



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**ESTUDIO GEOQUÍMICO AMBIENTAL Y MAPA DE
RIESGOS DE LA CUENCA DEL RÍO HUASCO, III REGIÓN
DE ATACAMA, CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

STEFAN CONSTANTINO MOSJOS AGUILAR

PROFESORA GUÍA:
CLAUDIA CANNATELLI

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LINDA DANIELE
JUAN PABLO LACASSIE REYES

SANTIAGO DE CHILE
2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Geólogo

POR: Stefan Constantino Mosjos Aguilar

FECHA: 20/03/2017

PROFESORA GUÍA: CLAUDIA CANNATELLI

ESTUDIO GEOQUÍMICO Y AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO HUASCO

El presente trabajo tiene por objetivo determinar la calidad ambiental y efectuar una caracterización geoquímica de los sedimentos de la cuenca hidrográfica del río Huasco. Para ello se contó con 131 muestras de sedimentos fluviales tomadas a lo largo de toda la cuenca, desde su desembocadura hasta la precordillera.

Se compararon los resultados analíticos de muestras de sedimento fluvial de la cuenca con las normas ambientales internacionales. Se encontró valores elevados, en comparación con las normas, en las concentraciones de arsénico, cobre, cromo, níquel y zinc.

Por otro lado, se realizaron mapas de concentraciones químicas de acuerdo a su variación geográfica. Esto reflejó dos franjas de rumbo norte – sur, una que refleja una composición rica en SiO_2 y K_2O y que representa una franja de unidades intrusivas predominantemente graníticas, y otra que evidencia una franja rica en CaO , P_2O_5 y MnO al oeste de la Junta del Carmen, explicada por la predominancia de rocas mesozoicas volcanosedimentarias y sedimentarias clásticas y marinas.

Dado a lo anterior, se consideró que la litología es determinante en la composición de los sedimentos fluviales. Otros factores de segundo orden son las estructuras geológicas como fallas y diques y la mineralización, que explican anomalías en ciertas zonas.

No fue posible establecer contaminación antrópica, excepto, en la desembocadura del río Huasco, en donde varios metales pesados presentan valores anómalos posiblemente asociados a la intensa actividad industrial de la zona y el cambio químico en las aguas (asociado a desembocaduras). Por otro lado, en el río Estrecho se encontraron concentraciones relativamente altas, superiores a la norma PEC, para los elementos Ni, As y Zn, las cuales se consideran de origen natural, asociadas a la presencia de larga data de zonas de alteración hidrotermal en la cabecera del río Estrecho.

Para poder evaluar mejor el riesgo asociado a las concentraciones de metales pesados, se consideró la interacción de los elementos de los sedimentos fluviales con sus concentraciones en las aguas del río. Si bien en algunos casos parece existir intercambio catiónico entre ambos sistemas (agua - sedimentos), al parecer el riesgo de que los sedimentos contaminados naturalmente tengan efectos aguas abajo es bajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Geólogo.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Fundamentación del problema	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis de trabajo.....	2
1.4 Antecedentes de la zona de estudio	2
1.4.1 Ubicación y vías de acceso	2
1.4.2 Hidrografía	2
1.4.3 Geomorfología y clima	4
1.4.4 Actividades económicas	4
1.4.5 Asentamientos humanos	7
1.5 Antecedentes previos.....	9
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1 Toma de muestras de sedimentos fluviales	10
2.2 Análisis geoquímico de sedimentos fluviales	10
2.3 Procesamiento y presentación de datos	10
2.4 Datos de calidad del agua.....	11
3. MARCO GEOLÓGICO.....	14
3.1 Unidades litoestratigráficas	14
3.1.1 Unidades litoestratigráficas del Paleozoico.....	14
3.1.2 Unidades litoestratigráficas del Mesozoico	15
3.1.3 Unidades litoestratigráficas del Cenozoico	16
3.2 Intrusivos.....	16
3.3 Geología económica	16
4. RESULTADOS	19
4.1 Caracterización geoquímica y estadística de las muestras de sedimentos fluviales.....	19
4.2 Comparación con guías o normas internacionales.....	38
4.3 Datos de calidad de agua.....	46

5. DISCUSIONES	75
5.1 Geoquímica de los sedimentos activos	75
5.1.1 Geoquímica global de la zona	75
5.1.2 Geoquímica de la cuenca del río Huasco	76
5.1.3 Geoquímica de la subcuenca del río del Carmen y río Potrerillos	76
5.1.4 Geoquímica de las subcuencas del río Chollay y Estrecho	76
5.1.5 Análisis de componentes principales	77
5.2 Comparación con normas internacionales	77
5.3 Interacción de metales pesados con aguas	80
5.4 Interacción de metales pesados con cultivos	81
5.5 Limitaciones	82
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS	84
ANEXO A.	89
ANEXO B.	95
ANEXO C.	109
ANEXO D.	114
ANEXO E.	133

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa político de la Provincia de Huasco.	3
FIGURA 2. Mapa de faenas mineras de la Provincia de Huasco (Fuente: SERNAGEOMIN, 2013).	5
FIGURA 3. Imagen satelital del campamento Barriales del proyecto Pascua-Lama. Al norte se observan las piscinas de acumulación y al sur los rajos abiertos del proyecto. .	6
FIGURA 4. Distribución geográfica de centros urbanos en la Provincia de Huasco (Fuente: INE, 2005).	7
FIGURA 5. Distribución geográfica de aldeas en la Provincia de Huasco (Fuente: INE, 2005).	8
FIGURA 6. Distribución geográfica de caseríos en la Provincia de Huasco (Fuente: INE, 2005).	8
FIGURA 7. Mapa de estaciones de monitoreo activas en la cuenca del río Huasco 2007-2008.	12
FIGURA 8. Marco geológico de la zona de estudio (simplificado).	18
FIGURA 9. Distribución geográfica de SiO ₂ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	22
FIGURA 10. Distribución geográfica de Al ₂ O ₃ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	22
FIGURA 11. Distribución geográfica de TiO ₂ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	23
FIGURA 12. Distribución geográfica de Fe ₂ O ₃ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	23
FIGURA 13. Distribución geográfica de CaO en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	24
FIGURA 14. Distribución geográfica de MgO en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	24
FIGURA 15. Distribución geográfica de MnO en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	25
FIGURA 16. Distribución geográfica de Na ₂ O en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	25
FIGURA 17. Distribución geográfica de K ₂ O en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	26
FIGURA 18. Distribución geográfica de P ₂ O ₅ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	26
FIGURA 19. Distribución geográfica de Ag en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	27
FIGURA 20. Distribución geográfica de As en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	27
FIGURA 21. Distribución geográfica de Au en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	28
FIGURA 22. Distribución geográfica de Ba en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	28
FIGURA 23. Distribución geográfica de Bi en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	29

FIGURA 24. Distribución geográfica de Cd en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	29
FIGURA 25. Distribución geográfica de Ce en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	30
FIGURA 26. Distribución geográfica de Co en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	30
FIGURA 27. Distribución geográfica de Cr en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	31
FIGURA 28. Distribución geográfica de Cu en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	31
FIGURA 29. Distribución geográfica de Hg en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	32
FIGURA 30. Distribución geográfica de La en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	32
FIGURA 31. Distribución geográfica de Mo en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	33
FIGURA 32. Distribución geográfica de Nb en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	33
FIGURA 33. Distribución geográfica de Ni en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	34
FIGURA 34. Distribución geográfica de Pb en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	34
FIGURA 35. Distribución geográfica de Sb en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	35
FIGURA 36. Distribución geográfica de Sr en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	35
FIGURA 37. Distribución geográfica de V en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	36
FIGURA 38. Distribución geográfica de Y en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	36
FIGURA 39. Distribución geográfica de Zn en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	37
FIGURA 40. Distribución geográfica de Zr en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.	37
FIGURA 41. Comparación de las concentraciones de As en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	39
FIGURA 42. Comparación de las concentraciones de Cd en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	40
FIGURA 43. Comparación de las concentraciones de Cr en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	41
FIGURA 44. Comparación de las concentraciones de Cu en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	42
Figura 45. Comparación de las concentraciones de Hg en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	43

FIGURA 46. Comparación de las concentraciones de Ni en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	44
FIGURA 47. Comparación de las concentraciones de Pb en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	45
FIGURA 48. Comparación de las concentraciones de Zn en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales.	46
FIGURA 49. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).	47
FIGURA 50. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).	47
FIGURA 51. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).	48
FIGURA 52. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).	48
FIGURA 53. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).	49
FIGURA 54. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).	49
FIGURA 55. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).	50
FIGURA 56. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).	50
FIGURA 57. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).	51
FIGURA 58. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).	51
FIGURA 59. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).	52
FIGURA 60. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).	52
FIGURA 61. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).	53
FIGURA 62. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).	53
FIGURA 63. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).	54
FIGURA 64. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).	54
FIGURA 65. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).	55
FIGURA 66. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).	55
FIGURA 67. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).	56

FIGURA 68. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	56
FIGURA 69. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	57
FIGURA 70. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	57
FIGURA 71. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	58
FIGURA 72. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	58
FIGURA 73. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	59
FIGURA 74. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	59
FIGURA 75. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	60
FIGURA 76. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	60
FIGURA 77. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	61
FIGURA 78. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	61
FIGURA 79. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	62
FIGURA 80. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	62
FIGURA 81. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	63
FIGURA 82. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	63
FIGURA 83. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	64
FIGURA 84. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	64
FIGURA 85. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	65
FIGURA 86. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	65
FIGURA 87. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	66
FIGURA 88. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	66
FIGURA 89. Concentraciones de PO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	67

FIGURA 90. Concentraciones de PO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	67
FIGURA 91. Concentraciones de PO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	68
FIGURA 92. Concentraciones de PO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	68
FIGURA 93. Concentraciones de SO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	69
FIGURA 94. Concentraciones de SO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	69
FIGURA 95. Concentraciones de SO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	70
FIGURA 96. Concentraciones de SO ₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	70
FIGURA 97. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).....	71
FIGURA 98. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	71
FIGURA 99. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	72
FIGURA 100. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	72
FIGURA 101. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct.2007).....	73
FIGURA 102. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).....	73
FIGURA 103. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).....	74
FIGURA 104. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).....	74

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Población de los principales asentamientos en la Provincia de Huasco (INE, 2005).	7
TABLA 2. Límite de normas internacionales a la concentración de metales pesados. ..	11
TABLA 3. Estaciones de monitoreo de calidad de aguas para la cuenca del río Huasco.	11
TABLA 4. Concentraciones máximas para elementos químicos en agua para riego (norma chilena).	13
TABLA 5. Medidas de posición y dispersión de las concentraciones elementales en muestra de sedimentos fluviales.	19
TABLA 6. Medidas de posición y dispersión de las concentraciones de óxidos en muestra de sedimentos fluviales.	20
TABLA 7. Coeficiente de Pearson para aquellos valores de correlación alta ($\pm 0.70-0.89$) o muy alta ($\pm 0.90-0.99$).	20
TABLA 8. Pesos de los componentes en análisis de los componentes principales.	21
TABLA 9. Porcentaje de muestras cuya concentración excede los límites fijados por las normas internacionales.	38
TABLA 10. Agrupación según componentes principales.	77

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Fundamentación del problema

El suelo es un componente fundamental del medioambiente, por lo que su contaminación por factores antrópicos o naturales debe ser monitoreada. Cabe destacar en este punto, que se entiende como contaminación la presencia de concentraciones elevadas de sustancias en el medioambiente por sobre los niveles de fondo naturales para el área o para el organismo. Diversos son los factores que afectan la composición química o mineralógica de los sedimentos, entre ellos las características geológicas del basamento, el clima y las actividades económicas como minería, agricultura, industrias y procesos de urbanización.

Algunos contaminantes de los sedimentos, como los metales pesados, pueden incorporarse a la cadena trófica y terminar constituyendo un serio riesgo para la vida humana y animal, en particular si forman parte de un sistema hidrográfico, como es el caso de los sedimentos fluviales (Hellyer, 2010). Por otro lado, los metales pesados pueden integrarse en la vegetación local, especialmente cuando ésta es irrigada mediante el cauce, afectando así la condición de los vegetales cultivados y sus potenciales efectos en la salud de sus consumidores (Khan et al., 2008).

Dicho lo anterior, los sedimentos fluviales constituyen un buen indicador de la calidad ambiental de todo el sistema biótico que de él depende, por lo que su análisis es fundamental en el monitoreo del medioambiente.

El río Huasco es uno de los principales recursos hídricos de la Región de Atacama. Más de 10.000 hectáreas de cultivo agrícola son regadas gracias al Embalse Santa Juana, el cual regula y almacena sus aguas. La cuenca hidrográfica del Río Huasco es, además, la responsable de aportar aprovisionamiento de agua potable a las localidades de la zona.

Varios estudios se han efectuado para caracterizar mejor la cuenca hidrográfica del río Huasco. Destacan entre ellos, el estudio por la Comisión Nacional de Riego sobre las aguas subterráneas (CNR, 2006), la evaluación hidrogeológica por Herrera et al. (2010), el análisis de gestión de agua por Knight Piésold (Knight Piésold S.A., 2013) y, finalmente, el estudio de diagnóstico y de clasificación del Ministerio de Obras Públicas en conjunto con la Dirección General de Aguas (MOP-DGA C.I., 2013). Si bien todos estos estudios constituyen un nutrido estado del arte sobre la cuenca del Río Huasco, ninguno de ellos aborda enfáticamente la composición química y mineralógica de los sedimentos fluviales, sino más bien, se centran en la calidad y gestión del recurso agua. Son relevantes en la materia que se aborda en este estudio, las publicaciones de Lacassie et al. (2009) y Lacassie & Díaz (2016) que involucran el análisis de la distribución geográfica de elementos mayores y trazas en los sedimentos activos en la cuenca del Río Huasco, mediante gráficos de variación geográfica y redes neuronales.

Mediante el análisis geoquímico de los sedimentos fluviales, varios autores han detectado anomalías geoquímicas que comprometen la calidad ambiental de cuencas chilenas, por ejemplo, anomalías Cu, As y Mo en el río Cachapoal (Laccassie, 2009), arsénico, cobre y plomo en el río Limarí (Astudillo, 2011), mercurio, zinc y plomo en el

río Gato (González, 2007) y arsénico, cobre y zinc en el río Elqui (Oyarzún, 2003; Oyarzún, 2004).

Dado lo anterior, es evidente la importancia de determinar la calidad ambiental de los sedimentos de la cuenca río Huasco y sus afluentes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la calidad ambiental y efectuar una caracterización geoquímica de los sedimentos de la cuenca hidrográfica del río Huasco.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar los resultados analíticos de la geoquímica de los sedimentos fluviales de la cuenca del río Huasco con las normas internacionales de calidad ambiental.
- Identificar el origen de las posibles anomalías geoquímicas presentes.

1.3 Hipótesis de trabajo

Dado que la composición de los sedimentos fluviales se ve influenciada por la geología de la zona, se verificará en primer lugar la relación entre la composición química de los sedimentos activos y el basamento establecido en las cartas geológicas de la zona. Por otro lado, dada la relevancia de la actividad minera en la provincia, se espera demostrar cuánto ha afectado la composición natural de los sedimentos fluviales y los riesgos que reviste a la actividad agrícola la contaminación por metales pesados.

1.4 Antecedentes de la zona de estudio

1.4.1 Ubicación y vías de acceso

La zona de estudio abarca la cuenca del río Huasco y sus afluentes, esto comprende la III Región de Atacama, en particular el cuadrángulo formado entre los 28.4° y 29.7° latitud sur y los 72.3° y 69.7° longitud oeste. La cuenca del río forma parte de todas las comunas de la Provincia de Huasco (Huasco, Freirina, Vallenar y Alto del Carmen).

1.4.2 Hidrografía

El río Huasco es un curso de agua exorreico cuyo drenaje está controlado por dos brazos principales. El brazo norte tiene por curso principal al río del Tránsito y el brazo sur al río del Carmen. Este estudio abarca también los afluentes secundarios Chollay, Conay y Estrecho (brazo norte), y los ríos Potrerillos, Estrecho y de las Tres Quebradas (brazo sur). La distribución de tales cauces se puede observar en Fig 1.



FIGURA 1. Mapa político de la Provincia de Huasco.

1.4.2.1 Río Huasco

El río Huasco se extiende 90 km desde su desembocadura en el Océano Pacífico, en la comuna homónima, hasta Junta del Carmen, lugar en el que confluyen los ríos del Tránsito y del Carmen y que se ubica en Alto del Carmen.

1.4.2.2 Río del Tránsito

Es uno de los dos tributarios principales del río Huasco. Con una dirección NE se extiende desde Junta del Carmen hasta la confluencia de los ríos Conay y Chollay (Junta Chollay). Tiene una longitud total de 63 km. Su régimen hidrológico es nivopluvial.

1.4.2.3 Río del Carmen

Es el otro tributario principal del río Huasco llegando a la Junta del Carmen desde el sur. Se origina en la confluencia de los ríos Primero y Apolinario y se extiende una longitud de 105 km. Su régimen es nivopluvial.

1.4.2.4 Río Potrerillos

Uno de los principales tributarios del río del Carmen. Nace en las cercanías del Paso del Guanaco Sonso (Cordillera de los Andes) y recorre 45 km antes de reunirse con el río del Carmen.

1.4.2.5 Río Chollay

Curso de agua de aproximadamente 20 km, formado por las confluencias de los ríos Blanco y Estrecho.

1.4.2.6 Río Conay

Proveniente de la confluencia de tributarios menores en la cordillera andina. Es un afluente del río del Tránsito.

1.4.2.7 Río Estrecho

Curso de aproximadamente 20 km alimentado por quebradas y ríos menores que permiten el escurrimiento glaciares, por lo que su régimen es principalmente nival.

1.4.2.8 Río de las Tres Quebradas

Curso de aproximadamente unos 15 km de longitud y afluye a río Potrerillos. Su disposición es norte-sur.

1.4.3 Geomorfología y clima

La cuenca del río Huasco constituye el Valle del Huasco, unos de los valles transversales característicos de la zona denominada Norte chico. Se trata de valles encajados entre cordones montañosos transversales que se extienden desde la Cordillera de la Costa a la Cordillera de los Andes.

De este a oeste, la cuenca del río atraviesa el Pabellón Costero (terrazas marinas en la Provincia de Huasco), la Cordillera de la Costa, el Zona de Transición y la Cordillera de los Andes.

El clima es mediterráneo desértico – oceánico. Las precipitaciones aumentan de acuerdo al gradiente altitudinal en dirección hacia la cordillera andina. De Vallenar hacia la costa, las condiciones semiáridas son atenuadas por la influencia de aire húmedo costero.

1.4.4 Actividades económicas

Las principales actividades económicas de la Región de Atacama son las correspondientes al sector minero y agropecuario silvícola. En el caso de la minería, la III Región contribuye un 8.8% al producto interno bruto asociado a dicha actividad según el último informe del Banco Central (Banco Central de Chile, 2016). Si bien el sector agropecuario silvícola no posee cifras tan relevantes a nivel nacional, la cuenca del río Huasco destaca por su producción de uva de mesa y aceitunas.

1.4.4.1 Sector minero

De acuerdo al Atlas de Faenas Mineras (SERNAGEOMIN, 2011), a lo largo de la Cuenca del Río Huasco se reconocen más de 50 faenas minera irregulares cuya mena es incierta (están en proceso de regularización). En la minería reconocida, las principales menas metálicas son oro, cobre y hierro; y no metálicas, baritina, molibdeno y mármol. En Fig. 2 se pueden apreciar las ubicaciones de las minas reconocidas en la Provincia de Huasco.

La baritina y el hierro se explotan en pequeña y gran minería, respectivamente. El primer recurso (sulfato de bario) se efectúa al sur de la zona de estudio, en Las

Bombas, Chañarcillo y Domeyko. En cuanto al hierro, su explotación está a cargo de Los Colorados, mina perteneciente a la Compañía Minera del Pacífico.

