadero Sur se registraron 13 muestras de tejidos de mamíferos menores y se evidenciaron 4 individuos muertos distribuidos en las zonas de evaluación. En la zona III (API-3) se analizó un individuo muerto «Mm-Qui-19» (*Auliscomys pictus*) que presentó los niveles de

acumulación más elevado para aluminio, hierro, magnesio, manganeso, arsénico, plomo, cadmio, cobre y zinc superiores al resto de muestras de las zonas evaluadas y zona control, superando los límites de toxicidad para plomo, arsénico, cobre y zinc reportados para mamíferos menores. Este espécimen posiblemente falleció por envenenamiento de metales ya que presentó la mayor concentración de metales; bajo estas condiciones se advierte de un riesgo potencial ya que metales como el plomo, cadmio y arsénico son precursores de efectos tóxicos de gran impacto a través del tiempo, siendo almacenados en tejidos óseos, capilares y cutáneos, y serían parte de la bioacumulación a través de cadena trófica.

En la zona aledaña al botadero de desmonte Sur, las concentraciones de arsénico, cromo y plomo cuantificadas en plumas de Passeriformes superaron el límite de toxicidad referencial para aves de 1,54 mg/kg, 2,8 mg/kg y 4 mg/kg respectivamente.

En el ámbito del botadero Sur se registró la mayor concentración de metales en anfibios. La especie *Rhinella spinulosa* presentó mayores niveles de hierro, aluminio, zinc y cobre, que están relacionados a la concentración de metales registrados en suelo. Si bien esta especie parece haber desarrollado cierta tolerancia, pues es la especie más abundante, la concentración de metales registrada en su tejido está vinculada a una mayor frecuencia de daño a nivel del ADN y una alteración en el sistema oxidativo.

En el único punto del río Quicay (RQuic7) se registró la especie *Telmatobius macrostomus*, que presentó concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, hierro, mercurio y plomo mayores a los registrados en individuos de la misma especie colectados en el ámbito del lago Chinchaycocha. La concentración de plomo, mercurio y cadmio presentes en el agua no superaron los niveles de letalidad (LC₅₀) para renacuajos de esta especie; por el contrario, se identificó el sedimento, como principal fuente de contaminación donde las concentraciones registradas de arsénico, cadmio y cobre superaron referencialmente los valores PEL de la guía canadiense de sedimento. Considerando que esta es una especie en peligro y está protegida por el Estado peruano, es necesario implementar un plan de monitoreo para determinar el estado actual de su población en el ámbito de la UF Quicay.

Se observa una diferencia clara entre las concentraciones de metales del tejido de *Calamagrostis* cf. *tarmensis* y *Calamagrostis* cf. *brevifolia* solo entre el sitio control y el API-4, principalmente en hierro, arsénico y plomo. Además, el tejido de la parte aérea de *Calamagrostis* cf. *brevifolia* en el punto QTV04 superó, de manera referencial, el contenido máximo del metaloide arsénico establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española.

Influencia del botadero de desmonte Este

Los puntos aguas abajo de la planta NCD (aguas superficiales), presentaron cambios en sus características hidroquímicas llegando a tener facies sulfatadas cálcicas, al igual que las aguas residuales industriales (ARI-13, ARI-15 y ARI-16) y las aguas subterráneas (PZ-8), dichas características no contribuyen a fuentes naturales; así mismo, el estudio de tomografía eléctrica en la zona aledaña a la planta NCD infiere un flujo subterráneo (aguas subterráneas) de dirección NE a S. Los puntos ubicados aguas abajo estarían influenciados por las filtraciones y escorrentía procedentes del sector de los botaderos Suroeste y Sur, cuyos flujos no son recolectados ni llevados a la planta NCD para su tratamiento y posterior vertimiento, tal como se indica en la Segunda actualización del Plan de Cierre de Minas de la unidad minera Quicay.

En el API-2, se identificó suelos contaminados que presentaron concentraciones de arsénico, cadmio y plomo que superaron los valores establecidos en los ECA para suelo 2013 y 2017, uso agrícola, en arsénico (5 de 7 puntos), cadmio (1 de 7 puntos) y plomo (6 de 7 puntos), por lo que se considera un sitio contaminado; además, estos mismos metales superaron los niveles de fondo calculados en la zona control. Esta afectación, se encuentra relacionada con la planta de tratamiento de aguas ácidas NCD y la poza de sedimentación PSNCD-05, las cuales se ubican a aproximadamente 60 m del AP-2. Habiéndose encontrado en la calicata del punto SU-37, una capa anómala en el perfil del suelo de aproximadamente 3 cm, donde se registró más del doble de concentración de As de lo registrado en los primeros 25 cm. La presencia de esta capa anómala es testigo de la ocurrencia pasada de algún evento de derrame o desborde de las pozas ubicadas en cotas superiores, arrastrando material fino ajeno a las características del tipo de suelo correspondiente.

Durante la evaluación no se registraron especies endémicas de mamíferos mayores, se registró una especie comprendida en el apéndice II de la Cites (2019) y se trata del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*).

Se encontraron diferencias significativas en 2 de los 15 muestras analizados entre zonas de muestreo y sitio blanco, para el hierro y zinc ($p < 0,001$). Los metales bario, cromo, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, selenio, plomo y zinc, están presentes en la sangre de las ovejas, pero en bajas concentraciones que no superaron los rangos referenciales para ovejas.

En la zona II (API-2) aledaño al botadero de desmonte Este se registró la mayor concentración de cadmio en la muestra Mm-Qui-24 (*Calomys lepidus*), siendo de 3,09 mg/kg, que superó el límite de toxicidad de 2 mg/kg propuesto por Eisler (1985) en vertebrados.

En la zona aledaña al botadero de desmonte Este, las concentraciones de arsénico, cromo, plomo y mercurio cuantificadas en plumas de Passeriformes superaron el límite de toxicidad referencial para aves de 1,54 mg/kg, 2,8 mg/kg, 4 mg/kg y 5 mg/kg respectivamente.

Se observa una diferencia clara entre las concentraciones de metales del tejido de *Plantago rigida* entre el sitio control y el API-1, principalmente arsénico, cadmio y plomo. Además, el tejido de la parte aérea de *Plantago rigida* superó, de manera referencial, el contenido máximo del metal arsénico en los puntos QTV11 y QTV12 y plomo en el punto QTV11, establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española. Las concentraciones de plomo se encuentran en los rangos de niveles de toxicidad para plantas en ambos puntos.

También se observa una diferencia clara entre las concentraciones de metales del tejido de *Calamagrostis* cf. *tarmensis*, *Calamagrostis* cf. *brevifolia* y *Plantago rigida* entre el sitio control y el API-2, principalmente en hierro, arsénico y plomo. Además, el tejido de la parte aérea de las 3 especies superó, de manera referencial, el contenido máximo del metal arsénico en los puntos QTV13, QTV14 y QTV15, establecido en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal), de la norma española. Las concentraciones de arsénico y plomo se encuentran en los rangos de niveles de toxicidad para plantas en los puntos QTV13 y QTV15.

9. ANEXOS

Anexo 1: Reporte de campo N.º RC-028-2020-STEC

Anexo 2: Reporte de campo N.º RC-029-2020-STEC
Anexo 3: Reporte de Campo N.º RC-030-2020-STEC
Anexo 4: Reporte de campo N.º RC-059-2020-STEC
Anexo 5: Reporte de resultados N.º RRE-012-2020-STEC
Anexo 6: Reporte de resultados N.º RRE-021-2020-STEC
Anexo 7: Reporte de resultados N.º RRE-045-2020-STEC
Anexo 8: Fichas estadísticas de suelo

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agua

Levantamiento de Observaciones del Plan de Cierre de Mina U.E.A. Quicay (2008), Aprobada con R.D. N.º 046-2013-MEM_DGAA pg. 200-203

Custodio, E. y Llamas, M. (1996). Hidrología Subterránea - Tomo I. 2da edición. Editorial Omega, Barcelona España.

Comunidades hidrobiológicas

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. 1era edición. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley & Sons.

Roldán, G. & Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2da. edición). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*

Flora y Fauna

Aguinda G., H., C. (2016). Evaluación preliminar de la concentración de selenio en suero sanguíneo y minerales en suelo y pasto y su relación con problemas reproductivos en ovejas bajo pastoreo. Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el Título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Central del Ecuador Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Albert, L. (1997). *Curso básico de toxicología ambiental*, Editorial Limusa, México, 311pp.

Albert, C.A., Williams, T.D., Morrissey, C.A., Lai, V.W.M., Cullen, W.R., Elliott, J.E., (2008). Dose-dependent uptake, elimination, and toxicity of monosodium methanearsonate in adult zebra finches (*Taeniopygia guttata*). *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 605–611.

Alford, R. A., y Richards, S. J. (1999). Global Amphibian Declines: A Problem in Applied Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30 (1), 133–165.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.30.1.133>



Allinson, G., Mispagel, C., Kajiwar, N., Anan, Y., Hashimoto, J., Laurenson, L., Allinson, M., Tanabe, S. (2006). Organochlorine and trace metal residues in adult southern bent-wing bat (*Miniopterus schreibersii bassanii*) in southeastern Australia. *Chemosphere*.

Anthony, R. G., & Kozlowski, R. (1982). Heavy metals in tissues of small mammals inhabiting waste-water-irrigated habitats. *Journal of Environmental Quality*, 11(1), 20-22.

Antón A.; Lisazo J. (2001). En: Los metales pesados en la alimentación (Ed. Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria). Madrid, España.

Ayala AI (1977) Determinación del régimen alimentario de la rana de Junín (*B. macrostomus* Peters 1873). BS thesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima

Azaña, Y. (2017). Evaluación del efecto de clausura sobre la recuperación de pastizales nativos en la quebrada Llaca, Parque Nacional Huascaran-Ancash. (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, Ancash – Perú

Beltrán-Ortiz E.P. Cadena-Ortiz H. Brito J. (2017). Dieta del zorro de páramo *Lycalopex culpaeus* (molina 1782) en un bosque seco interandino del norte de Ecuador. *Mastozoología Neotropical*, 24(2):437-441, Mendoza, 2017

Burger J. y Gochfeld M. (1994). Behavioral impairments of lead-injected young herring gulls in nature. *Fundam Appl Toxicol*. 23:553-561.

Burger J. (1993). Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. *Rev Environ Toxicol* 5:203-311.