En el valle El Tránsito (sector preandino) existen dos minas de mármol, proveedoras para la construcción. En la alta cordillera al sur de Alto del Carmen se ubican dos proyectos mineros de exploración de oro a rajo abierto. Reviste importancia el Campamento Barriales de la compañía minera *Barrick Gold* (Proyecto Pascua Lama), cuya ubicación es adyacente al río Estrecho en su llegada a Quebrada Los Barriales (véase en Fig. 3, una imagen satelital de la zona, en donde se aprecian rajos mineros y piscinas de decantación para tratamiento de aguas).

Con respecto a la minería, se destaca que CAP Minería dispone, desde 1978, de una planta pelletizadora de concentrado de hierro (Planta de Pellets) localizada a 3.2 km al sur del Puerto de Huasco (Bahía Ensenada Chapaco). Los minerales no magnéticos constituyen el relave que es depositado directamente en el fondo marino a una profundidad de 35 m (25 m antes de 1994). En el quinquenio 1999 - 2003 se alcanzó una 0.22 toneladas de sólidos de residuos mineros por tonelada de producto (Compañía Minera del Pacífico S. A., 2006). Se ha reconocido que procesos de oleaje han generado la resuspensión del material y generado eventos de turbidez en la bahía que han afectado la biota de la zona submareal (Dold, 2014; Lancellotti, 2004). El material operado proviene de la mina Los Colorados (30 km al noroeste de Vallenar) que corresponde a un yacimiento tipo magnetita-apatito (Reich, 2014).

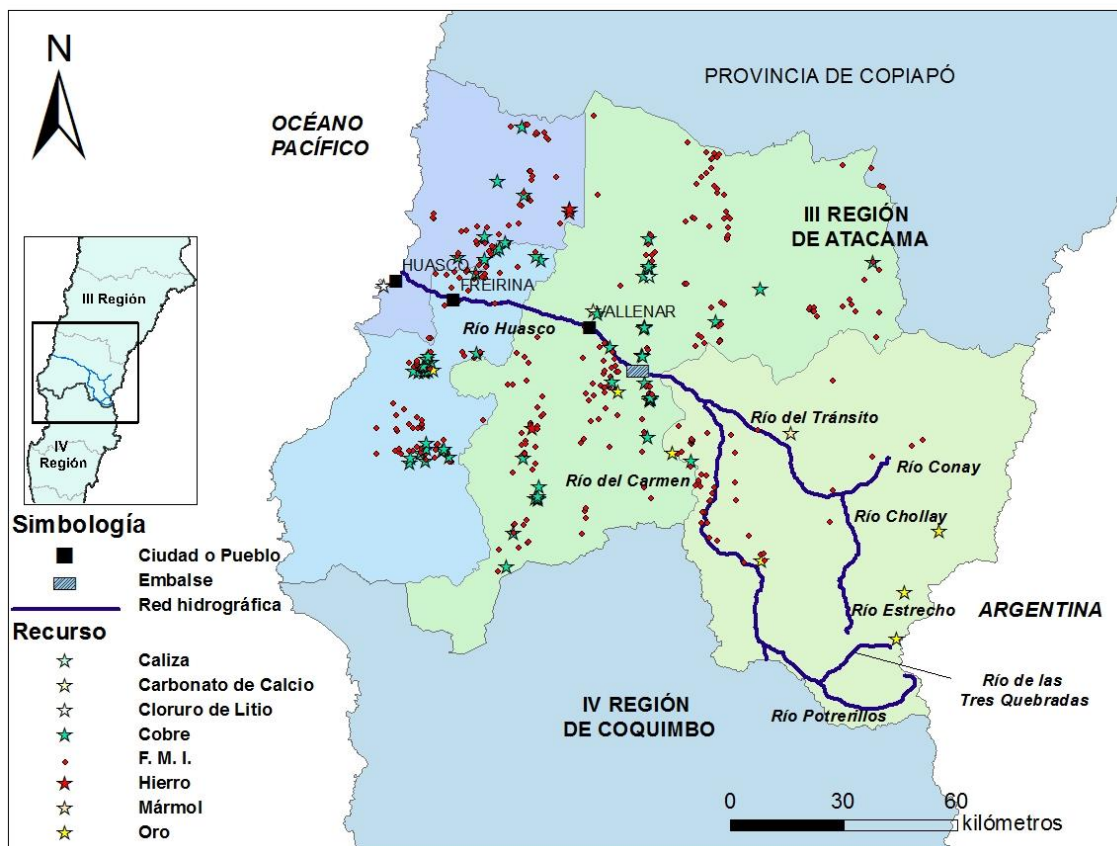


FIGURA 2. Mapa de faenas mineras de la Provincia de Huasco (Fuente: SERNAGEOMIN, 2013). FMI: Faenas mineras irregulares.

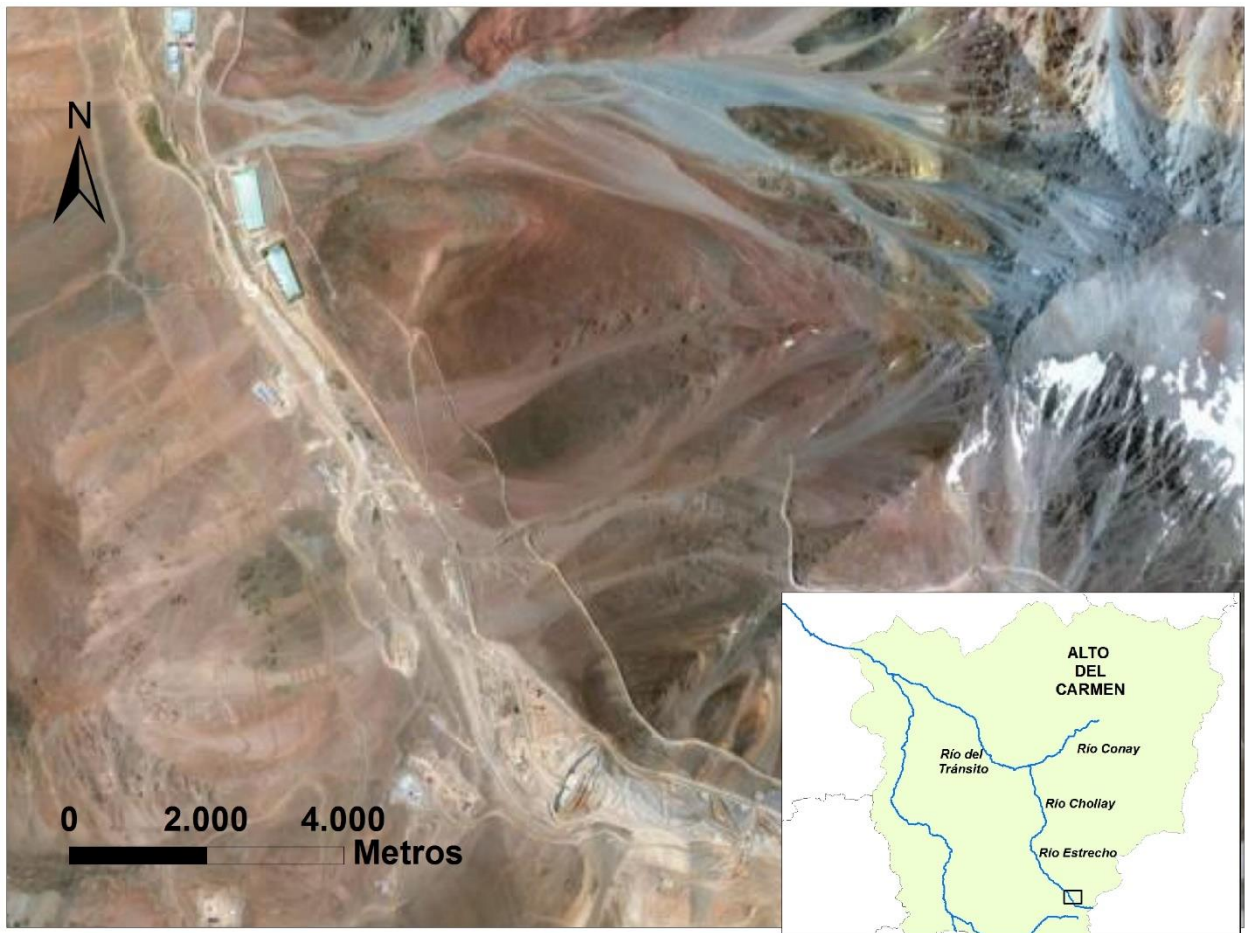


FIGURA 3. Imagen satelital del campamento Barriales del proyecto Pascua-Lama. Al norte se observan las piscinas de acumulación y al sur los rajes abiertos del proyecto.

1.4.4.2 Sector agropecuario silvícola y acuícola.

Las condiciones climáticas y las bondades de riego de la cuenca del río Huasco han sostenido la agricultura en estándares internacionales (se exporta a Europa, Asia y América). A ello se suma la construcción en 1995 de Embalse Santa Juana, el cual ha añadido productividad a la cuenca al hacer más eficientes los procesos de riego. En toda la provincia se riegan más de 800 hectáreas. De acuerdo al VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007), la Provincia de Huasco ocupa el primer lugar nacional en superficie cultivada del sector olivícola (destaca su producción de aceite de oliva y aceituna de mesa). En el sector forestal, la principal especie es el eucalipto con más de 500 hectáreas plantadas, principalmente en Huasco. En Anexo A se presentan las hortalizas y frutales de la provincia según número de hectáreas plantadas.

La ganadería de la región se concentra en los valles de Copiapó y Huasco, destacado las cabezas caprinas (28.000) en las zonas interfluviales seguidos por las cabezas bovinas (6.000) en los valles (INE, 2007). La pesca en Huasco se ha reconocido como esencialmente artesanal.

1.4.5 Asentamientos humanos

La Provincia de Huasco cuenta con dos ciudades principales (Huasco y Vallenar), el pueblo de Freirina y nueve aldeas. Además, de acuerdo a INE (2005), se registra una centena de caseríos cuya población suma más de 6.000 habitantes. En Tabla 1 se presenta la población de las entidades principales de acuerdo al Censo 2002.

TABLA 1. Población de los principales asentamientos en la Provincia de Huasco (INE, 2005).

	Población
Vallenar	43.750
Freirina	3.469
Huasco	6.445

La ubicación geográfica de algunas las entidades de acuerdo a su clasificación se presentan en Fig. 4 a 6.



FIGURA 4. Distribución geográfica de centros urbanos en la Provincia de Huasco (Fuente: INE, 2005).

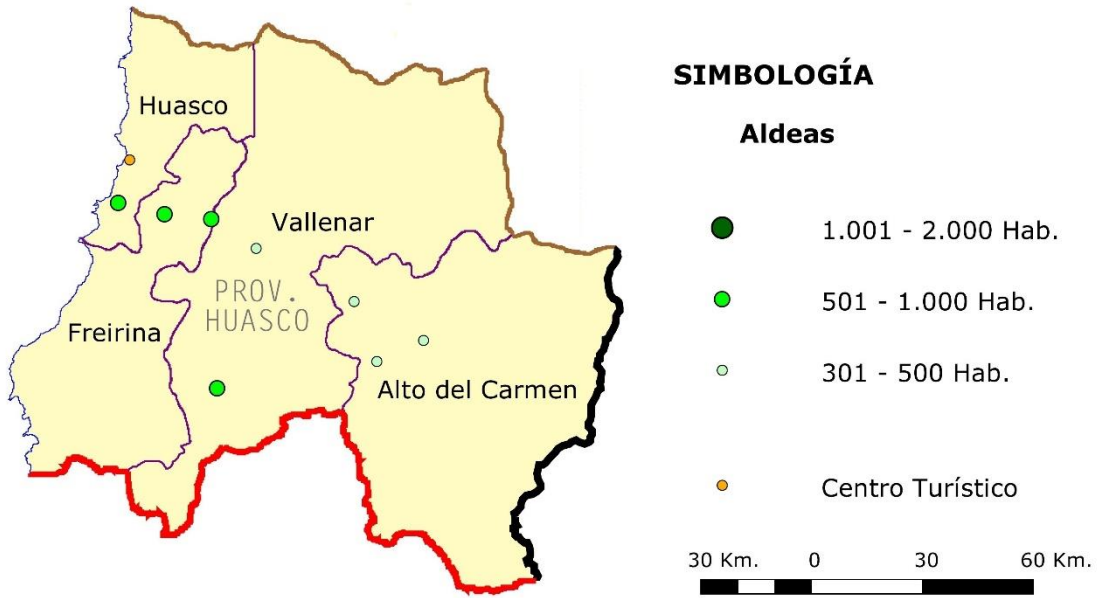


FIGURA 5. Distribución geográfica de aldeas en la Provincia de Huasco (Fuente: INE, 2005).

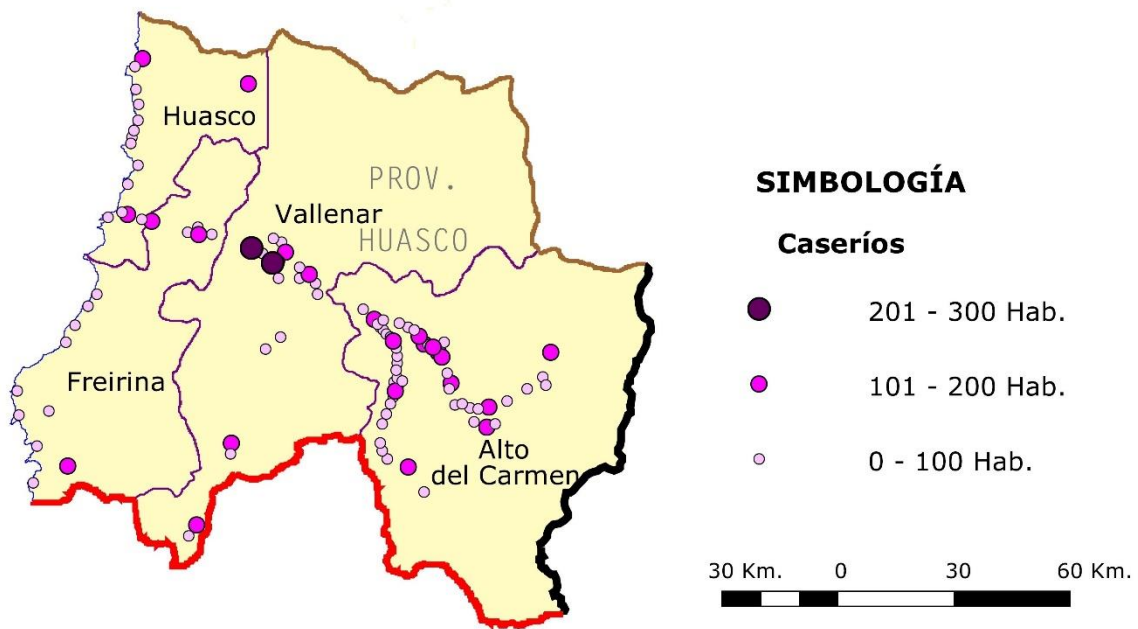


FIGURA 6. Distribución geográfica de caseríos en la Provincia de Huasco (Fuente: INE, 2005).

1.5 Antecedentes previos

Uno de los estudios más completos efectuados en la cuenca del río Huasco es el de Herrera et al. (2010) que se enmarca en el Proyecto Corfo INNOVA realizado en conjunto por la Universidad Católica del Norte (UCN) y el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin). Los dos primeros volúmenes se centran en la hidrogeoquímica e isotopía de las aguas de la cuenca del río Huasco. Algunos de los resultados más relevantes sobre el comportamiento iónico indican que el cloro y sodio de las aguas se mantiene casi constante a lo largo de las estaciones de monitoreo (pero sufre un alza considerable en la estación más cercana al mar). En el caso del sulfato y calcio se observa un aumento leve y lineal hacia la costa. Otros iones como el magnesio y potasio no arrojan resultados relevantes. El magnesio no varía en las estaciones lejanas al mar, y en la única estación cercana presenta un aumento leve. El potasio presenta un aumento progresivo y lineal pero, al tratarse de valores pequeños, se hace poco significativo. La concentración media de bicarbonato aumenta fuertemente en las estaciones alejadas del mar, coincidiendo con el paso de las aguas por las rocas carbonatadas de la Formación Lautaro, lo que parece indicar una disolución leve de calizas. La distribución de nitrato es plana y no significativa. Así, dicho estudio concluye que la influencia marina y la disolución de rocas calcáreas se presentan como los factores que dominan la hidrogeoquímica de las aguas de río Huasco y afluentes.

2. METODOLOGÍA

2.1 Toma de muestras de sedimentos fluviales

La toma de muestras se enmarcó dentro del Proyecto Innova-Corfo *Evaluación hidrogeológica de la cuenca del Río Huasco, con énfasis en la cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos*, co-ejecutado entre la UCN y Sernageomin.

Un total de 131 muestras de 2 a 4 kg de sedimentos fueron recolectadas de canales activos y de quebradas secundarias a lo largo de los ríos Huasco, del Carmen, Potrerillo, El Tránsito, Chollay y Estrecho, con una distancia promedio de 3 km entre los puntos de muestreo (se tomaron en dos periodos, acotados entre la primavera y el verano de 2007 y 2008). Cada muestra corresponde a un compósito de sub-muestras de sedimento fluvial recolectadas a una profundidad entre 0 y 5 cm, en un tramo de entre 20 a 50 m a lo largo del canal activo. Para la recolección y almacenaje de las muestras se utilizaron palas y bolsas plásticas (PVC). Posteriormente, en el laboratorio, las muestras fueron secadas (<60°C) y tamizadas. La fracción <180 µm de cada muestra fue pulverizada en un mortero de ágata.

2.2 Análisis geoquímico de sedimentos fluviales

El material pulverizado fue analizado con un equipo de fluorescencia de rayos-X en el laboratorio del Sernageomin. Mediante esta técnica analítica se determinaron las concentraciones de 10 óxidos mayores (concentraciones en wt% de SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO, Fe₂O₃, MgO, MnO y P₂O₅) y de 17 elementos traza (concentraciones en ppm de Ag, As, Ba, Bi, Ce, Co, Cr, Cu, La, Ni, Pb, Sb, Sr, V, Y, Zn y Zr). Las concentraciones de Au fueron determinadas mediante disolución con agua regia, extracción y lectura por absorción atómica (AAS), con un límite de detección de 20 ppb. Similarmente, la concentración de Hg fue determinada mediante descomposición térmica y lectura por AAS, con un límite de detección de 15 ppb. Ambos tipos de análisis mediante AAS fueron realizados en laboratorios del Sernageomin. La preparación y análisis de las muestras fue financiada por el Proyecto Innova-Corfo.

2.3 Procesamiento y presentación de datos

Los resultados analíticos fueron tratados estadísticamente mediante el *software STATGRAPHICS Centurion XVI.1* para detectar anomalías geoquímicas y los valores de fondo. La línea base se consideró mediante el método estadístico Promedio \pm 2 desviaciones estándar (Cabrejo, 2006). Además, se estudiaron los datos mediante las técnicas estadísticas de análisis de componentes principales y análisis de la matriz de coeficientes de correlación de Pearson. Los valores se compararon con las normas internacionales europea y estadounidense. Se consideró también el parámetro PEC (*Probable Effect Concentration*) que señala la máxima concentración de ciertos metales pesados que pueden contener los sedimentos sin afectar la biota del entorno. Los valores máximos señalados por dichas normas y sus referencias se presentan en Tabla 2. Además, se analizaron las correlaciones entre los elementos y sus variaciones geográficas. La información fue cruzada con los diversos datos obtenidos de organismos públicos como el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Dirección General de Aguas (DGA), el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y Sernageomin, entre

otros, con el fin de establecer que elementos asociados a la actividad antrópica o procesos naturales pudiesen explicar los valores geoquímicos que excedieran el valor umbral o las normas de riesgo.

Todos los mapas de este estudio fueron realizados con *ArcGIS ArcMap 10*.

TABLA 2. Límite de normas internacionales a la concentración de metales pesados.

Elemento	EC Reg ¹ (mg/kg)	UE ECO Label ² (mg/kg)	Parámetro PEC ³ (mg/kg)	EPA (USA) ⁴ (mg/kg)
As	-	10	33	75
Cd	0,7	1	4,98	39
Cr	70	100	111	230
Cu	70	100	149	1500
Hg	0,4	1	1,06	17
Ni	25	50	48,6	420
Pb	45	100	128	300
Zn	200	300	459	2800

Notas: (1) Norma Europea. Legal. (EU Commission, 2006); (2) Recomendación europea. Voluntaria (Regulation, C., 2007); (3) Parámetro Probable Effect Concentration. (MacDonald et al., 2000); (4) Norma estadounidense. (US EPA, 2003).

2.4 Datos de calidad del agua

Con el fin de establecer una relación de interacción entre sedimentos fluviales y aguas superficiales, se incluyen en este trabajo los valores de los parámetros físico-químicos para muestras de aguas. Para ello se consideraron los valores registrados en la plataforma de consulta *online* de la DGA para las seis estaciones de monitoreo que estuvieron activas durante el período en que se desarrolló la campaña de toma de muestras de sedimentos fluviales. Estas corresponden a las que se muestran en Tabla 3 y cuya ubicación geográfica se presenta en Fig. 7.

TABLA 3. Estaciones de monitoreo de calidad de aguas para la cuenca del río Huasco.

Estación	UTM Este	UTM Norte
Río Huasco en Huasco Bajo	286512	6849002
Río Huasco en Puente Panamericana	325470	6838560
Río Tránsito antes de Junta Río Carmen	355240	6818481
Río Carmen en Ramadilla	355079	6817404
Río Chollay antes de Río Conay	387478	6794225
Río Conay en Las Lozas	392481	6797102

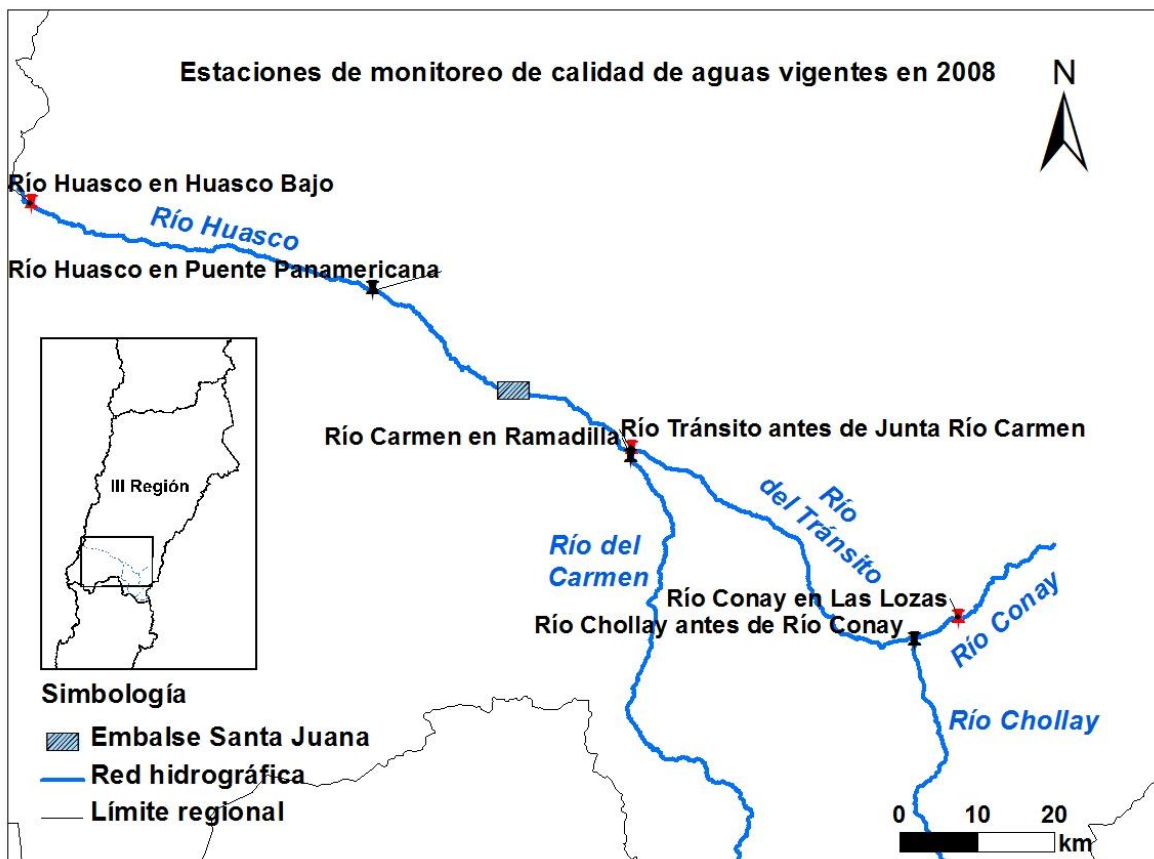


FIGURA 7. Mapa de estaciones de monitoreo activas en la cuenca del río Huasco 2007-2008.

En Anexo D se presentan los diversos métodos analíticos utilizados para la determinación de la concentración de cada parámetro y sus valores. Estos se contrastaron con los valores máximos permitidos para metales pesados por la norma chilena (INN, 1978) según se muestran en Tabla 4.

TABLA 4. Concentraciones máximas para elementos químicos en agua para riego (norma chilena).

Elementos	Límite máximo (mg/L)
Al	5,00
As	0,10
Ba	4,00
B	0,75
Cd	0,010
Cl ⁻	200,00
Co	0,050
Cu	0,20
Cr	0,10
Fe	5,00
Mn	0,20
Hg	0,001
Mo	0,010
Ni	0,20
Ag	0,20
Pb	5,00
Se	0,020
Na porcentual	35,00 %
SO ₄	250,00
V	0,10
Zn	2,00

3. MARCO GEOLÓGICO

3.1 Unidades litoestratigráficas

La geología de la zona de estudio se halla descrita en la Hoja Vallenar y parte norte de La Serena (Moscoso et al., 1982), Hoja El Tránsito (Moscoso et al., 2010) y Hoja Guanta (Nasi et al., 1990). Se presenta una versión simplificada del marco geológico según las tres hojas mencionadas en Fig. 8.

A continuación se describen las diferentes unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio y que son interceptadas por el curso de los ríos pertenecientes a la cuenca del río Huasco desde su desembocadura en el Océano Pacífico hasta la Cordillera de los Andes.

Los depósitos fluviales del río Huasco, desde su desembocadura costera hasta la intersección del río del Tránsito y río del Carmen, se hallan encajonados en las Gravas de Atacama, Grupo Bandurrias, Grupo Chañarcillo, Formación Cerrillos.

El río del Carmen se emplaza sobre las Formación Algarrobal, Estratos del Verraco, Unidad Chollay, Formación Pastos Blancos y Unidad Guanta.

Por último, el río Potrerillo interactúa con las siguientes unidades litoestratigráficas: Formación Pastos Blancos, Unidad El León, Unidad Los Carricitos y Formación Algarrobal.

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas mencionadas anteriormente y otras relevantes en la geología de la zona.

3.1.1 Unidades litoestratigráficas del Paleozoico

Complejo Metamórfico El Tránsito (Paleozoico inferior): Conjunto de rocas metamórficas formado por metabasitas, esquistos de cuarzo y muscovita, esquistos de albita, cuarcitas y mármoles.

Metamorfitas de la costa (Paleozoico): Se trata de rocas de metamorfismo de grado mediano a bajo (esquistos, filitas y cuarcitas) que afloran al oeste de la Cordillera de la Costa.

Esquistos Quebrada Seca (Carbonífero?): Esquistos micáceos intruidos por tonalitas y monzogranitos leucocráticos.

Unidad Guanta (Pérmico – Triásico): Tonalitas y granodioritas de hornblenda-biotita tipo I, calcoalcalina y metaluminosa. Presenta gabros y dioritas cuarcíferas subordinadas.

Unidad Montosa (260 Ma): Granodioritas y granitos de biotita y hornblenda, leucocráticas de grano medio a grueso.

Unidad Cochiguás (Pérmico – Triásico): Granodioritas y monzogranitos de dos micas. Se trata de una decena de plutones de formas irregulares que son intruidos por un enjambre de diques máficos.

Unidad Colorado (Pérmico – Triásico): Conjunto de plutones y stocks de sienogranitos y monzogranitos hololeucocráticos tanto equigranulares como porfíricos.

Unidad Chollay (Pérmico – Triásico): Esta unidad está formada por granodioritas a sienogranitos leucocráticos de grano grueso predominando las facies graníticas. A diferencia de El León, la biotita solo ocupa un pequeño porcentaje del volumen.

Unidad Los Carricitos (Pérmico - Triásico): Stocks irregulares y circunscritos de granodiorita de biotita (+- hornblenda).

Unidad El León (Pérmico – Triásico): Se trata de una asociación de granitos rosados, hololeucocráticos, predominantemente monzograníticos, de grano medio en los cuales la biotita (2-8%) es el principal mineral máfico.

Formación Pastos Blancos (Paleozoico superior - Triásico inferior): Potente secuencia volcánica formada por lavas y brechas piroclásticas riolíticas y dacíticas. Su afloramiento se distribuye entre los ríos Chollay y Turbio.

3.1.2 Unidades litoestratigráficas del Mesozoico

Formación Cerrillos (Cretácico superior): Rocas fundamentalmente epiclásticas en su parte inferior (conglomerados, brechas y areniscas) y volcánico-epi-piroclásticas en su parte superior (andesitas, brechas y conglomerados, con intercalaciones calcáreas). Sobreyace con discordancia angular sobre el Grupo Chañarcillo.

Formación San Félix (Triásico Medio bajo): Secuencia sedimentaria formada por rocas clásticas conglomerádicas con intercalaciones de volcarenitas, grauvacas y lutitas de origen marino (fossilíferas).

Formación La Ternera (Triásico Superior – Jurásico Inferior): Lavas andesíticas, brechas y tobas riolítico-dacíticas, con intercalaciones de areniscas y limolitas.

Estratos de El Verraco (Triásico superior – Jurásico Inferior): Secuencia de rocas volcánicas, principalmente andesitas intercaladas con brechas, conglomerados, areniscas y calizas marinas fossilíferas.

Formación La Titora (Triásico Superior – Hettangiano?): Lavas andesíticas, brechas y tobas riolítico-dacíticas, con intercalaciones de areniscas finas, limolitas hacia la parte superior.

Formación Lautaro (Sinemuriano- Bajociano): Calizas, margas y areniscas calcáreas, fossilíferas, y conglomerados con cemento calcáreo.

Formación Algarrobal (Jurásico Medio-Superior): Secuencia continental formada por lavas y brechas andesíticas, conglomerados y areniscas. En la zona de estudio se dispone mediante discordancias de erosión con Estratos de El Verraco.

Formación Picudo (Jurásico Superior): Secuencia volcano-sedimentaria continental de andesitas, tobas, brechas, conglomerados y areniscas.

Formación Canto del Agua (Anisiano – Jurásico Inferior): Sedimentos clásticos marinos. Areniscas y conglomerados cuarcíferos, lutitas, calizas.

Grupo Bandurrias (Neocomiano): Sucesión predominantemente volcánica y volcanoclástica con intercalaciones sedimentarias detríticas y marinas calcáreas y sedimentarias.

Grupo Chañarcillo (Neocomiano): Secuencia de rocas sedimentarias predominantemente marinas. Principalmente la constituyen calizas fosilíferas, calcarenitas y niveles de marga.

3.1.3 Unidades litoestratigráficas del Cenozoico

Gravas de Atacama (Mioceno medio a superior?): Se trata de una unidad informal consistente en sedimentos poco a medianamente consolidados de origen fluvio-aluvial, principalmente bolones e intercalaciones de grava arenosa.

Depósitos aluviales y coluviales (Pleistoceno – Holoceno): Ripios, bloques, gravas y arenas con diversos grados de consolidación, incluye depósitos de remociones en masa y algunos sedimentos glaciales o fluvio-glaciales.

Depósitos eólicos (Holoceno): Arenas modernas.

3.2 Intrusivos

Unidad Cogotí (Paleoceno – Eoceno): Principalmente dioritas cuarcíferas y granodioritas de grano medio. Dioritas, monzodioritas cuarcíferas subordinadas. Pórfidos riolíticos y dacíticos.

Unidad Infiernillo (Neógeno): Dioritas cuarcíferas y granodioritas porfíricas y equigranulares de grano medio a fino. Dioritas, monzodioritas cuarcíferas, granitos, andesitas y pórfidos andesíticos subordinados.

Dioritoide Cerro Los dos José (58 Ma): Dioritas cuarcíferas.

Granitoides Huracán (53 Ma): Monzonitas cuarcíferas, granodioritas y monzogranitos de biotita y anfíbola de grano medio a fino.

Intrusivos del Oligoceno-Mioceno (33 Ma): Intrusivos hipabisales de variada composición que en el río Pircas Coloradas incluyen cuerpos dacíticos blanquecinos a andesíticos afaníticos de color pardo.

Franja Central (Cretácico Superior – Terciario inferior): Extensos plutones de forma elongada en dirección NS a NNE que incluyen desde granitos a gabros. Intruyen a la Fm. Canto del Agua, Grupo Bandurrias y al Grupo Chañarcillo. En la zona de estudio afloran principalmente tonalitas y dioritas.

3.3 Geología económica

La mineralización aurífera se presenta en yacimientos vetiformes asociados a intrusivos granítico-granodioríticos y tonalíticos (Cretácico Superior – Terciario) y en rocas sedimentarias cuarcíferas (Triásico Medio – Lias).

En el caso del cobre, se trata de yacimientos tipo veta, chimeneas de brecha y mantos asociados a rocas intrusivas (Cretácico Superior – Terciario), volcánicas y

sedimentarias (Neocomiano – Cretácico Superior) y volcanoclásticas (Terciario inferior). Al interior de Vallenar existen prospectos de pórfidos de Cu-Au en el distrito la Fortuna.

Finalmente, en el caso del hierro, su mineralización está asociada a una franja metalífera (26°-32° latitud sur) y se hospeda en lavas andesíticas neocomianas afectadas por dos procesos: metamorfismo de contacto por intrusivos granodioríticos y procesos asociados a cataclasis y fallas regionales. Destacan las minas Los Colorados, Los Distritos, Algarrobo y Cristales (CAP Minería), generando 6,5 millones de toneladas al año de productos.

En el ámbito de minerales no metálicos, se han asociado a la pequeña y mediana minería, y consiste esencialmente en mármol y baritina.

Destaca en la provincia Pascua-Lama, proyecto minero binacional, albergado parcialmente en Alto del Carmen, que consiste en un depósito gigante producto de un sistema epitermal de alta sulfidización. Específicamente forma parte de la franja aurífera El Indio.

Marco geológico simplificado de la zona de estudio

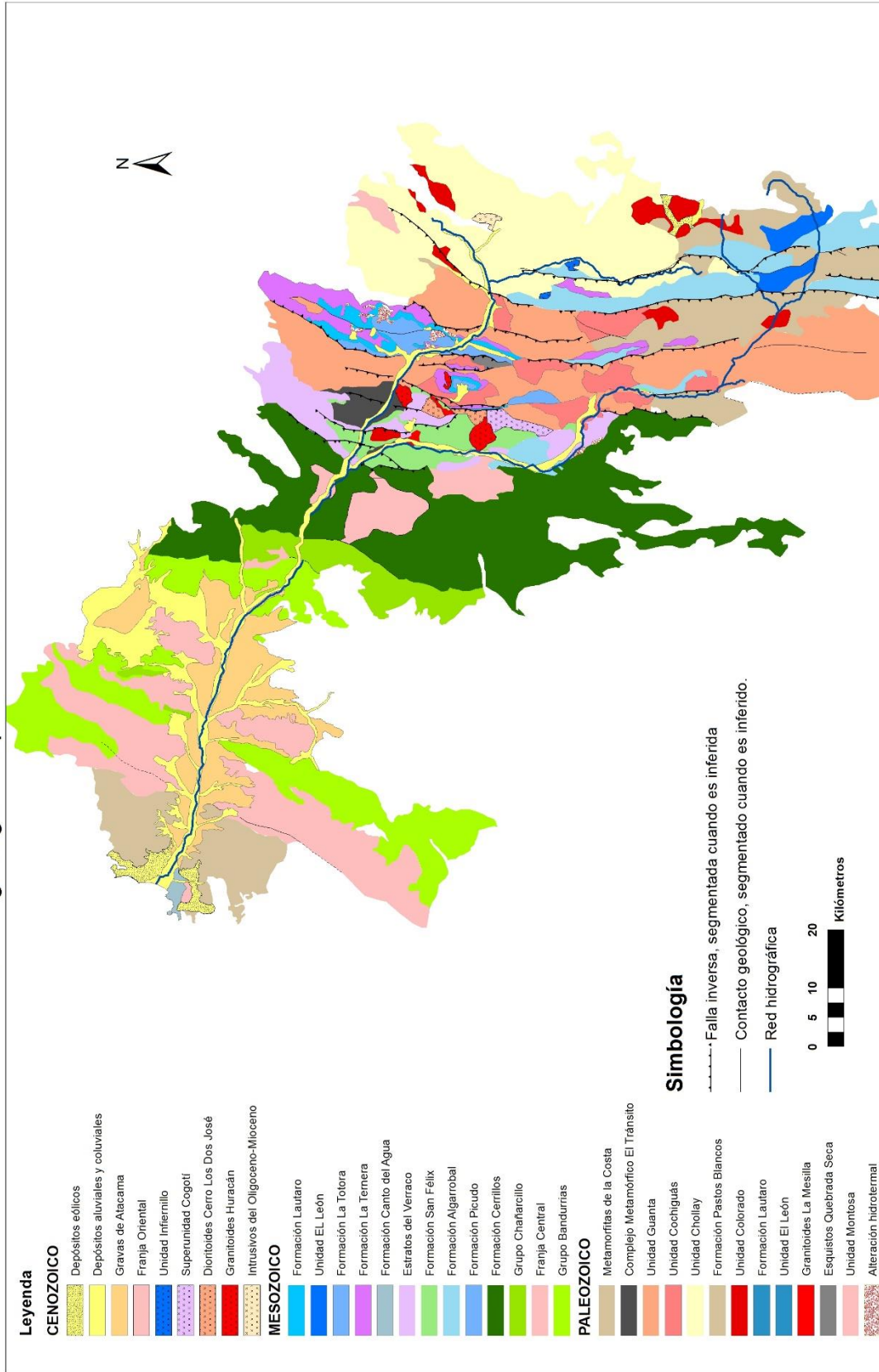


FIGURA 8. Marco geológico de la zona de estudio (simplificado).

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización geoquímica y estadística de las muestras de sedimentos fluviales

En Tabla 5 y Tabla 6 se muestran los valores mínimo, máximo, promedio y desviación estándar para cada elemento u óxido, respectivamente. Además, se muestra el valor umbral (promedio + 2 desviaciones estándar) y el porcentaje de valores que está bajo el límite de detección.

TABLA 5. Medidas de posición y dispersión de las concentraciones elementales en muestra de sedimentos fluviales.

Elemento	Valores Bajo el Límite de detección (LD) [%]	Mínimo [ppm]	Máximo [ppm]	Promedio [ppm]	Desviación estándar [ppm]	Umbral [ppm]
Ba	2,29	10,00	879,38	350,92	133,33	617,58
Bi	71,76	9,68	27,93	15,66	5,73	31,05
Cd	86,26	0,69	5,99	2,39	1,56	4,37
Ce	0,00	46,70	183,49	100,35	23,15	146,64
Co	1,53	2,50	39,49	17,33	4,69	26,72
Cr	0,00	12,94	170,04	66,07	27,97	122,01
Cu	0,00	5,92	5734,56	119,37	504,65	1128,68
La	1,53	10,00	302,42	102,45	76,78	256,02
Mo	91,60	6,56	24,35	12,74	6,86	20,80
Nb	88,55	9,57	27,78	15,00	6,35	25,45
Ni	0,00	13,00	365,29	62,95	32,43	127,81
Pb	35,11	9,51	88,08	27,87	17,60	66,78
Sb	64,12	9,78	40,53	18,13	6,27	37,12
Sn	97,71	19,66	24,44	22,09	3,33	28,75
Sr	0,00	147,00	1113,97	442,78	160,04	762,86
V	1,53	5,00	487,00	124,31	72,61	269,54
Y	12,21	5,00	36,00	14,83	7,30	29,44
Zn	1,53	2,50	3879,61	501,59	667,54	1836,68
Zr	0,00	58,00	677,00	236,80	94,55	425,89
Ag	68,70	0,54	5,44	2,52	1,23	5,23
As	83,97	25,04	263,95	100,75	62,92	189,87

TABLA 6. Medidas de posición y dispersión de las concentraciones de óxidos en muestra de sedimentos fluviales.