Burger, J. y M. Gochfeld. (1993). Heavy metal and selenium levels in feathers of young egrets and herons from Hong Kong and Szechuan, China *Arch Environ Contam Toxicol* 25: 322-327

Burger, J. y M. Gochfeld. (1995). Biomonitoring of heavy metals in the pacific basin using avian feathers. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 14, No. 7, pp. 1233-1239, 1995

Burger, J. y M. Gochfeld. (2000). Metal levels in feathers of 12 species of seabirds from Midway Atoll in the northern Pacific Ocean. *The Science of the Total Environment* 257 _2000. 37-52

Burger, J., y Gochfeld, M. (2009). Comparison of arsenic, cadmium, chromium, lead, manganese, mercury and selenium in feathers in bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*), and comparison with common eider (*Somateria mollissima*), glaucouswinged gull (*Larus glaucescens*), pigeon guillemot (*Cepphus columba*), and tufted puffin (*Fratercula cirrhata*) from the Aleutian Chain of Alaska. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152, 357–367.

Camardese, M.B., Hoffman, D.J., LeCaptain, L.J., Pendleton, G.W., (1990). Effects of arsenate on growth and physiology in mallard ducklings. *Environ. Toxicol. Chem.* 9, 785–795.

Capó M.A. (1998). En: Incidencia ecotoxicológica de los metales pesados en poblaciones humanas (Ed. Ciencias Veterinarias). Madrid, España.

Castillo, H. (2008). Influencia antropogénica minera sobre la especie endémica *Batrachophrynus macrostomus* Peters, 1873 en peligro de extinción del lago Chinchaycocha

(Pasco, Junín). (Tesis de doctoral). Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Post Grado, Programa Doctoral en Ciencias Biológicas.

Castillo Roque, Luis. (2017). Preferencia de microhábitat del renacuajo de *Telmatobius macrostomus* (Peters 1873) “rana gigante de Junín” en los afluentes del lago Chinchaycocha, Junín, Perú.

Castillo, L., & Aguilar, C. (2019). Descripción del renacuajo de *Telmatobius brachydactylus* (Anura: Telmatobiidae). *Revista peruana de biología*, 26(4), 469-474.

Catenazzi, A., R. von May, V.T. Vredenburg. (2013). Conservation of the high Andean frog *Telmatobius jelskii* along the PERU LNG pipeline in the Regions of Ayacucho and Huancavelica, Peru. In: *Monitoring biodiversity: Lessons from a Trans-Andean megaproject* (A. Alonso, F. Dallmeier, G. Servat, eds.). Smithsonian Scholarly Press, Washington DC

Cerrate, E. (1969). *Manera de preparar Plantas para el Herbario*. Museo de Historia Natural, Serie de Divulgación, N°1. 10 pp.

Chao, P., Zheng, G.M., Zhang, Z.W., Zhang, C.Y., (2003). Metal contamination in tree sparrows in different locations of Beijing. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 71, 142e147.

Chen, K.L., Wu, C.P., Chiou, P.W., (2000). Effect of roxarsone inclusion in the diet on the performance and hepatic lipid metabolism of laying Tsaiya duck. *Br. Poult. Sci.* 41, 363–369.

Cheruiyot, D. J., Boyd, R. S., Coudron, T. a., & Cobine, P. a. (2013). Biotransfer, Bioaccumulation and Effects of Herbivore Dietary Co, Cu, Ni, and Zn on Growth and Development of the Insect Predator *Podisus maculiventris* (Say). *Journal of Chemical Ecology*, 39(6), 764–772.

Chiou, P.W.S., Chen, K.L., Yu, B., (1997). Effects of roxarsone on performance, toxicity, tissue accumulation and residue of eggs and excreta in laying hens. *J. Sci. Food Agric.* 74, 229–236.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2019). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Recuperado en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Acceso 6 de noviembre 2020).

Convención de especies migratorias. (CMS). (2015). Appendices I and II. [Internet] [citado 2020 Octubre 18]. Disponible en: http://www.cms.int/pdf/en/CMS_Species_6lng.pdf.

Copat, C.; Ferrante, M.; Hernout, B.V.; Giunta, F.; Grasso, A.; Messina, A.; Grasso, R.; Spena, M.T. (2020). Trace Element Bioaccumulation in Stone Curlew (*Burhinus oedipnemus*, Linnaeus, 1758): A Case Study from Sicily (Italy). *Int. J. Mol. Sci.*, 21, 4597.

Correia, L. O., Siqueira Júnior, S., Carneiro, P. L. S., y Bezerra, M. A. (2014). Evaluation of the use of *leptodactylus ocellatus* (anura: Leptodactylidae) frog tissues as bioindicator of metal contamination in Contas river, northeastern Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 86(4), 1549–1561. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130357>

Cory-Slechta, D. A., Weiss, B. & Cox, C. (1985). Performance and exposure indices of rats exposed to low concentrations of lead. *Toxicol Appl. Pharmacol.*, 78, 291-9.

Crump, M.L. & N.J. Scott. (1994). Visual Encounter Surveys. En: W.M. Heyer, A. Donnelly, R.A. McDiarmid, L.C. Hayec & M.C. Foster (eds). Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Method for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 364p.

Díaz-Francés, E., & Soberón, J. (2005). Statistical estimation and model selection of species-accumulation functions. Conservation Biology, 19(2), 569-573.