Óxido	Mínimo [%wt]	Máximo [% wt]	Promedio [% wt]	Desviación estándar [% wt]	Umbral [% wt]
SiO ₂	6,04	69,21	58,53	10,29	79,12
Al ₂ O ₃	1,52	18,89	11,83	2,72	17,27
TiO ₂	0,14	2,93	0,94	0,44	1,81
Fe ₂ O ₃	0,91	12,25	5,82	1,83	9,48
CaO	0,94	49,15	7,29	8,20	23,68
MgO	0,59	5,48	1,56	0,70	2,97
MnO	0,04	1,08	0,26	0,22	0,70
Na ₂ O	0,48	4,00	2,00	0,68	3,36
K ₂ O	0,13	3,58	2,34	0,63	3,61
P ₂ O ₅	0,02	1,09	0,24	0,18	0,60

En Anexo B se presentan los valores para cada muestra y en Anexo C una tabla con los valores de la matriz de Pearson para los 33 elementos analizados en el estudio. En Tabla 6 se muestran aquellos elementos u óxidos que presentan correlación alta a muy alta.

TABLA 7. Coeficiente de Pearson para aquellos valores de correlación alta ($\pm 0.70-0.89$) o muy alta ($\pm 0.90-0.99$).

Correlación positiva	
Elementos u óxidos	Coeficiente de Pearson
P ₂ O ₅ y MnO	0.758
Co y Fe ₂ O ₃	0.764
V y Ti	0.772
V y Fe ₂ O ₃	0.791
Correlación negativa	
Elementos u óxidos	Coeficiente de Pearson
CaO y SiO ₂	-0.928
CaO y Al ₂ O ₃	-0.750
CaO y K ₂ O	-0.706

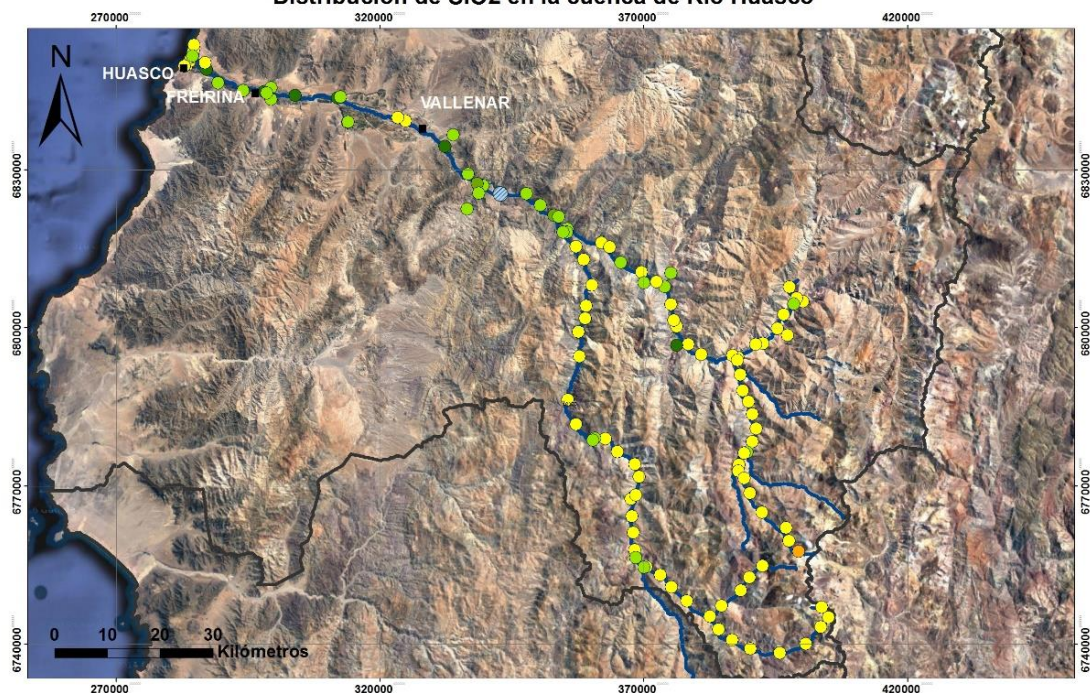
Para el análisis de componentes principales (método multivariado) se presenta en Tabla 7 la matriz de pesos de los componentes extraídos por Eigenvalor mínimo. En este análisis se excluyeron aquellos elementos con más de un 20% de muestras con concentración bajo el límite de detección. Este método estadístico permite reducción el número de variables agrupando varias de ellas en grupos definidos e independientes entre sí. Para minimizar la pérdida de información se eligen factores que permitan maximizar la varianza de cada grupo.

TABLA 8. Pesos de los componentes en análisis de los componentes principales.

	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
SiO₂	0,07	-0,43	-0,21	0,10	0,04	0,03	0,17
Al₂O₃	0,11	-0,40	0,11	-0,13	0,27	-0,16	-0,02
TiO₂	0,35	0,06	-0,10	-0,01	-0,21	0,06	-0,08
Fe₂O₃	0,29	0,09	-0,24	-0,30	0,04	0,10	-0,04
CaO	-0,12	0,46	0,12	-0,01	-0,06	-0,05	-0,11
MgO	0,28	0,06	0,18	0,07	-0,05	0,00	-0,02
MnO	0,18	-0,04	0,36	-0,25	-0,42	0,21	0,01
Na₂O	0,24	-0,11	0,00	0,39	-0,10	0,00	0,18
K₂O	0,07	-0,42	0,14	0,11	-0,08	0,06	-0,13
P₂O₅	0,24	0,05	0,28	0,08	-0,37	0,33	0,00
Ba	-0,04	-0,13	0,45	0,12	0,33	0,09	0,18
Ce	-0,23	-0,27	-0,23	0,02	-0,21	0,20	0,00
Co	0,22	-0,01	-0,35	-0,30	0,09	0,26	0,07
Cr	0,25	0,01	-0,15	0,11	-0,15	-0,38	0,29
Cu	-0,05	0,14	0,01	-0,35	0,24	0,12	0,29
Hg	-0,08	0,03	-0,04	0,09	0,01	0,42	0,66
La	-0,09	-0,22	-0,06	-0,07	0,05	0,32	-0,44
Ni	-0,12	-0,15	-0,07	-0,23	-0,41	-0,46	0,18
Sr	-0,26	0,02	-0,09	0,19	-0,21	0,06	-0,10
V	0,33	0,07	-0,19	-0,05	0,12	-0,01	-0,11
Y	0,27	-0,05	0,32	-0,14	0,21	-0,20	-0,02
Zn	-0,11	-0,20	0,14	-0,50	-0,16	-0,02	0,08
Zr	0,26	-0,03	-0,13	0,20	0,05	0,03	-0,08

La distribución geográfica de las concentraciones elementales se presenta en los mapas de Fig. 9 a 40.

Distribución de SiO₂ en la cuenca de Río Huasco



Simbología

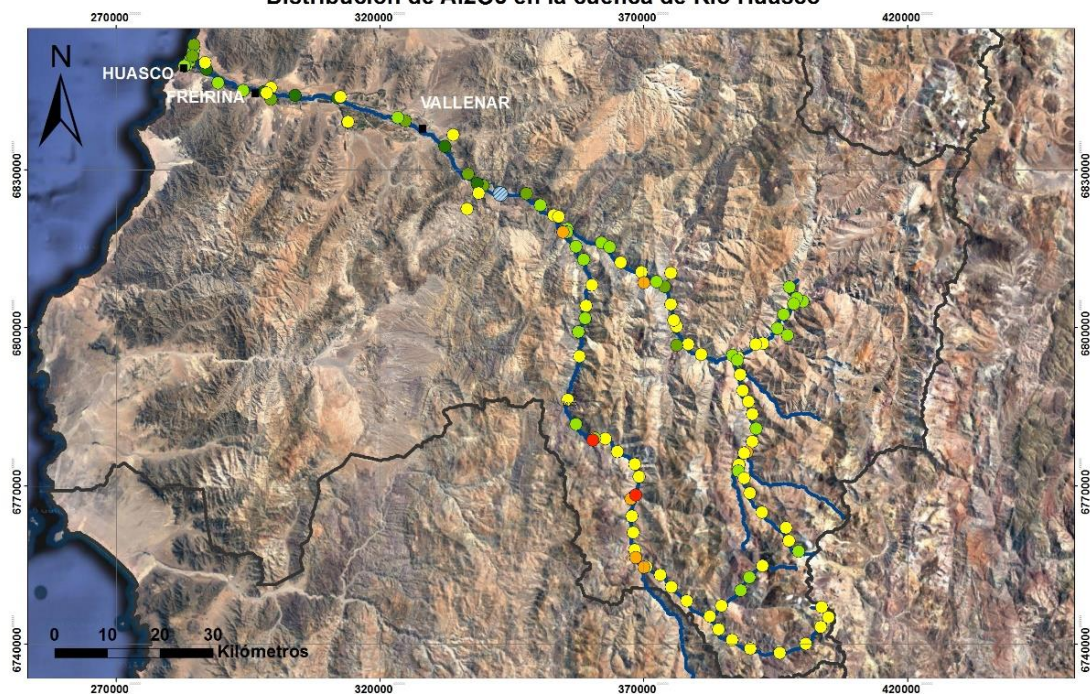
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- | | |
|---|--|
| ● SiO ₂ [wt%] | ● 48,25 - 58,53 (-1desv. est. - prom.) |
| ● 6,04 - 37,95 (<-2desv. est.) | ● 58,54 - 68,83 (prom. - 1desv. est.) |
| ● 37,96 - 48,24 (-2desv. est. - -1desv. est.) | ● 68,84 - 69,30 (> 1desv. est.) |

FIGURA 9. Distribución geográfica de SiO₂ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Al₂O₃ en la cuenca de Río Huasco



Simbología

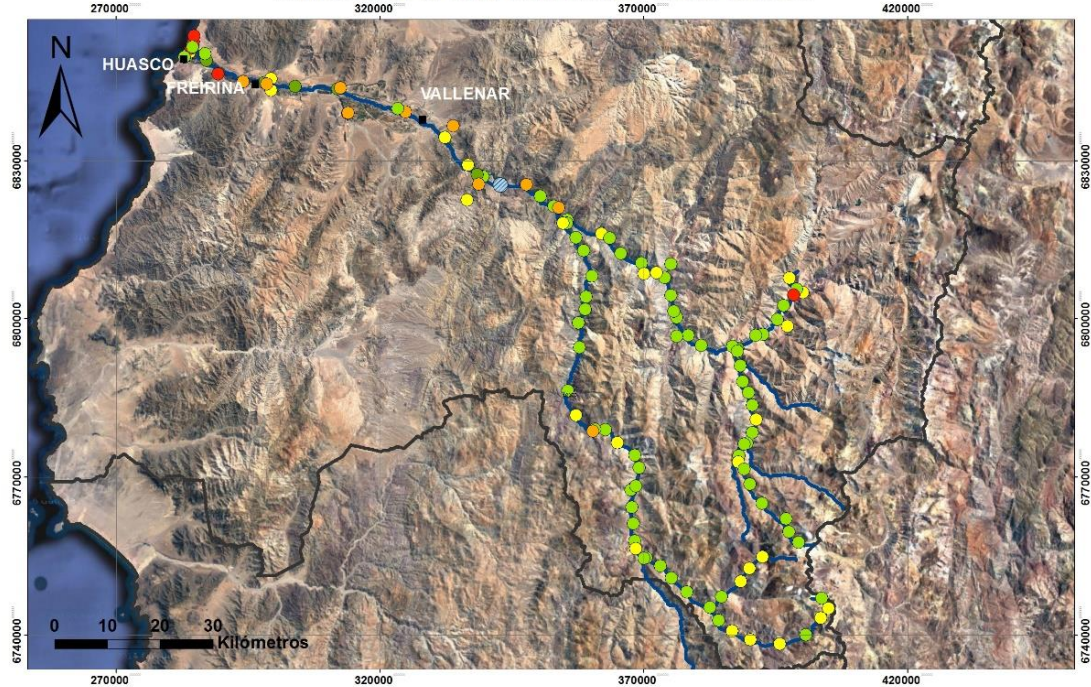
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- | | |
|---|---|
| ● Al ₂ O ₃ [wt%] | ● 11,84 - 14,55 (prom. - 1desv. est.) |
| ● 1,52 - 6,39 (<-2desv. est.) | ● 14,56 - 17,27 (1desv. est. - 2desv. est.) |
| ● 6,40 - 9,11 (-2desv. est. - -1desv. est.) | ● 17,28 - 18,90 (> 2desv. est.) |
| ● 9,12 - 11,83 (-1desv. est. - prom.) | |

FIGURA 10. Distribución geográfica de Al₂O₃ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de TiO₂ en la cuenca de Río Huasco



Simbología

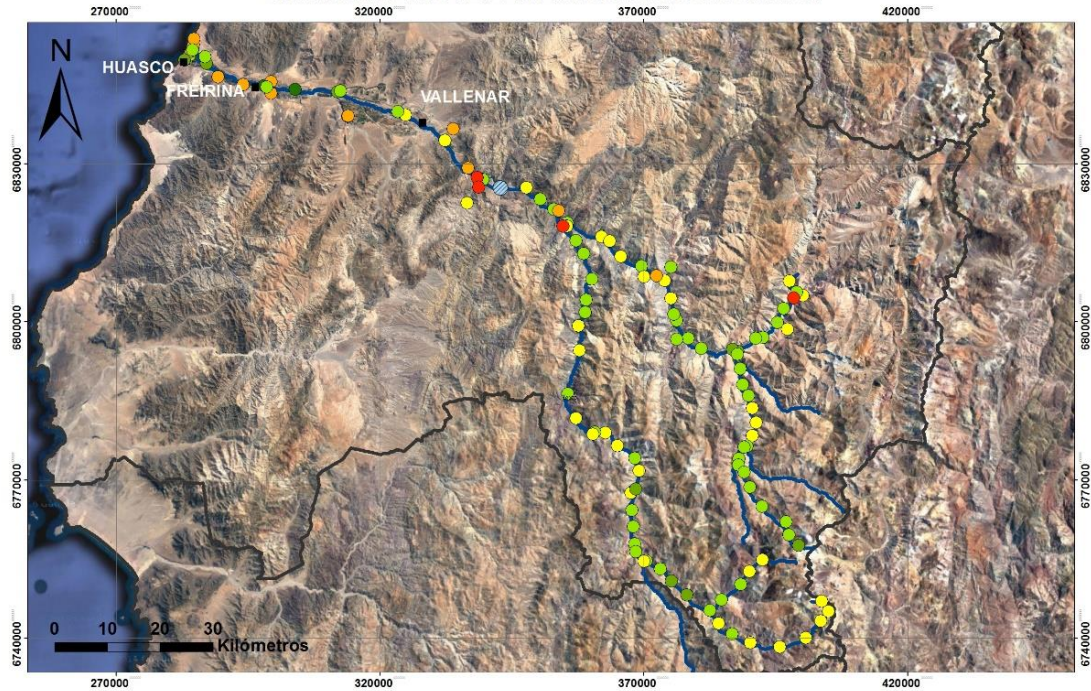
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- | | |
|--------------------------------------|---|
| ● 0,14 - 0,51 (<-1desv. est.) | ● 0,95 - 1,38 (prom. - 1desv. est.) |
| ● 0,52 - 0,94 (-1desv. est. - prom.) | ● 1,39 - 1,81 (1desv. est. - 2desv. est.) |
| | ● 1,82 - 2,94 (> 2desv. est.) |

FIGURA 11. Distribución geográfica de TiO₂ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Fe₂O₃ en la cuenca de Río Huasco



Simbología

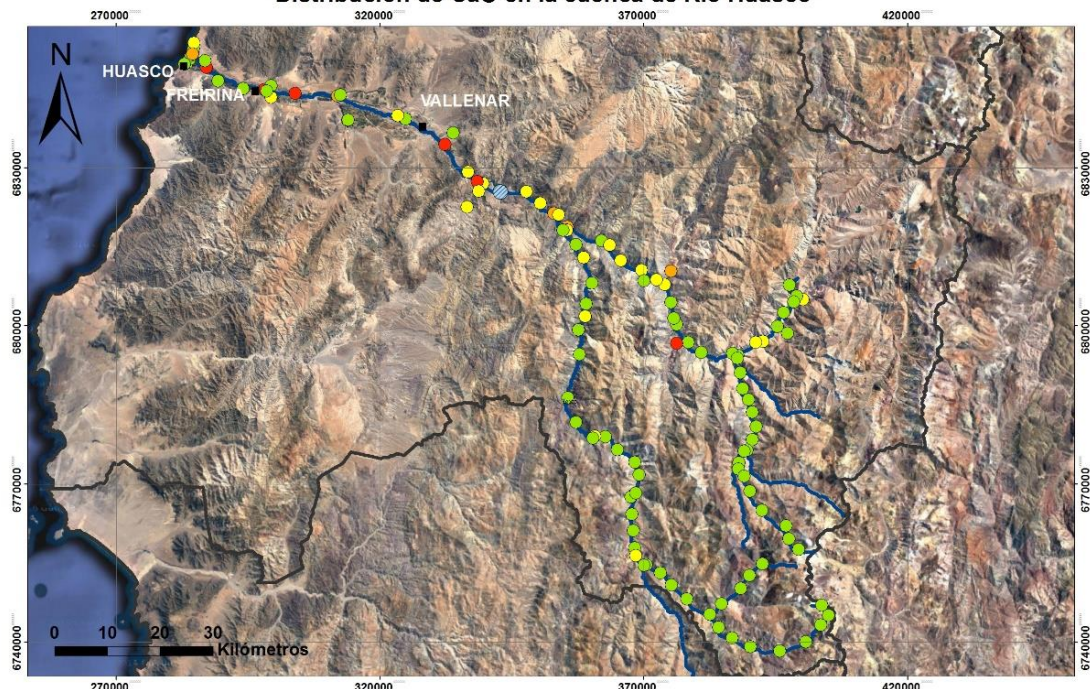
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- | | |
|---|---|
| ● 0,91 - 2,15 (<-2desv. est.) | ● 5,83 - 7,65 (prom. - 1desv. est.) |
| ● 2,16 - 3,99 (-2desv. est. - -1desv. est.) | ● 7,66 - 9,48 (1desv. est. - 2desv. est.) |
| ● 4,00 - 5,82 (-1desv. est. - prom.) | ● 9,49 - 12,26 (> 2desv. est.) |

FIGURA 12. Distribución geográfica de Fe₂O₃ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de CaO en la cuenca de Río Huasco



Simbología

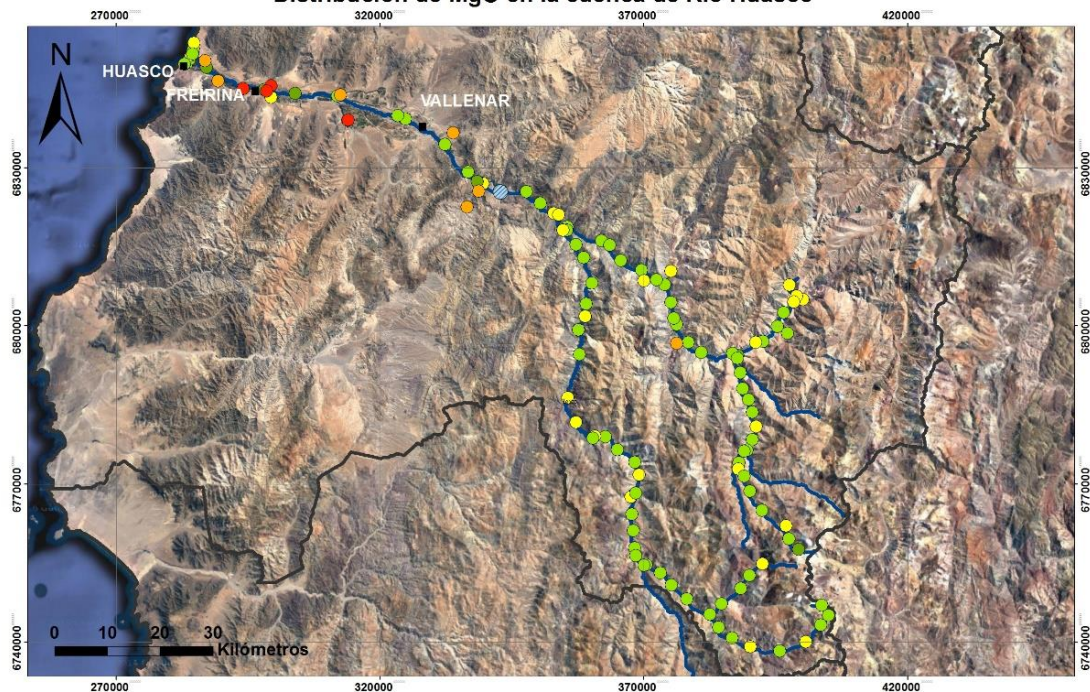
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- CaO [wt%]
- 0,94 - 7,29 (<prom.)
 - 7,30 - 15,48 (prom. - 1desv. est.)
 - 15,49 - 23,68 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 23,69 - 49,16 (> 2desv. est.)

FIGURA 13. Distribución geográfica de CaO en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de MgO en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- MgO [wt%]
- 0,59 - 0,86 (<-1desv. est.)
 - 0,87 - 1,56 (-1desv. est. - prom.)
 - 1,57 - 2,27 (prom. - 1desv. est.)
 - 2,28 - 2,97 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 2,98 - 5,49 (> 2desv. est.)

FIGURA 14. Distribución geográfica de MgO en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de MnO en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- MnO [wt%]
- 0,04 - 0,26 (< prom.)
 - 0,27 - 0,48 (prom. - 1desv. est.)
 - 0,49 - 0,70 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 0,71 - 1,09 (> 2desv. est.)

FIGURA 15. Distribución geográfica de MnO en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Na₂O en la cuenca de Río Huasco



Simbología

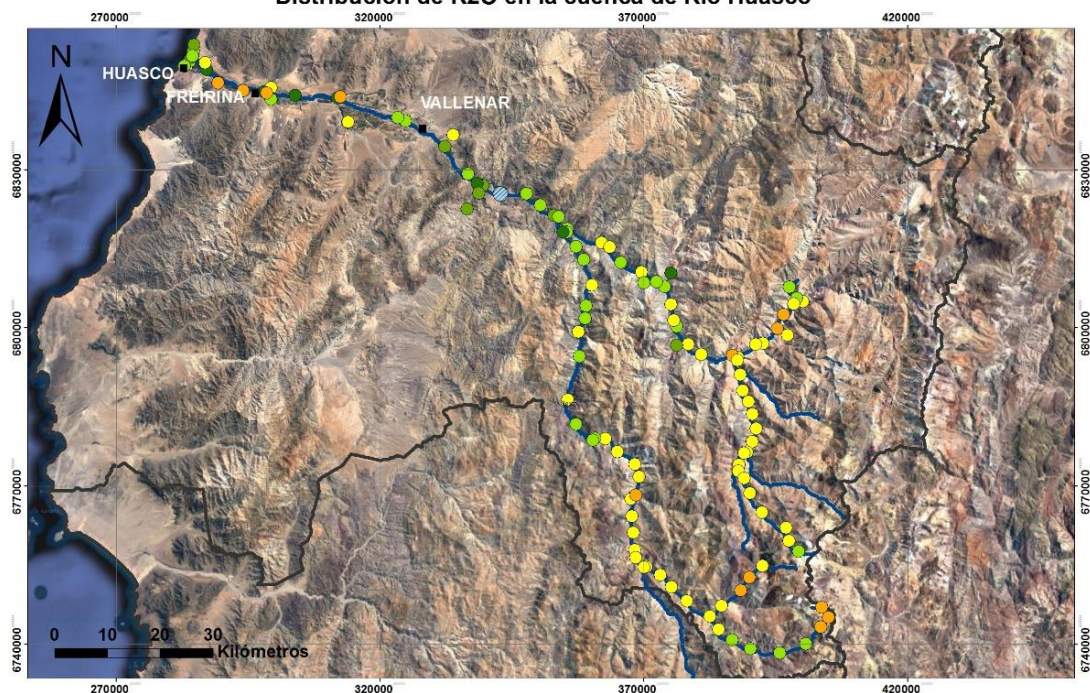
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- Na₂O [wt%]
- 0,48 - 0,65 (<-2desv. est.)
 - 0,66 - 1,33 (-2desv. est. - -1desv. est.)
 - 1,34 - 2,00 (-1desv. est. - prom.)
 - 2,01 - 2,68 (prom. - 1desv. est.)
 - 2,69 - 3,36 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 3,37 - 4,01 (> 2desv. est.)

FIGURA 16. Distribución geográfica de Na₂O en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de K₂O en la cuenca de Río Huasco



Simbología

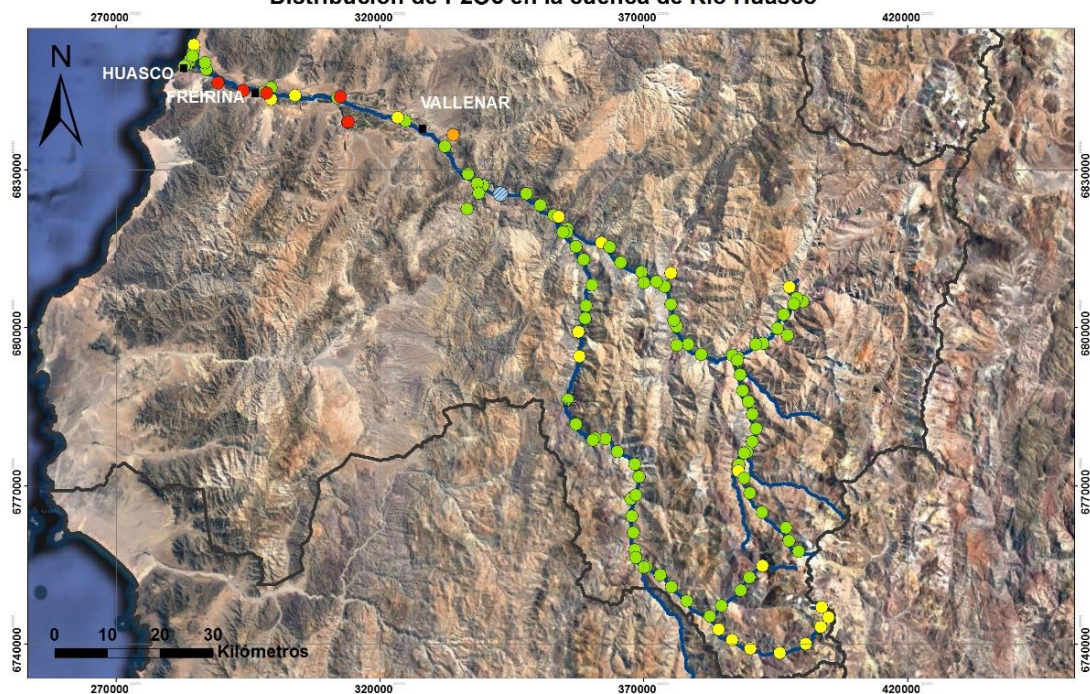
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- K₂O [wt%]
- 0,13 - 1,07 (<-2desv. est.)
 - 1,08 - 1,71 (-2desv. est. - -1desv. est.)
 - 1,72 - 2,34 (-1desv. est. - prom.)
 - 2,35 - 2,98 (prom. - 1desv. est.)
 - 2,99 - 3,59 (> 1desv. est.)

FIGURA 17 Distribución geográfica de K₂O en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de P₂O₅ en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- P₂O₅ [wt%]
- 0,02 - 0,06 (<-1desv. est.)
 - 0,07 - 0,24 (-1desv. est. - prom.)
 - 0,25 - 0,42 (prom. - 1desv. est.)
 - 0,43 - 0,60 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 0,61 - 1,10 (> 2desv. est.)

FIGURA 18. Distribución geográfica de P₂O₅ en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Ag en la cuenca de Río Huasco

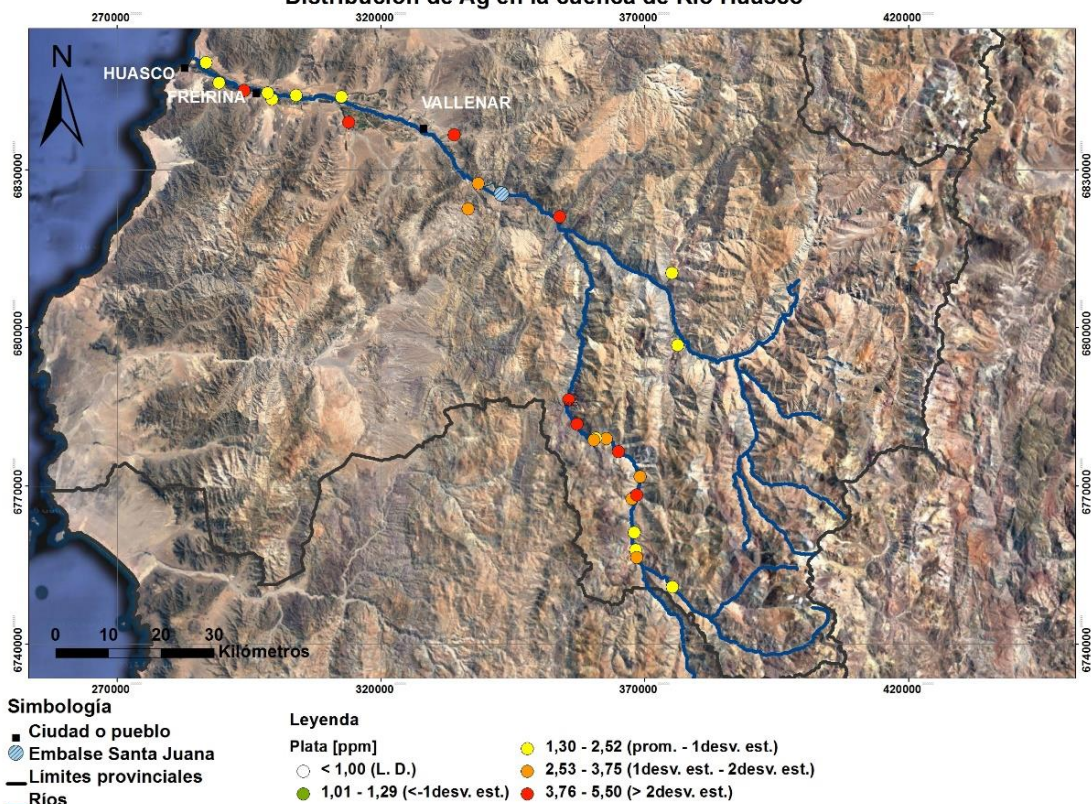


FIGURA 19. Distribución geográfica de Ag en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de As en la cuenca de Río Huasco

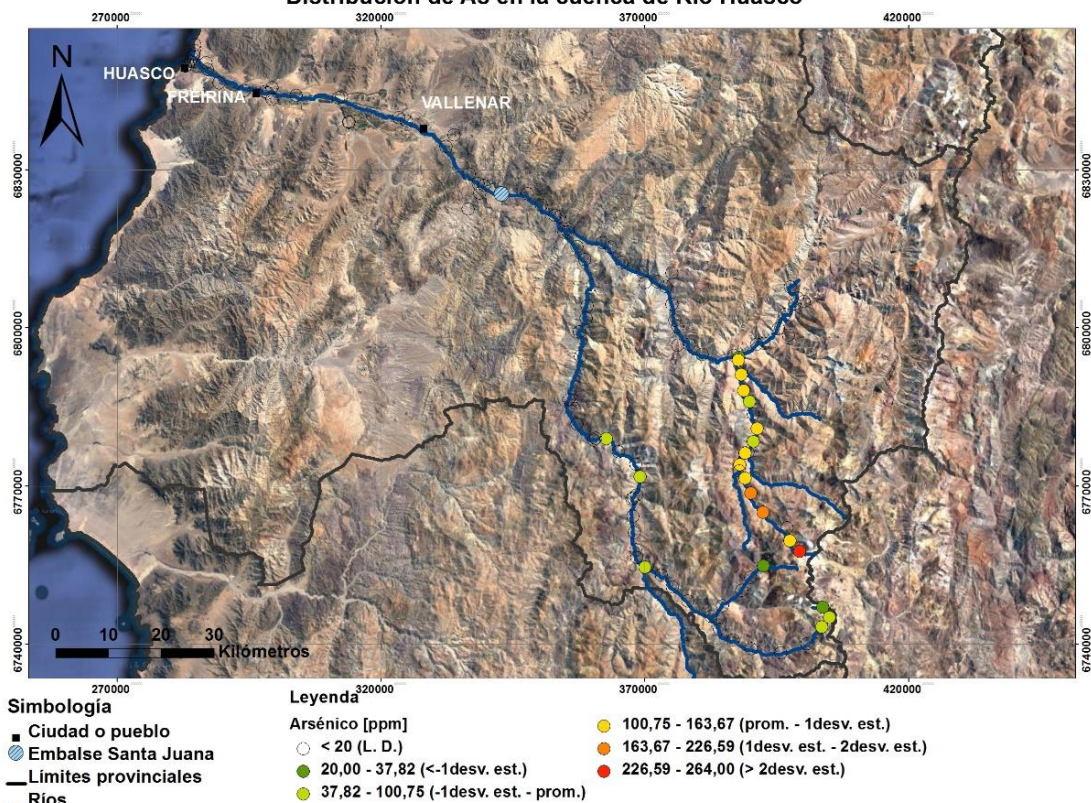


FIGURA 20. Distribución geográfica de As en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Au en la cuenca de Río Huasco

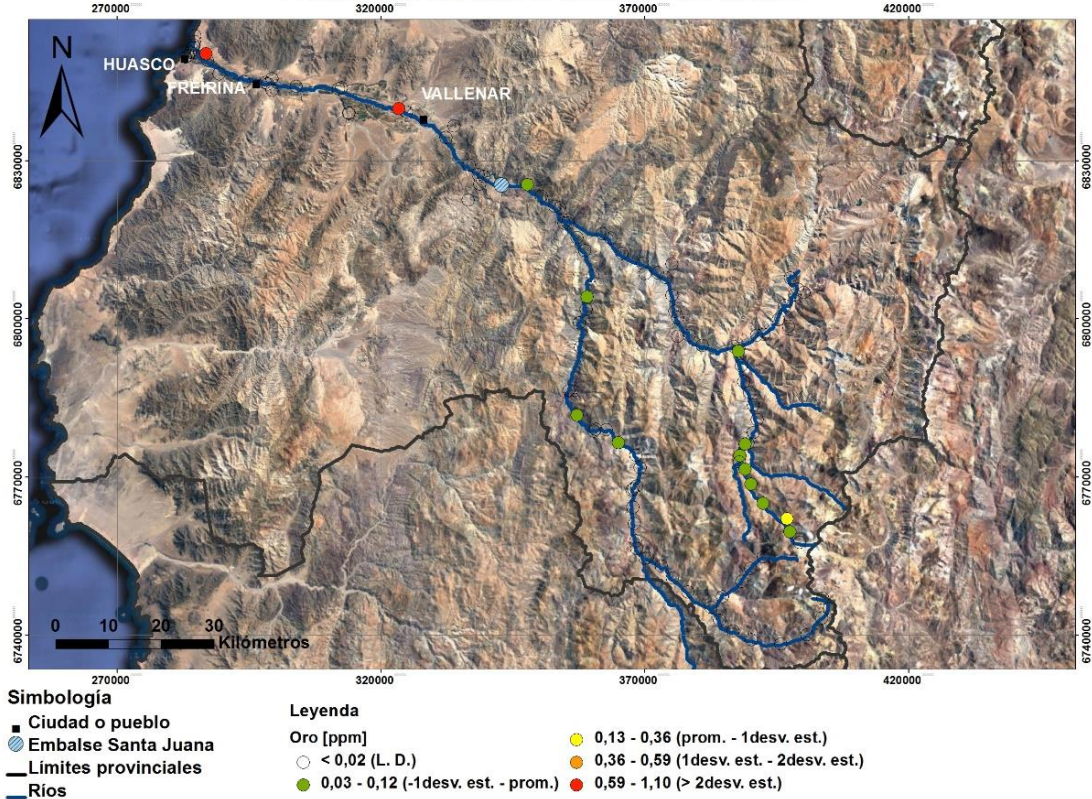


FIGURA 21. Distribución geográfica de Au en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Ba en la cuenca de Río Huasco

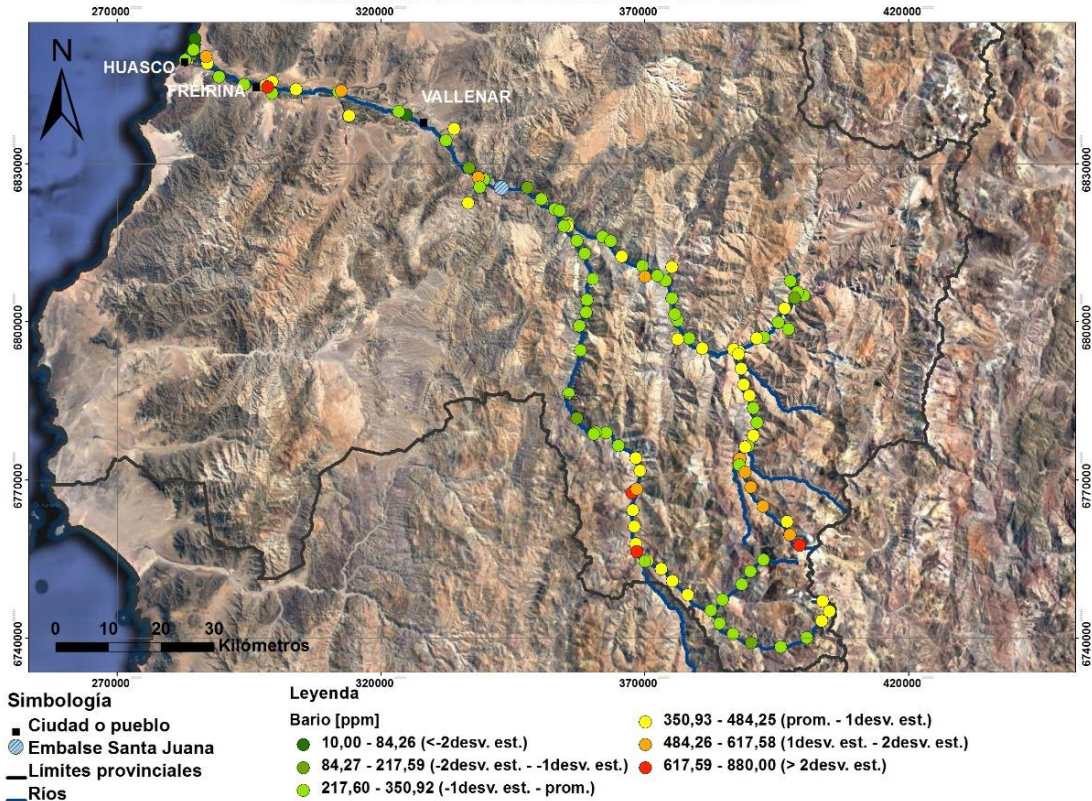
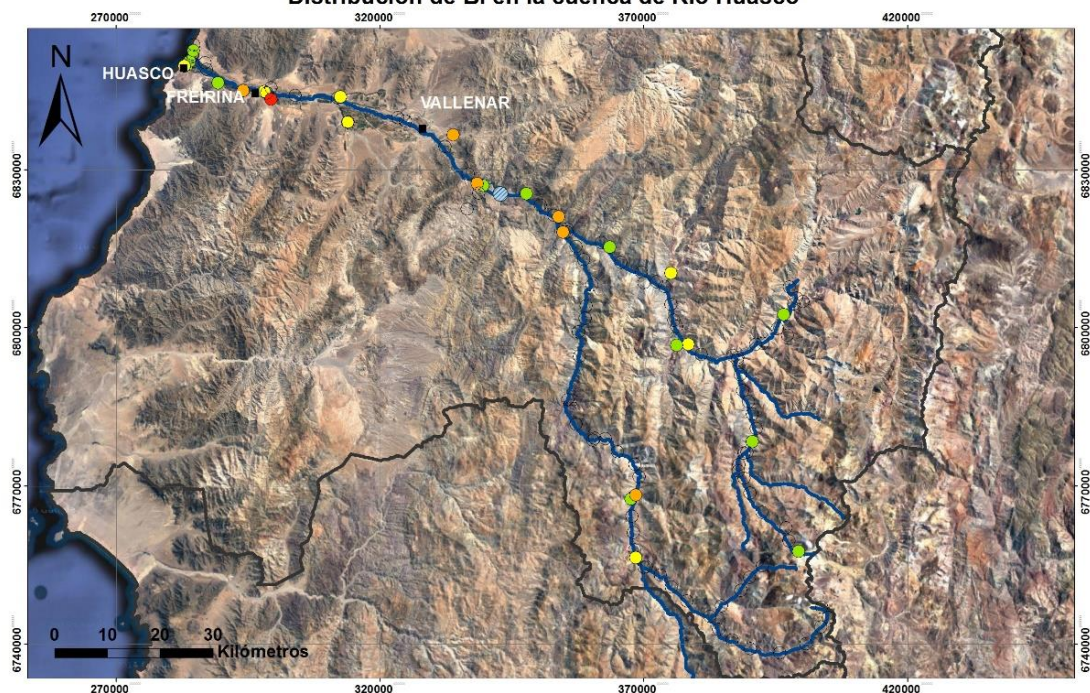