Dodd, C.K.J. (2010) Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques, Oxford University Press. C. Kenneth Dodd Jr., Oxford

Dodd, C. K. (Ed.). (2016). Reptile ecology and conservation: A handbook of techniques. Oxford University Press.

Donadio E., S. Di Martino, M. Aubonea & A. Novarob. (2004). Feeding ecology of the Andean hog-nosed skunk (*Conepatus chinga*) in areas under different land use in north-western Patagonia. Journal of Arid Environments 56: 709-718.

Eckert, R., Randall, D. (1990). Fisiología animal, mecanismos y adaptaciones. Interamericana Mc Graw-Hill. Madrid, 99 pp.

Eeva, T., Belskii, E., Kuranov, B., (2006). Environmental pollution affects genetic diversity in wild bird populations. Mutat. Res. 608, 8–15.

Eisler R. (1987). Mercury hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. US Fish and Wildlife Service. Biological report No. 1.1.:85.

Eisler, R. (1985). Cadmium hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85(1.2).

Eisler, R. (1985). Cadmium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synopsis Review. US Fish and Wildlife Service.

Eisler, R. (1988). Arsenic hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85(1.12).

Environmental Quality Analytical Services S.A. (2012). Informe de Monitoreo Biológico. En el área de influencia de la modificación del EIA Quicay.

Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Recuperado en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Acceso 6 de junio 2018).

Fasani, E. (2012). *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*. Plants and Heavy Metals, SpringerBriefs in Biometals, p. 55–74. doi: 10.1007/978-94-007-4441-7_3

Ferreyra, R. (1946). *A revision of the Peruvian species of Monnina (Polygalaceae)*.

Ficken, Kristina LG, and Phillip G. Byrne. (2013). Heavy metal pollution negatively correlates with anuran species richness and distribution in south-eastern Australia. Austral Ecology: 38.5 523-533.

Flores, A. (2005). Manual de pastos y forrajes altoandinos, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.



Flores Galindo, Alberto. 1993 [1974]. Los Mineros De Cerro De Pasco, 1900-1930 (Un Intento De Caracterización Social). En Alberto Flores Galindo: Obras Completas, Tomo I. Lima: Fundación Andina/ SUR Casa de Estudios del Socialismo.

Freda, J., (1986). The Influence of Acidic Pond Water on Amphibians: A Review. *Water, Air and Soil Pollution*, 30(1986), pp.439–450.

Furness RW, Johnston JL, Love JA, Thompson DR. (1989). Pollution burdens and reproductive success of golden eagles *Aquila chrysaetos* exploiting marine and terrestrial food webs in Scotland. In: Meyburg BU, Chancellor RD, editors. In Raptors in the modern world. Berlin: WWGBP: 495-500.

Gall, J. E., Boyd, R. S., & Rajakaruna, N. (2015). Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(4), 201.

Geens, A., Dauwe, T., Bervoets, L., Blust, R., Eens, M., (2010). Haematological status of wintering great tits (*Parus major*) along a metal pollution gradient. *Sci. Total Environ.* 408, 1174–1179.

Goede, A.A., (1985). Mercury, selenium, arsenic and zinc in waders from the Dutch Wadden Sea. *Environ. Pollut. Ser. A* 37, 287–309.

Goede, A., y M. Bruin: (1985). Selenium in the wader Dunlin (*Calidris alpina*) from the Dutch Wadden Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 16, 115-117.

Goyer, R, A., Clarkson, T, W. (2001). Toxic effects of metals, Casarett and Doull's Toxicology: The basic Science of Poisons, (Klassen CD, ed), New York: McGraw Hill, pp, 811-868.

Gräff, S., Berkus, M., Alberti G. & Köhler H., R. (1997) Metal accumulation strategies in saprophagous and phytophagous soil invertebrates: a quantitative comparison. *BioMetals*. 10, 45–53.

Gray, J., S. (2002). Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin* 45(1-12), 46–52.

Guzmán-Sandoval, J., Sielfeld, W., & Ferrú M. (2007). Dieta de *Lycalopex culpaeus* (Mammalia: Canidae) en el extremo Norte de Chile (Region de Tarapaca). *Gayana* 71(1): 1-7, 2007.

Gupta R.C. (2012). *Veterinary Toxicology. Basic and Clinical Principles* Second edition. Copyright © 2012 Elsevier Inc. All rights reserved.

Gutierrez CH., A., J. (2016). Concentración de metales pesados en leche cruda de vaca en la provincia de León, España. Tesis Doctoral. Dpto. Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria de la Universidad de León – España.

Hammons, A., E. Huff, H. Braunstein, J. Drury, C. Shriner, E. Lewis, B. Whitfield, y L. Towill. (1978). Reviews of the environmental effects of pollutants: IV cadmium. U.S. Environ. Protection Agency Rep. 600/1-78-026. 251 pp.

Heikens, A., Peijnenburg, W. J. G. M., & Hendriks, A. J. (2001). Bioaccumulation of heavy metals in terrestrial invertebrates. *Environmental Pollution*, 113(3), 385–393. doi:10.1016/0269-7491(94)00082-O



Hegstrom, L. J., & West, S. D. (1989). Heavy metal accumulation in small mammals following sewage sludge application to forests. *Journal of environmental quality*, 18(3), 345-349.

Herdt TH, Hoff B (2011). The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 27: 255-283. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2011.02.004>

Hernout, B.V., Arnold, K.E., McClean, C.L., Walls, M., Baxter, M., Boxall, A.B.A. (2016). A national level assessment of metal contamination in bats. *Environmental Pollution*.