FIGURA 22. Distribución geográfica de Ba en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Bi en la cuenca de Río Huasco



Simbología

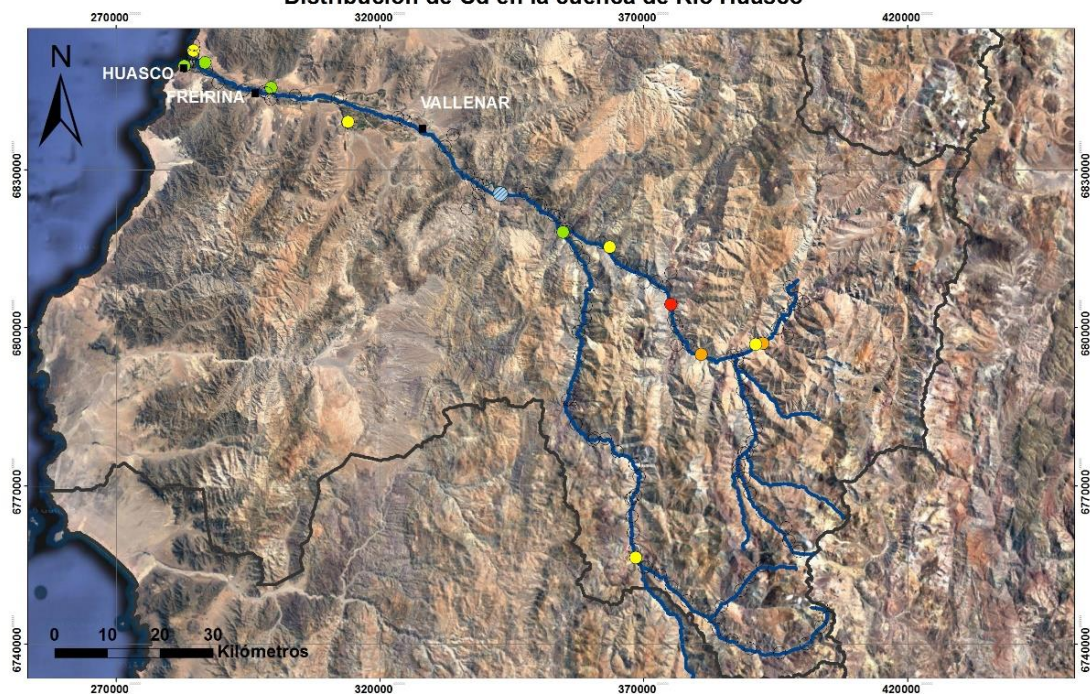
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- Bismuto [ppm]
- < 10,00 (L. D.)
 - 10,00 - 15,66 (-1desv. est. - prom.)
 - 15,67 - 21,39 (prom. - 1desv. est.)
 - 21,40 - 27,12 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 27,13 - 28,00 (> 2desv. est.)

FIGURA 23. Distribución geográfica de Bi en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Cd en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- Cadmio [ppm]
- < 1,00 (L. D.)
 - 1,00 - 2,39 (-1desv. est. - prom.)
 - 2,40 - 3,89 (prom. - 1desv. est.)
 - 3,90 - 5,40 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 5,41 - 6,00 (> 2desv. est.)

FIGURA 24. Distribución geográfica de Cd en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Ce en la cuenca de Río Huasco

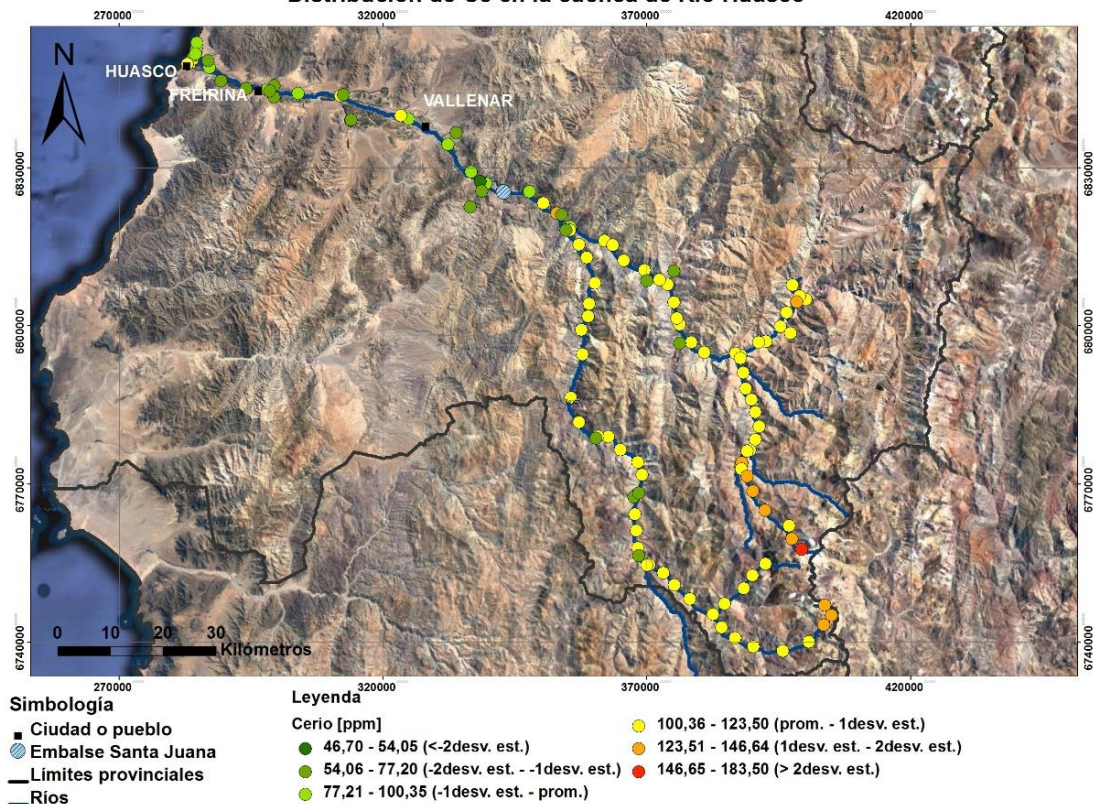


FIGURA 25. Distribución geográfica de Ce en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Co en la cuenca de Río Huasco

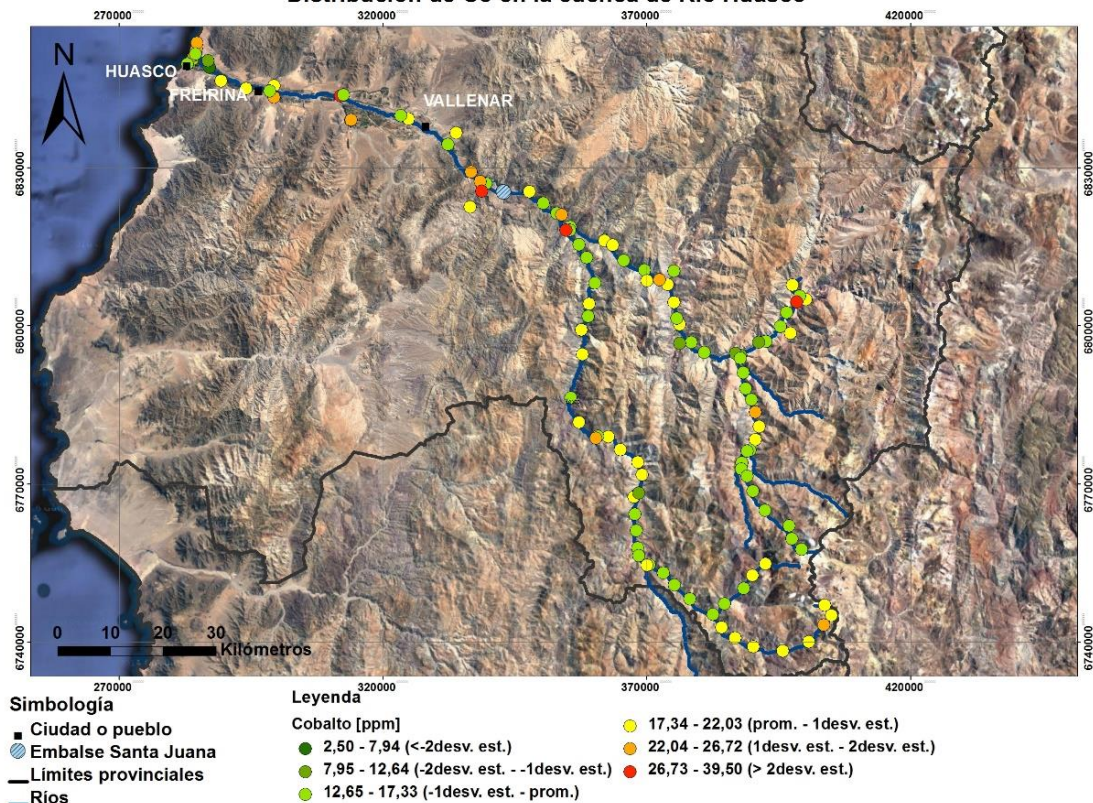
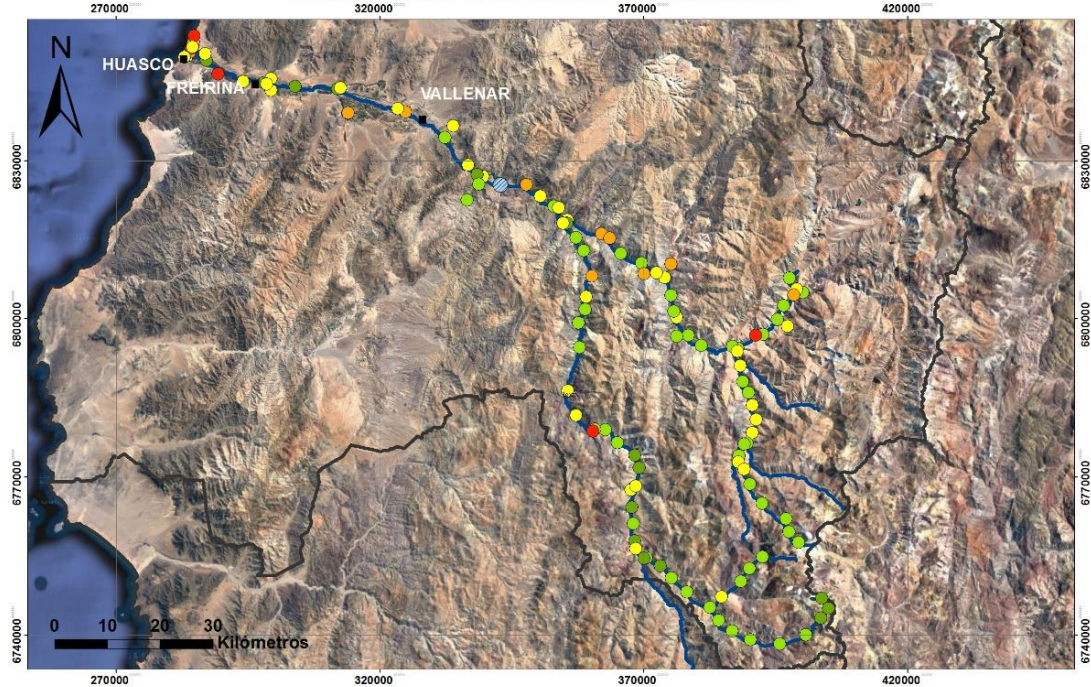


FIGURA 26. Distribución geográfica de Co en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Cr en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

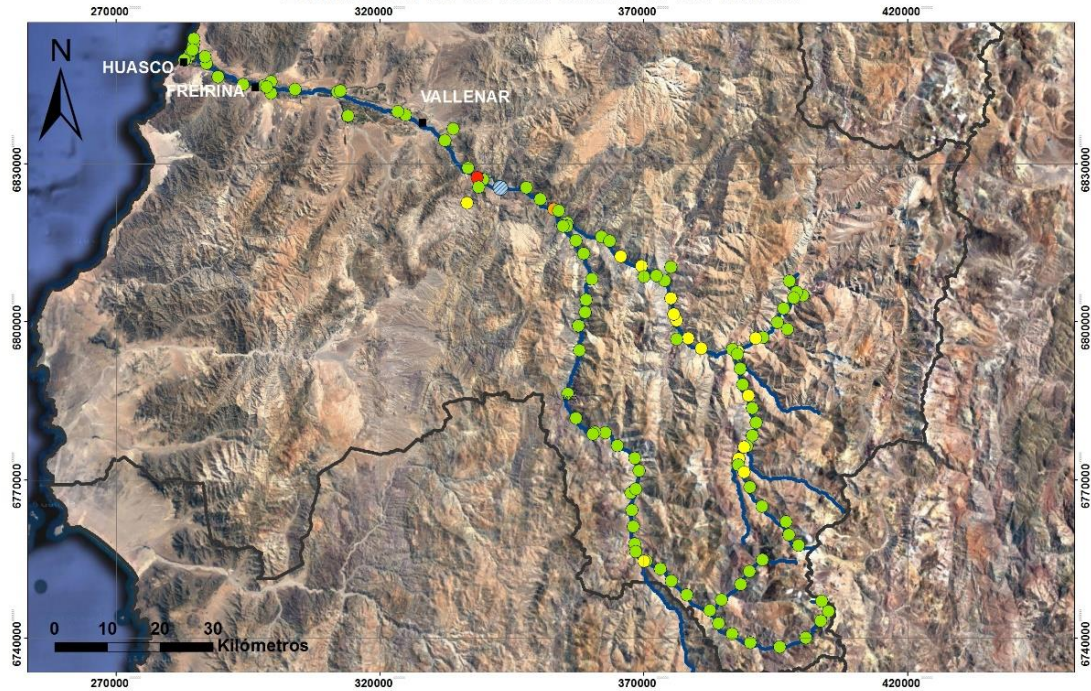
Leyenda

Cromo [ppm]

- 12,94 - 38,11 (<-1desv. est.)
- 38,12 - 66,07 (-1desv. est. - prom.)
- 66,08 - 94,04 (prom. - 1desv. est.)
- 94,05 - 122,01 (1desv. est. - 2desv. est.)
- 122,02 - 170,05 (> 2desv. est.)

FIGURA 27. Distribución geográfica de Cr en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Cu en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

Cobre [ppm]

- 5,92 - 119,37 (< prom.)
- 119,38 - 624,03 (prom. - 1desv. est.)
- 624,04 - 1128,68 (1desv. est. - 2desv. est.)
- 1128,69 - 5735,00 (> 2desv. est.)

FIGURA 28. Distribución geográfica de Cu en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Hg en la cuenca de Río Huasco

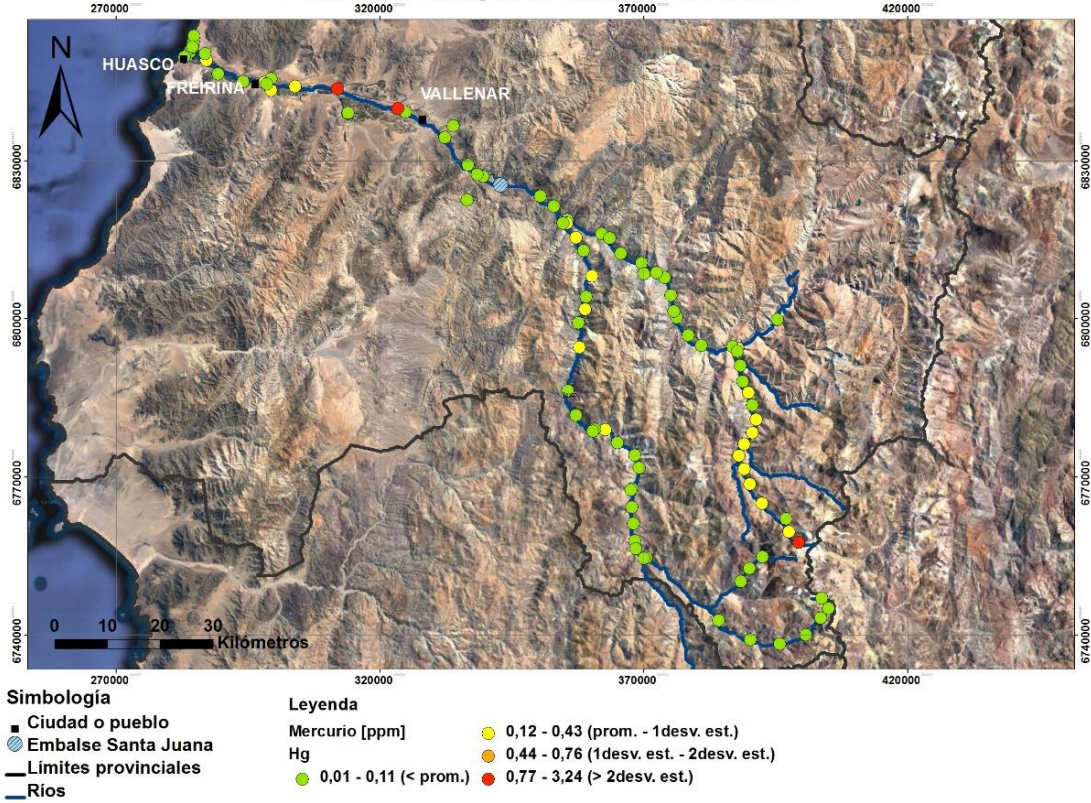


FIGURA 29. Distribución geográfica de Hg en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de La en la cuenca de Río Huasco

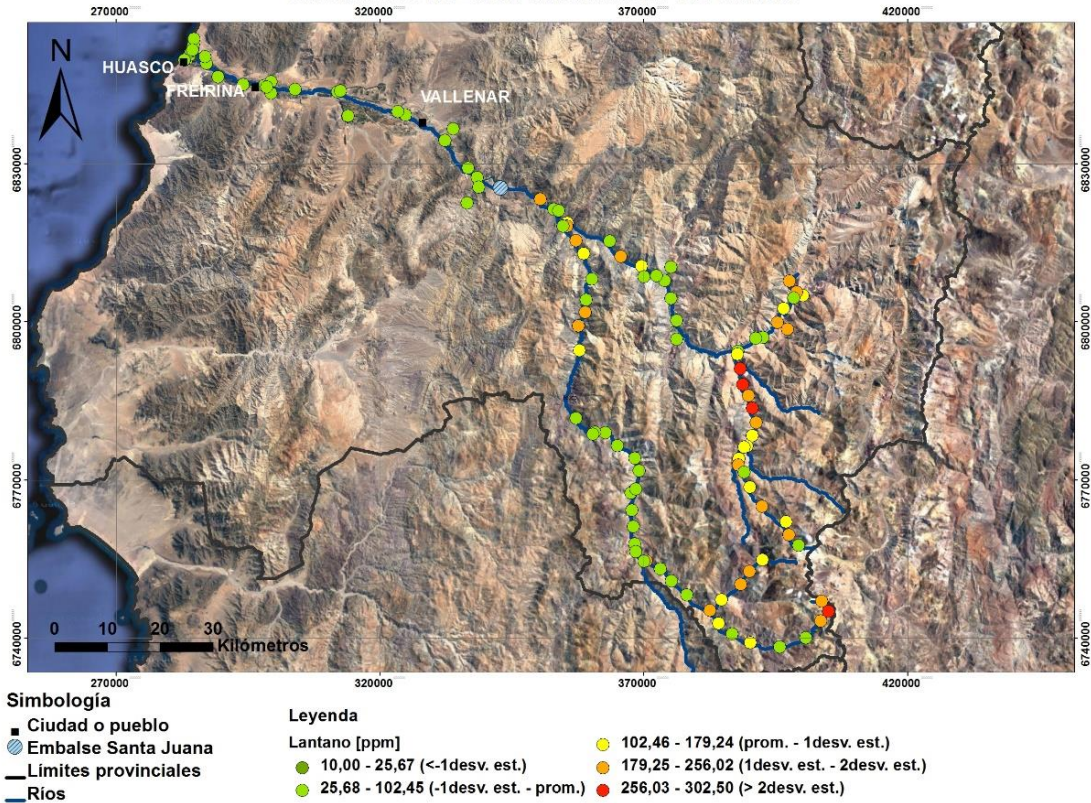
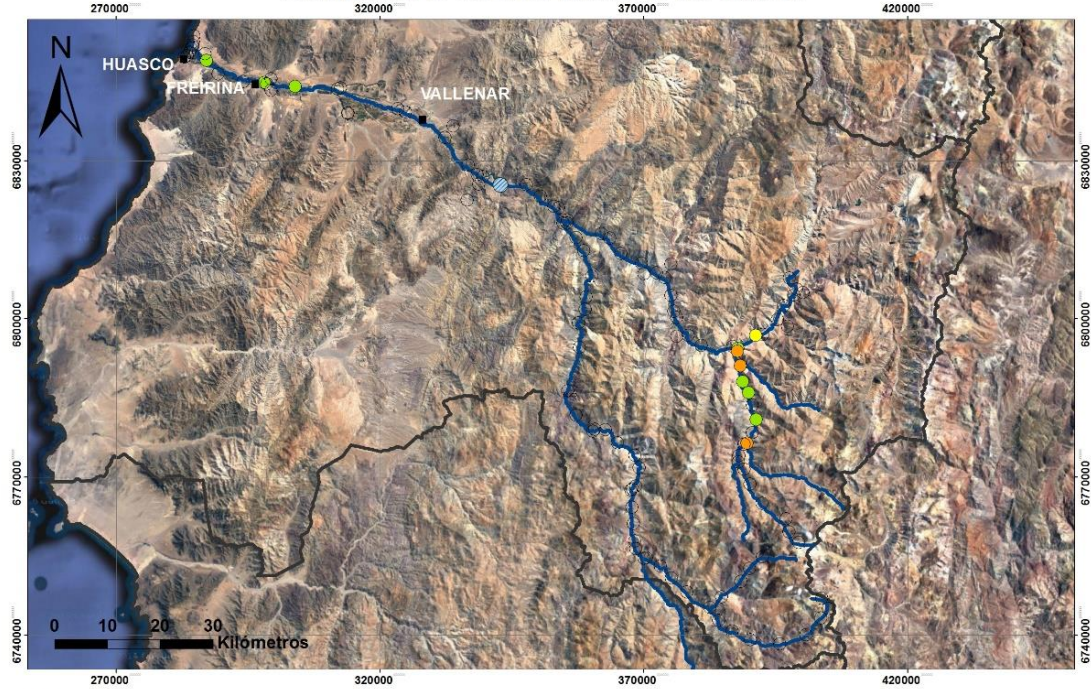


FIGURA 30. Distribución geográfica de La en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Mo en la cuenca de Río Huasco



Simbología

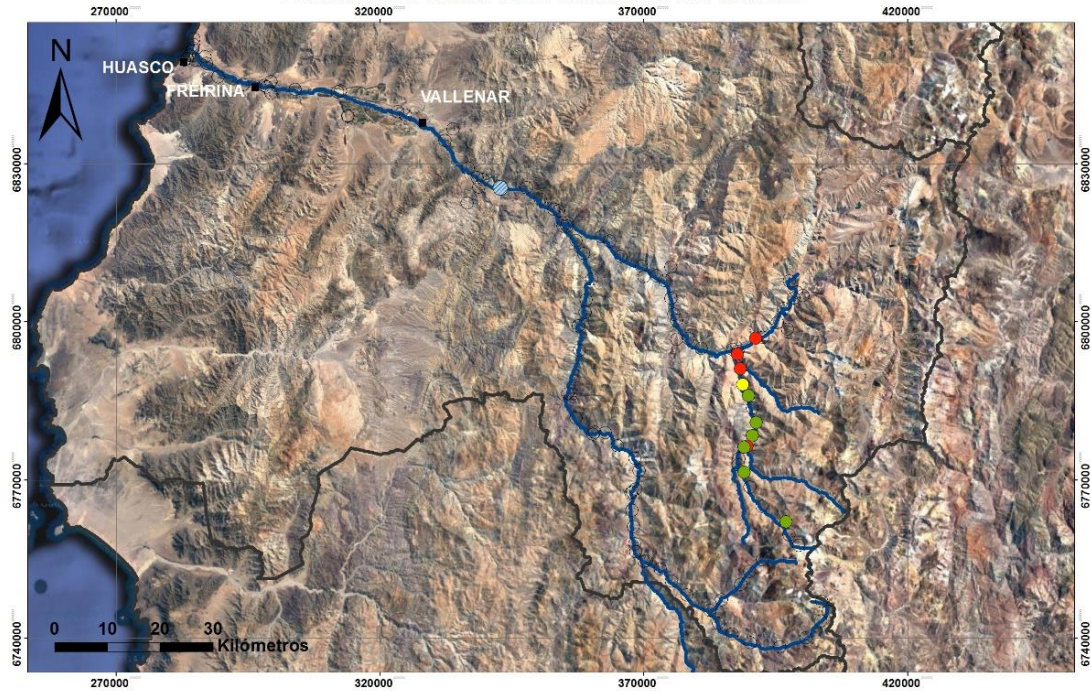
- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- Molibdeno [ppm]
- < 5,00 (L. D.)
 - 5,00 - 5,89 (<-1desv. est.)
 - 5,90 - 12,74 (-1desv. est. - prom.)
 - 12,75 - 19,60 (prom. - 1desv. est.)
 - 19,61 - 26,46 (1desv. est. - 2desv. est.)

FIGURA 31. Distribución geográfica de Mo en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Nb en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

- Niobio [ppm]
- < 10 (L. D.)
 - 9,57 - 15,00 (< prom.)
 - 15,01 - 21,35 (prom. - 1desv. est.)
 - 21,36 - 27,69 (1desv. est. - 2desv. est.)
 - 27,70 - 27,80 (> 2desv. est.)

FIGURA 32. Distribución geográfica de Nb en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Ni en la cuenca de Río Huasco

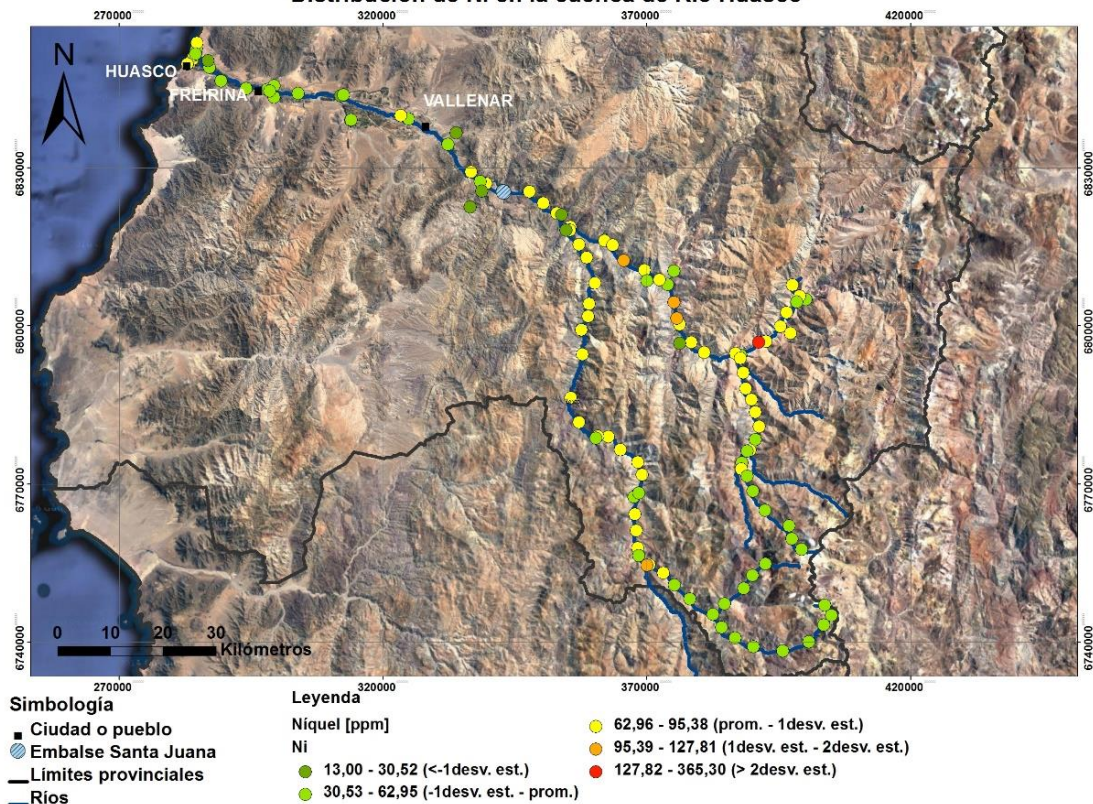


FIGURA 33. Distribución geográfica de Ni en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Pb en la cuenca de Río Huasco

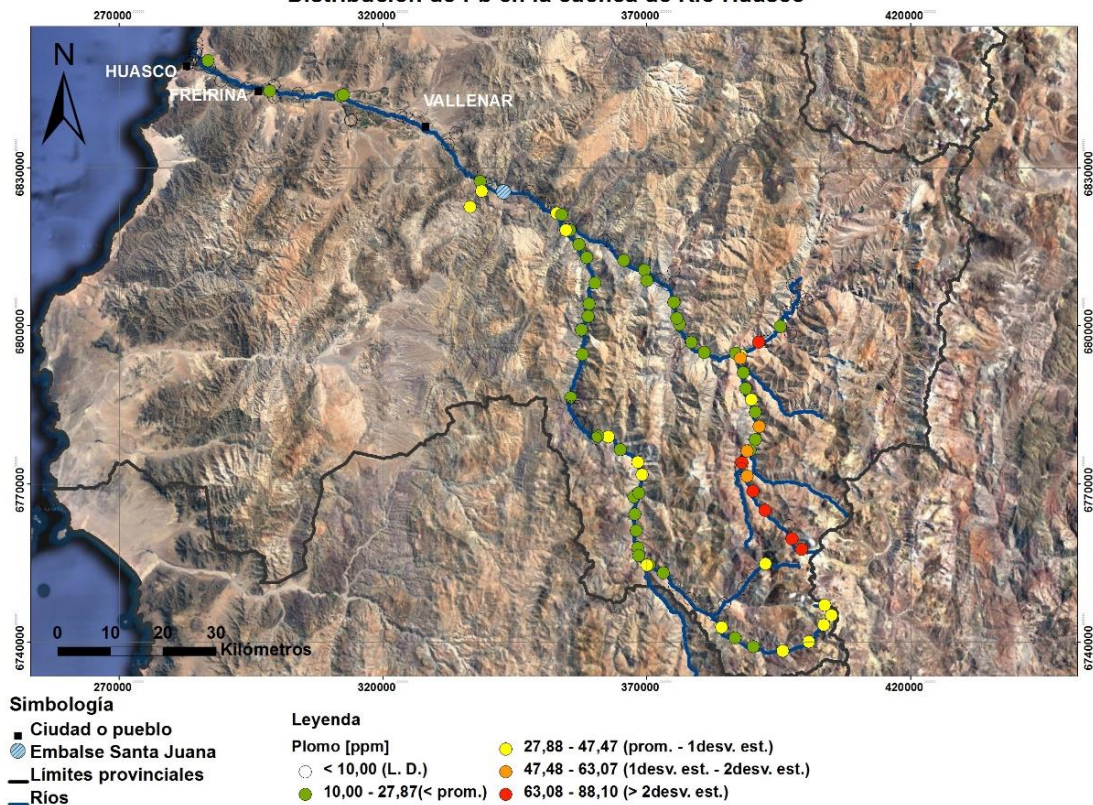


FIGURA 34. Distribución geográfica de Pb en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Sb en la cuenca de Río Huasco

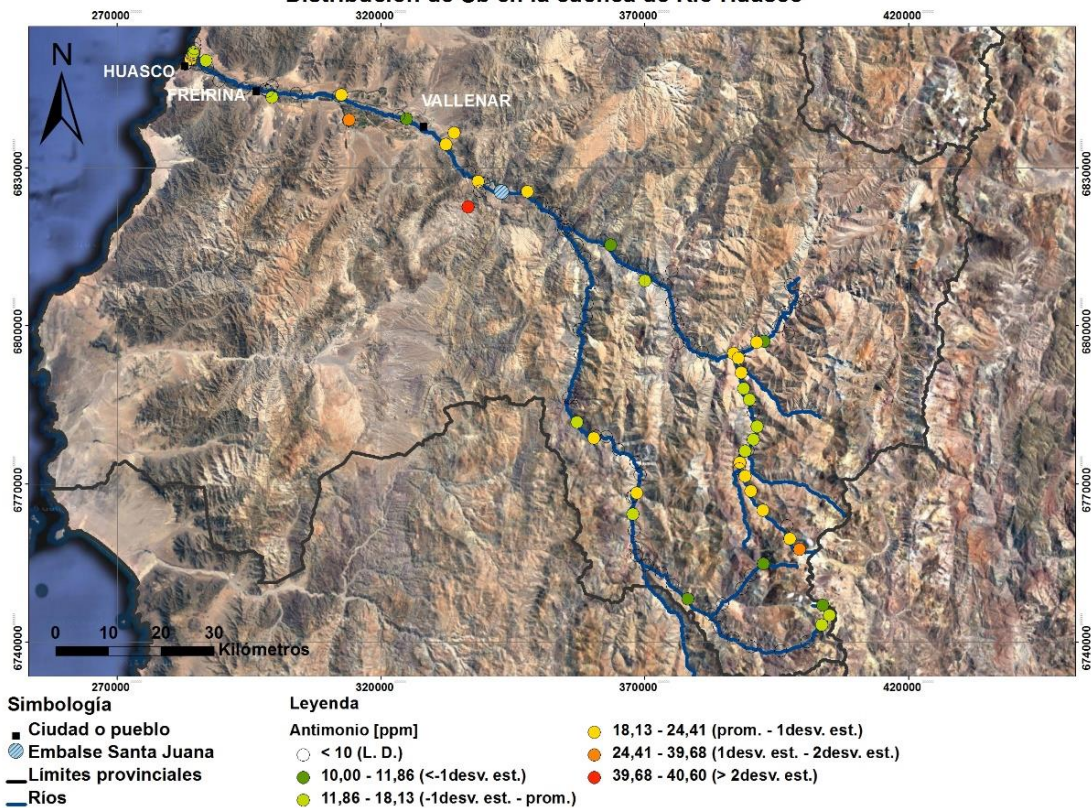


FIGURA 35. Distribución geográfica de Sb en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Sr en la cuenca de Río Huasco

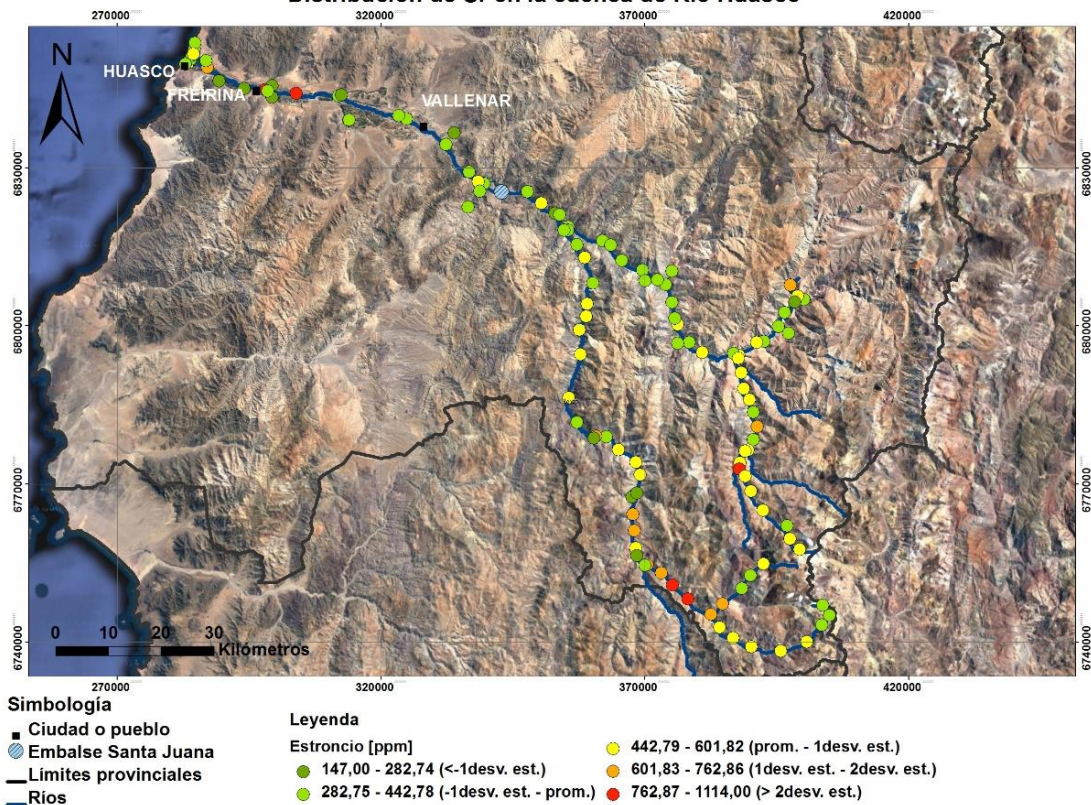
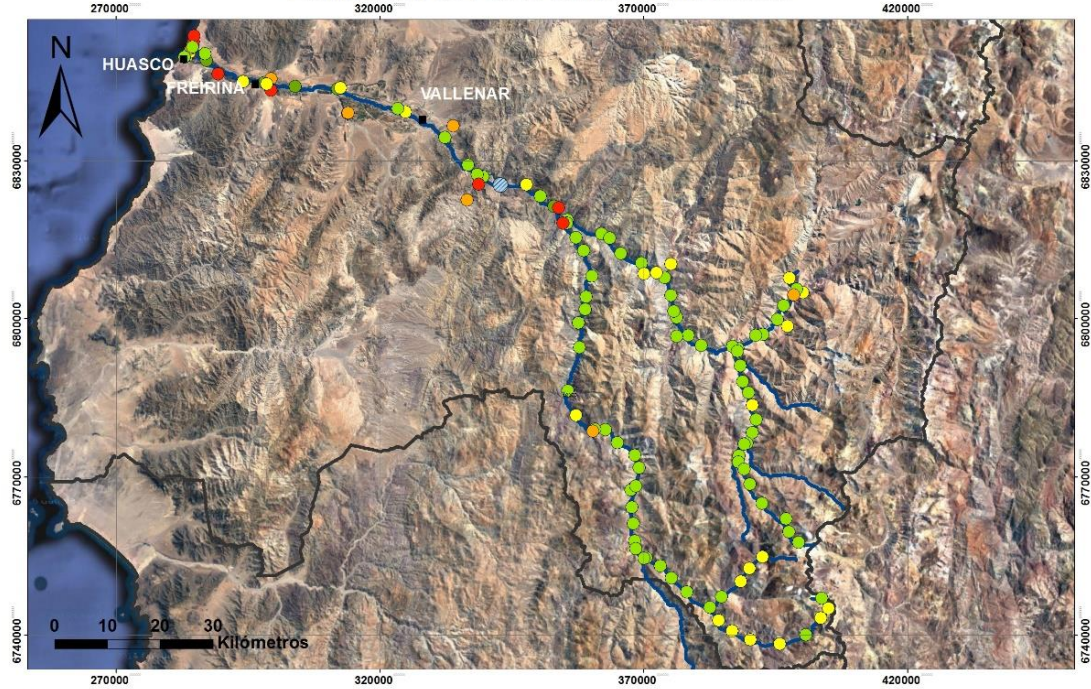