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427–432.

Hoffman, G. L. (1996). Methods of analysis by the US Geological Survey National Water Quality Laboratory; preparation procedure for aquatic biological material determined for trace metals (No. 96-362). US Geological Survey: Branch of Information Services

Hoffman, D., J., Rattner, B., A., Burton, G., A., Jr. & Cairns, J., Jr. (Eds) (2003). *Handbook of ecotoxicology*. (2ª Ed.). EEUU. Lewis Publishers.

Horne, M.T. y Dunson, W.A., (1994). Exclusion of the Jefferson salamander, *Ambystoma jeffersonianum*, from some potential breeding ponds in Pennsylvania: Effects of pH, temperature, and metals on embryonic development. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27(3), pp.323–330.

Honda, K., J. E. Marcovecchio, S. Kan, R. Tatsukawa, and H. Ogi. (1990). Metal concentrations in pelagic seabirds from the North Pacific Ocean. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 19:704–711.

Horvat, M. 2002. Mercury as a global pollutant. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 374, 981-982.

Hsieh, T.C., Ma, K.H. & Chao, A. (2016) iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* (in revision).

IUCN (2020). The IUCN Red List of Threatened Species vers. 2020-2 [20 de noviembre del 2020]. Recuperado de: <http://www.iucnredlist.org>

Jofré, M. B., Antón, R. I., & Caviedes-Vidal, E. (2012). Lead and cadmium accumulation in anuran amphibians of a permanent water body in arid Midwestern Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(7), 2889–2897. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0795-2>

Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88:2427–2439.

Jost, L., A. Chao, and R. L. Chazdon. (2011). Compositional similarity and b (beta) diversity. Pp. 66–84 in A. E. Magurran and B. J. McGill, eds. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford Univ. Press, Oxford, U.K

Kabata-Pendias A, Mukherjee AB (2007) *Trace elements from soil to human*, 1st edn. Springer, New York



Kolf-Clauw, M., Guénin, A., & López, M. P. (2007). Micromamíferos y metales pesados: Biomonitorización del medio ambiente. Observatorio Medioambiental, (10), 19-38.

Lannacone, J. & Manyari, G. (2003). Ecotoxicidad del mercurio, cadmio y plomo sobre renacuajos de la rana de Junín *Batrachophrynus macrostomus* Peters 1873 (Anura: Leptodactylidae). Rev. Bras. Toxicol. 16: 15-20

Lande, R. (1996). *Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities*. Oikos, 76: 5-13.

Laspina C. A., S.G Ortiz, M. L Reus y C. de los Ríos. (2013). Dieta de *Oryctolagus cuniculus* (conejo silvestre europeo) y disponibilidad de recursos tróficos en el Parque Nacional El Leoncito (San Juan, Argentina) *Multequina* 22: 37-44, 2013

Llugany, M., Tolrà, R., Poschnrieder, C. & Barceló, J. (2007). *Hiperacumulación de metales: ¿Una ventaja para la planta y para el hombre?*. Ecosistemas 16 (2): 4-9.

Lounsbury-Billie, M. J., Rand, G. M., Cai, Y., & Bass, O. L., Jr. (2008). Metal concentrations in Osprey (*Pandion haliaetus*) populations in the Florida Bay estuary. *Ecotoxicology*, 17, 616–622.

Lukáň, M. (2009). Heavy metals in alpine terrestrial invertebrates. *Oecologia Montana*, 18(1-2), 31-38.

Ma, W. C.; Denneman, W. (1991): Hazardous exposure of ground-living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 20(2): 266-270.

Ma, W. C., & van der Voet, H. (1993). A risk-assessment model for toxic exposure of small mammalian carnivores to cadmium in contaminated natural environments. *Science of the total environment*, 134, 1701-1714.

Macbride, J. F. (1936-1954). *Flora del Perú*. Chicago: Publ. Field Museum Natural History. Bot. Ser.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.

MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., & Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39(1), 20–31. <https://doi.org/10.1007/s002440010075>

McDowell, L. (1992), *Minerals in Animal and Human Nutrition*, Academic Press, Inc, Harcourt Brace Jovanovich Publishers, California, 187pp.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.

Malik, R.N.; Zeb, N. (2009). Assessment of environmental contamination using feathers of *Bubulcus ibis* L; as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan. *Ecotoxicology*. 18:522–536.

Méndez M. (2003). En: Evolución temporal de la contaminación de metales pesados en la zona intermareal de la Ría de Vigo. Trabajo de Grado. Universidad de Santiago de Compostela, España.



Ministerio del Ambiente – MINAM. (2015). Guía de inventario de Fauna Silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural – Lima. 83 pp.

Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI (2019). *Protocolo de muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, agua, y granos de cacao*.

Ministerio de la Presidencia – Gobierno de España (2003). *Real Decreto 465/2003, de 25 de abril, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal*. Boletín Oficial del Estado núm. 102, de 29 de abril de 2003, 1-15 pp. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-8717-consolidado.pdf>

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2012). *Evaluación de praderas del Proyecto Conservación de Praderas*. Lima, Perú

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*.

Milton, A., Johnson, M, (1999). Biomonitoring of contaminated mine tailings through age accumulation of trace metals in the bank vole (*Clethrionomys glareolus*), Journal of Environmental Monitoring, 1, 219-225.

Molau, U. (1990). *The genus Bartsia (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae)*. Opera Bot. 102, p 1-99.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. 1era Edición. Manuales y Tesis. Editado por CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Volumen 1: 83 pp.

Morsy MM, El-Ghannam AA, Saleh SY, Arafa MM (2020). Assessment of serum mineral concentrations of barki sheep and its impact on kidney functions in El-Hammam city. Adv. Anim. Vet. Sci. 8(s1): 68-75.

Mostacedo, B. & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País. 87 pp.

Naidoo, S., Vosloo, D., Schoeman, M.C. (2013). Foraging at wastewater treatment works increases the potential for metal accumulation in an urban adapter, the banana bat (*Neoromicia nana*). African Zoology. 48 (1): 39-55.

Noguera-Urbano E. A., Ramírez-Chaves H. E & Torres-Martínez M. (2016). Análisis geográfico y conservación del zorro andino *Lycalopex culpaeus* (Mammalia, Canidae) en Colombia. Iheringia. Série Zoologia

Nordberg, G.F., Fowler, B.A., Nordberg, M. (2015). Handbook on the Toxicology of Metals. Fourth Edition. Academic Press, United Kingdom, 1542 p.

Odum, E. (1972). *Ecología*. Editorial Interamericana. México. 639 pp.

Ortiz, R. (2014). *Estudio agrotoedafológico y capacidad de carga animal en contadera – Tomas – Yauyos*. (Trabajo monográfico de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Ohlendorf, H.; Heinz, G. (2011). Selenium in Birds. In Environmental Contaminants in Biota: Interpreting Tissue Concentrations, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; 669–701.



Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, and H. Wagner. (2017). *vegan: Community ecology package*. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Pankakoski, E., Hyvärinen, H., Jalkanen, M., & Koivisto, I. (1993). Accumulation of heavy metals in the mole in Finland. *Environmental Pollution*, 80(1), 9-16.

Pacheco, V., R. Cadenillas, E. Salas, C. Tello y H. Zeballos. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1): 5-32

Páez, F., Calderón-Campuzano, M. F., Soto-Jiménez, M. F., Ruelas-Inzunza, J. R. 2010. Lead in blood and eggs of the sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from the Eastern Pacific: Concentration, isotopic composition and maternal transfer. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 433-439.

Patton L. J. Berkeley U. F. J. D'Elía P.G. (2015). *Mammals of South America* edited by Alfred L. Gardner. The University of Chicago Press, Ltd., London 2015 by The University of Chicago All rights reserved. Published 2015.

Pérez, M.; Cid, F., Hernández, D, & Oropesa, A, L, (2005). Contenido de metales pesados en hígado y plumas de aves marinas afectadas por el accidente del "Prestige" en la costa de Galicia, *Revista de Toxicología*, 22, 191-199.

Prohaska, J., Gybina, A. 2004. Intracellular copper transport in mammals. *The Journal of Nutrition*, 134, 1003-1006.

Plenge M. A. (2020). Lista de las aves de Perú. Unión de Ornitólogos del Perú. Recuperado de <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist>

Pyle, P, S. Howell, R. Yunick & DeSante. (1987). *Identification guide to North American passerines*. Bolinas, CA: Slate Creek Press, P.O. Box 219.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rahman A, Hasegawa H, and Lim RP. 2012. Bioaccumulation, biotransformation and tropic transfer of arsenic in the aquatic food chain. *Environmental Research* 116:118–35

Rodríguez, Daniel, D'Elía, Guillermo, Ortega, Hernán, & Aguilar, César. (2019). Revisión taxonómica de la rana marsupial *Gastrotheca peruana* (Amphibia: Hemiphractidae) en base al gen mitocondrial 16S. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 461-468. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16238>

Ralph, J; Geupel, G.; Pyle, P.; Martin, T.; DeSante, D.; & M. Borja. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.

Redford, K. & J. Eisenberg (Eds.). (1992). "Mamals of the Neotropics - Chile, Argentina, Uruguay and Paraguay". The University of Chicago. United States of America. 430 pp.

Reglamento N.º 333/2007 por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios. Comisión de la Comunidad



Europea. España. 28 de marzo de 2007. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/TXT/?uri=CELEX%3A32007R0333>.

Remsen, J. V., Jr., J. I. Areta, E. Bonaccorso, S. Claramunt, A. Jaramillo, D. F. Lane, J. F. Pacheco, M. B. Robbins, F. G. Stiles, and K. J. Zimmer. (2020). A classification of the bird species of South America. American Ornithological Society. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>

Sadinski, W., y Dunson, W. (1992). A Multilevel Study of Effects of Low pH on Amphibians of Temporary Ponds. *Journal of Herpetology*, 26(4), 413-422. doi:10.2307/1565117

Sagástegui, A. & Leiva, S. (1993). *Segundo. Flora invasora de los cultivos del Perú. 1nd ed. Trujillo*, Editorial Libertad EIRL. 539 p.

Sánchez, M. V., Nicoloso, G. L., Medesani, D. A., & Rodríguez, E. M. (2001). Toxicity of cadmium and copper on larval and juvenile stages of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* (Brachyura, Grapsidae). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 41(3), 333-338.

Sánchez, P., Espín, S., García-Fernández, A. J., & Eeva, T. (2015). A review on exposure and effects of arsenic in passerine birds. *Science of the Total Environment*, 512, 506-525.

Sanz-Gallén, P., Nogué, S., & Corbella, J. (1993). Metales. L, Nogué S, Nolla J. *Toxicología clínica*. Springer-Verlag Ibérica. Barcelona, 275-291.

Scanlon, P. F. (1987). Heavy metals in small mammals in roadside environments: implications for food chains. *Science of the Total Environment*, 59, 317-323.

Scheuhammer, A. M. (1991). Effects of acidification on the availability of toxic metals and calcium to wild birds and mammals. *Environmental Pollution*, 71(2-4), 329-375.

Scheuhammer, A. (1987). The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: a review. *Environ. Pollut.* 46, 263–295.

Schulenberg T.S., Stotz, D.F., Lane D.F., O'Neill J. P. & Parker III, T. A. (2010). *Aves de Perú. Serie Biodiversidad*

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR. (2018). *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre), Lima. Perú, pp. 1- 532 páginas.

Sikes, R.S., the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. (2016). Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy*. 97 (3): 663-688. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>

Sinsch, U. (1986). Anfíbios de la sierra central del Perú - Una clave de identificación para adultos y larvas: *Boletín de Lima*, 45(8), 23–33. ISSN 0253-0015

Sinsch, U. (1990). Froschlurche (Anura) der zentral-peruanischen Anden: Art diagnose, Taxonomie, Habitate, Verhaltensökologie. In *Salamandra* (Vol. 26, Issue 2).

Sinsch, U., & Lehr, E. (2010). Geographical variation in the high andean frog *telmatobius carrillae morales*, 1988 (Ceratophryidae, Telmatobiinae): Size, skin texture, and coloration. *Journal of Herpetology*, 44(4), 495–505. <https://doi.org/10.1670/09-081.1>



Smith, G. J., & Rongstad, O. J. (1981). Heavy metals in mammals from two unmined copper-zinc deposits in Wisconsin. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 27(1), 28-33.

Soetan, K.O., Olaiya, C.O., Oyewole, O.E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*. 4(5): 200-222.

Stangoulis, J. & Sison C. (2009). *Protocolos de Muestreo en Cultivos para Análisis de Micronutrientes*. Series de Monografías Técnicas – HarvestPlus. Washington, D.C. – Estados Unidos.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA (2017). *Plan Anual de Monitoreo de Residuos Químicos y Otros Contaminantes en Alimentos Agropecuarios Primarios y Piensos, para el período Abril a Diciembre del 2017*

Smith, A., Pryer, R., Kathleen M., Schuettpelz, E.; et al. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon*. Vol. 55, nº 3, 705-731 pp.

Sparling, D. W., & Lowe, T. P. (1996). Metal concentrations of tadpoles in experimental ponds. *Environmental Pollution*, 91(2), 149-159.

Sparling D.W., Krest S., Ortiz-Santaliestra M. (2006). Heavy metals in tadpoles Effects of lead contaminated sediment on *Rana sphenoccephata* tadpoles. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 51: 458-466

Stattersfield A. J., Crosby, M. J., Long, A. J. and Wege, D. C. (1998) Endemic Bird Areas of the World: priorities for biodiversity conservation. Cambridge, UK: BirdLife International (BirdLife Conservation Series 6).

Suttichaiya A, Khammanichanh A, Patawang. (2016). Chromosome aberrations of east asian bullfrog (*Hoplobatrachus rugulosus*) around a Gold mine area with arsenic contamination. *Environment Asia* 9(1):60–9

Talmage, S. S, Walton, B. T. (1991): Small mammals as monitors of environmental contaminants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 119: 14-145.

Tovar, O. (1993). *Las Gramíneas (Poaceas) del Perú*. Ruizia 13: 1-481 pp.

Thomas H. H., Brent Hoff. (2011). The Use of Blood Analysis to Evaluate Trace Mineral Status in Ruminant Livestock *Vet Clin Food Anim* 27 (2011) 255–283. doi: 10.1016/j.cvfa.2011.02.004. 0749-0720/11/\$ – see front matter _ 2011 Elsevier Inc. All rights reserved.

The American Kestrel Partnership. (2017). American Kestrel Genoscape Project. Feather Sampling Protocol. University of California. United States of America.

Travaini A., M. Delibes & O. Ceballos. (1998). Summer foods of the Andean hog-nosed skunk (*Conepatus chinga*) in Patagonia. *Journal of Zoology (London)* 246: 457-460.

U.S. Department of the Interior (U.S. DI). (1998). Guidelines for interpretation of the biological effects of selected constituents in biota, water, and sediment. National Irrigation Water Quality Program Information Report No. 3. USDI, Denver, CO. November. <http://www.xeno-canto.org/>

Venugopal, B; Luckey, T. D. (1978). Metal toxicity in mammals. Part 2. New York, Plenum Press. WALKER, E. P. (1975). *Mammals of the world*, 3rd edn. Baltimore, Johns Hopkins.



Villanueva C., G., J. (2011). Nutrición del ganado: Zinc. Sitio Argentino de Producción Animal. direccion@mineraleselsastre.com

Voss, R. S., & Emmons, L. (1996). Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. Bulletin of the AMNH; no. 230.

Watson, A., Fitzgerald, A., Damián Baldeón, O., & Elías, R. (2017a). Habitat characterization, occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. *Endangered Species Research*, 32(1), 429–436. <https://doi.org/10.3354/esr00821>

Watson, A. S., Fitzgerald, A. L., & Baldeón, O. J. D. (2017b). Diet composition and prey selection of *Telmatobius macrostomus*, the Junín giant frog. *Endangered species research*, 32, 117-121.

Weberbauer, A. (1945). *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos*. Estudio Fitogeográfico. Lima, Edit. Lumen. Ministerio de Agricultura. 776 pp.

Williams, M., Ramos, D., Butrón, A., Gonzales-Zúñiga, S., Ortiz, N., & La Torre, B. (2010). Concentraciones de metales pesados en murciélagos del Lodge "Cock of the Rocks" y alrededores, Kosñipata, Cuzco, Perú. *Ecología Aplicada*, 9(2), 133-139

Zocche, J. J., Da Silva, L. A., Damiani, A. P., Mendonça, R. Á., Peres, P. B., dos Santos, C. E. I., ... & Pinho, R. A. (2014). Heavy-metal content and oxidative damage in *Hypsiboas faber*: the impact of coal-mining pollutants on amphibians. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 66(1), 69-77.

Zocche JJ, Paganini AD, Hainzenreder G, Mendonça RA, Peres PB, Santos CEL et al (2013). Assessment of heavy-metal content and DNA damage in *Hypsiboas faber* (anuran amphibian) in coal open-casting mine. *Environ Toxicol Pharmacol* 36:194–201

Geología:

Dold, B. (2003). *Speciation of the most soluble phases in a sequential extraction procedure adapted for geochemical studies of copper sulfide mine waste*. *Journal of Geochemical Exploration*, 80, 55-68.

Jenner, G.A., (1996), Trace element geochemistry of igneous rocks: Geochemical nomenclature and analytical geochemistry, in Wyman, D.A., ed., Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulfide Exploration, 12, Geological Association of Canada, Short Course Notes, p. 51–77.

R.; Rodríguez, et al (2011). Cuadrángulos de Cerro de Pasco 22k. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Rivera, M. (2001). Introducción a la geoquímica general y aplicada. Primera edición, 279pp

Suelos

Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.



Alloway, B. (1995). Heavy metals in soils. Blackie Academic and Profesional. Londres.

Elkhatib E.A., G.N. Elsheebiny y A.M. Balba a.m. (1991). Lead sorption in calcareous soils. Environ. Pollut. 69, 269-276.

FAO (2009). Guía para la descripción de Suelos, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura – Roma.

FAO (2012). Subíndice de Uso Sustentable del Suelo: Metodología de Cálculo. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. México. 53p.

García, I. & Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por metales pesados. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.

Jiménez Ballesta R. (2010) Geochemical background levels and influence of the geological setting on pedogeochemical baseline concentrations of trace elements in selected soils of Castilla-La Mancha, pag:8

Tack *et al.* (1997), Niveles de fondo geoquímico e influencia del marco geológico en las concentraciones edafogeoquímicas de base de suelos seleccionados de Castilla-La Mancha, pag:8

Ministerio del Ambiente (Perú). R.M. N° 085-2014-MINAM: Guía para muestreo de suelos. Lima: MINAM, 2014. 49p.

Naidu R., Bolan N.S., Kookana R.S., Tiller K.G. (1994): Ionic-strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. En. J. Soil Sci. 45, 419-429.

Tessier, A., Campbell, P. & Bisson, M. (1979). Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Analytical Chemistry. 51 (7), 844-854.

U.S. Environmental Protection Agency-EPA (2015) ProUCL Version 5.1.002 Technical Guide. EPA

USDA. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Traducido por Lutters y Salazar (2000). Argentina.

GIL, C., J. Ramos-Miras y R. Boluda (2002) Niveles estándar de Cu, Zn y Co y evaluación de la contaminación en los suelos de los invernaderos de la comarca del poniente (Almería-España). Edafología 9 (3) pp. 283-294.

Tomografía

Dentith M. & Mudge S. T. (2014), Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York.

DeGroot-Hedlin & Constable, S. (1990). Ocean's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data. Geophysics 55:1613-1624

Edwards, L., (1977). A modified pseudosection for resistivity and induced-polarization. Geophysics.

Gasulla, M. (1999). Obtención de imágenes de la distribución de impedancia eléctrica del subsuelo. Aplicación a la detección de objetos locales. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. 1999.

Loke, M. H. & Barker, R. D. (1996). Rapid Least-Squares Inversion of Apparent



Resistivity Pseudosections by a Quasi-Newton Method. Geophysical Prospecting, 44, 131-152.

Ravelo, D. (2007). Inversión e interpretación de datos de resistividad aparente en 2D, adquiridos en relieves topográficos. Sartenejas, Venezuela

Reynolds J. M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics 2nd Edition. Aptara Inc., New Delhi, India.

Sasaki, Y. (1992). Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. Geophysical Prospecting 40,453-463.

Gunamani, T., Gurusamy, R. & Swamynathan, K. (1991). Efecto de la contaminación por polvo en los apéndices dérmicos y la anatomía de las hojas en algunas plantas herbáceas. J Swamy Boli Club; 8 (3–4): 79–85.

Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: uso del GPS y estación total. Academia.