FIGURA 36. Distribución geográfica de Sr en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de V en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

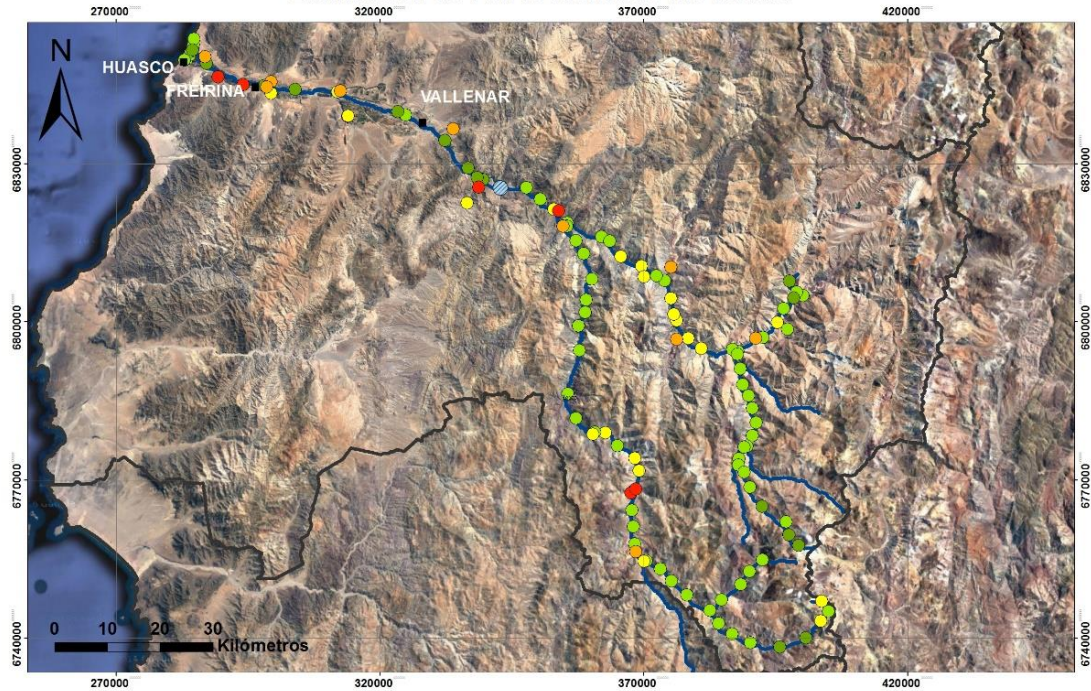
Leyenda

Vanadio [ppm]

- 5,00 - 51,70 (<-1desv. est.)
- 51,71 - 124,31 (-1desv. est. - prom.)
- 124,32 - 196,92 (prom. - 1desv. est.)
- 196,93 - 269,54 (1desv. est. - 2desv. est.)
- 269,55 - 487,10 (> 2desv. est.)

FIGURA 37. Distribución geográfica de V en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Y en la cuenca de Río Huasco



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Embalse Santa Juana
- Límites provinciales
- Ríos

Leyenda

Itrio [ppm]

- 5,00 - 7,52 (<-1desv. est.)
- 7,53 - 14,83 (-1desv. est. - prom.)
- 14,84 - 22,13 (prom. - 1desv. est.)
- 22,14 - 29,44 (1desv. est. - 2desv. est.)
- 29,45 - 36,10 (> 2desv. est.)

FIGURA 38. Distribución geográfica de Y en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Zn en la cuenca de Río Huasco

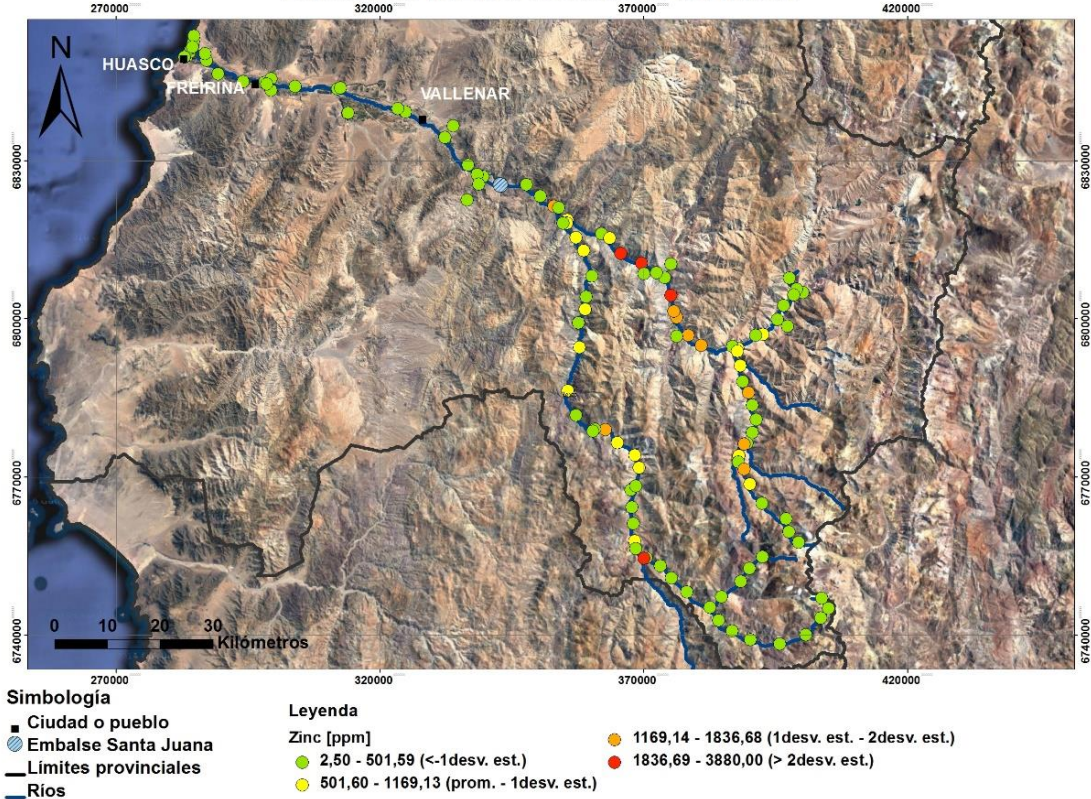


FIGURA 39. Distribución geográfica de Zn en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

Distribución de Zr en la cuenca de Río Huasco

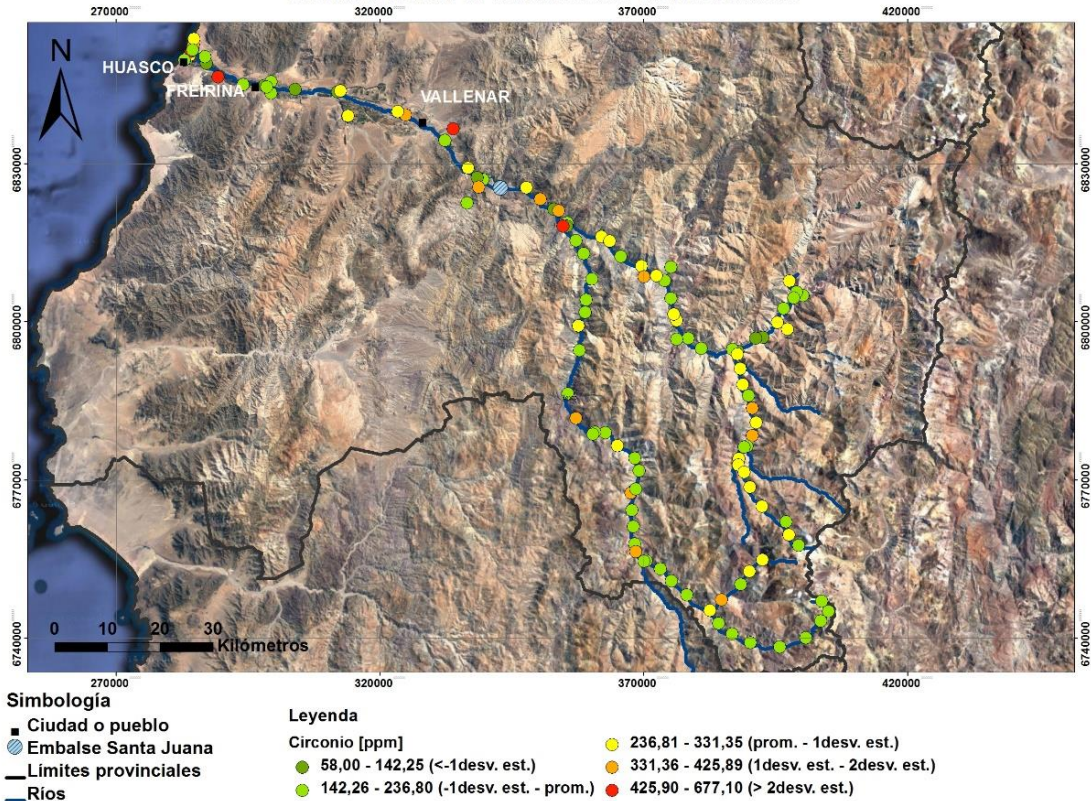


FIGURA 40. Distribución geográfica de Zr en sedimentos fluviales de la cuenca del Río Huasco.

4.2 Comparación con guías o normas internacionales

En los mapas presentados en Fig. 41 a 48, se muestra la relación entre las concentraciones de los metales pesados y guías o normas internacionales. Se consideran los metales y valores que se muestran en Tabla 2. Como se puede observar, con excepción del níquel, las normas son de menos a más restrictivas en el siguiente orden: EC Reg, EU ECO Label, parámetro PEC y EPA. Coherente a lo anterior, en los mapas a continuación, el color rojo aumenta a medida que la concentración del metal sobrepasa más normas.

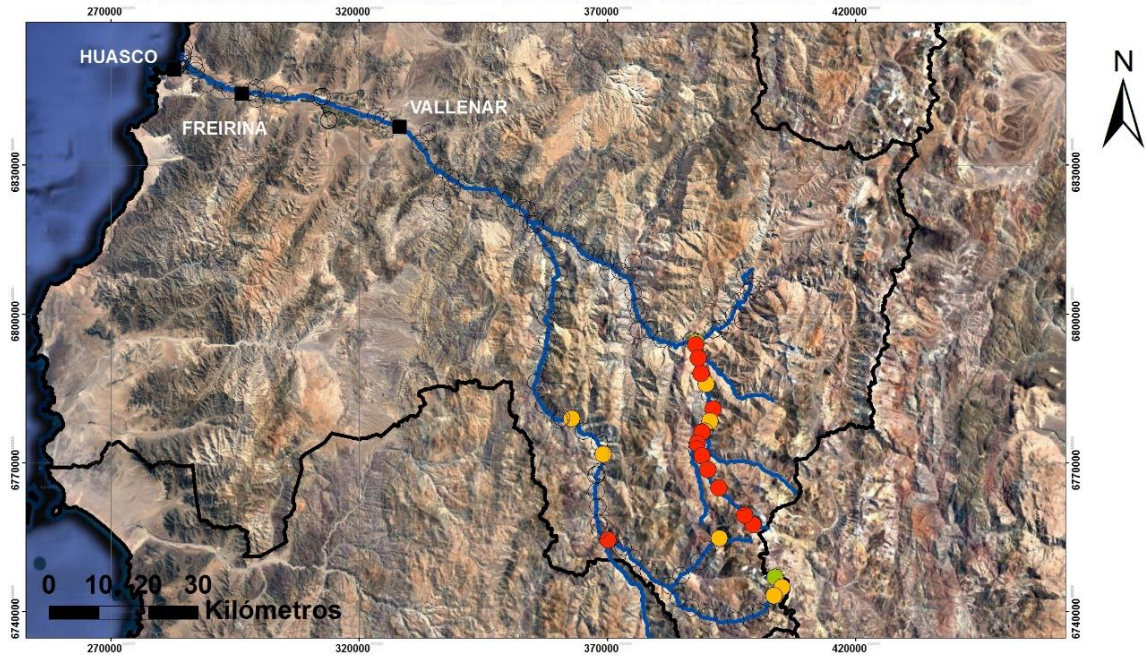
En Tabla 8 se presenta el porcentaje de muestras de sedimentos fluviales cuya concentración de metales pesados excede las normas internacionales.

TABLA 9. Porcentaje de muestras cuya concentración excede los límites fijados por las normas internacionales.

Elemento	EC Reg ¹	UE ECO Label ²	Parámetro PEC ²	EPA (USA) ⁴
As	0%	16%	15%	9%
Cd	99%	10%	1%	0%
Cr	40%	10%	6%	0%
Cu	34%	19%	11%	1%
Hg	2%	2%	2%	0%
Ni	99%	78%	78%	0%
Pb	10%	0%	0%	0%
Zn	56%	47%	32%	2%

Notas: (1) Norma Europea. Legal. (EU Commission, 2006);
 (2) Recomendación europea. Voluntaria (Regulation, C., 2007);
 (3) Parámetro Probable Effect Concentration. (MacDonald et al., 2000); (4) Norma estadounidense. (US EPA, 2003).

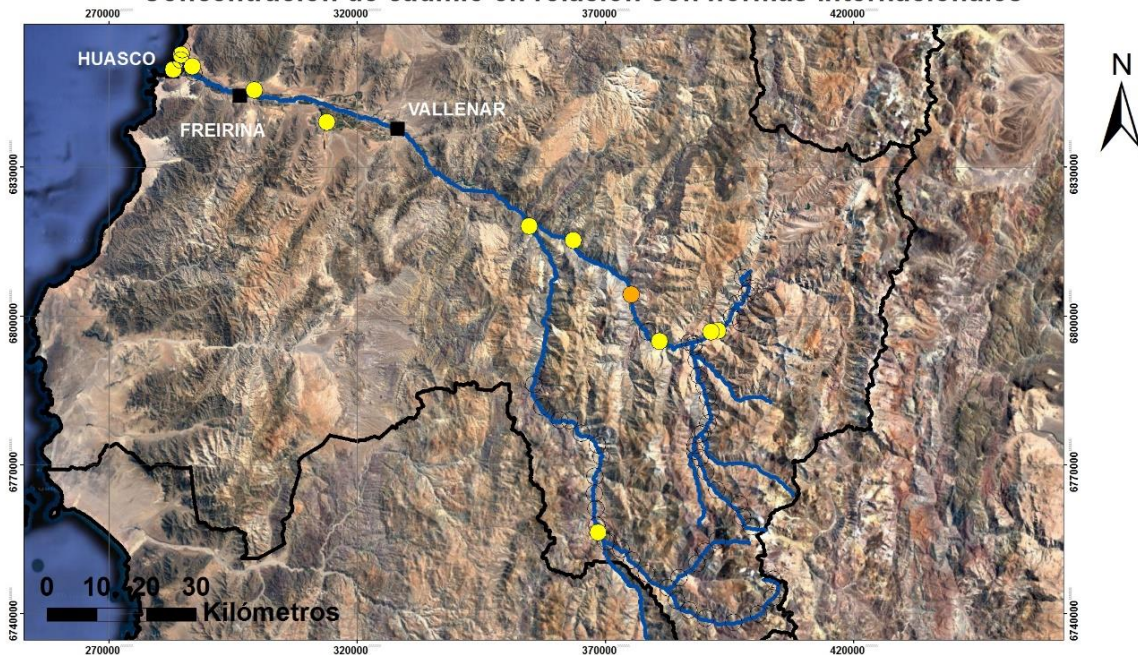
Concentración de arsénico en relación con normas internacionales



Simbología		Leyenda	
■	Ciudad o pueblo	○	Arsénico [ppm]
—	Límites provinciales	○	< 20,00 (L. D.)
—	Red hidrográfica	●	< 33,00 (Valores bajo PEC y EPA)
		●	33,01 - 75,00 (Valores sobre UE Eco y PEC, pero bajo EPA)
		●	75,01 - 264,00 (Valores sobre UE Eco, PEC y EPA)

FIGURA 41. Comparación de las concentraciones de As en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

Concentración de cadmio en relación con normas internacionales



Simbología

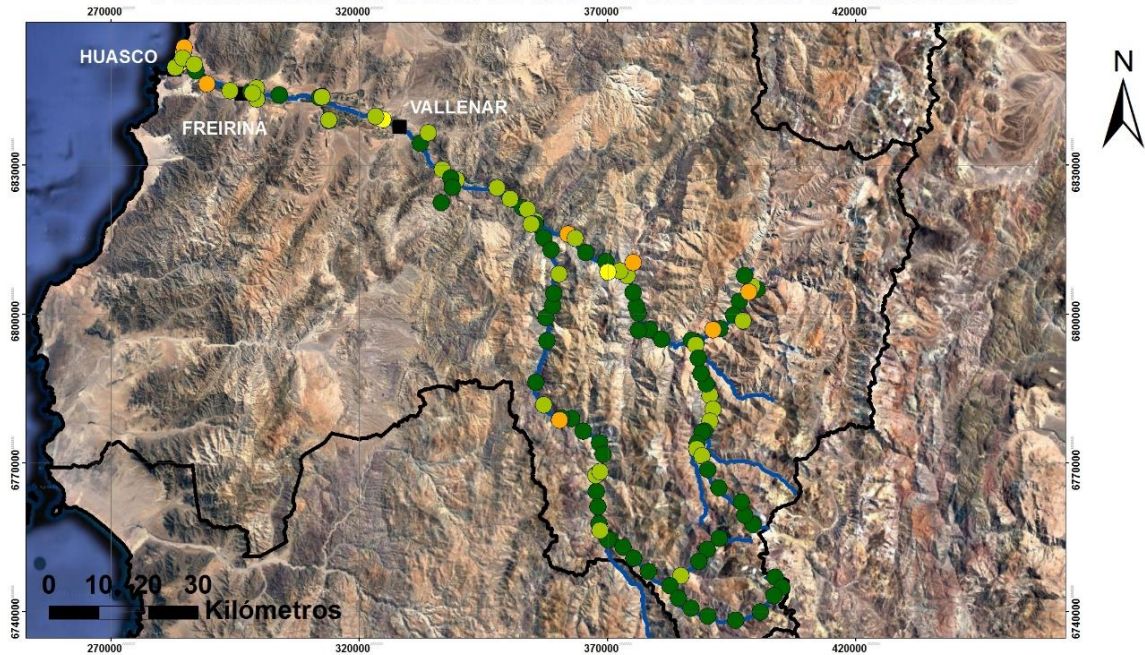
- Ciudad o pueblo
- Límites provinciales
- Red hidrográfica

Leyenda

- Cadmio [ppm]**
- < 1,00 (L. D.)
 - 1,01 - 4,98 (Valores sobre UE Eco, pero bajo PEC y EPA)
 - 4,99 - 6,00 (Valores sobre UE Eco y PEC, pero bajo EPA)

FIGURA 42. Comparación de las concentraciones de Cd en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

Concentración de cromo en relación con normas internacionales



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Límites provinciales
- Red hidrográfica

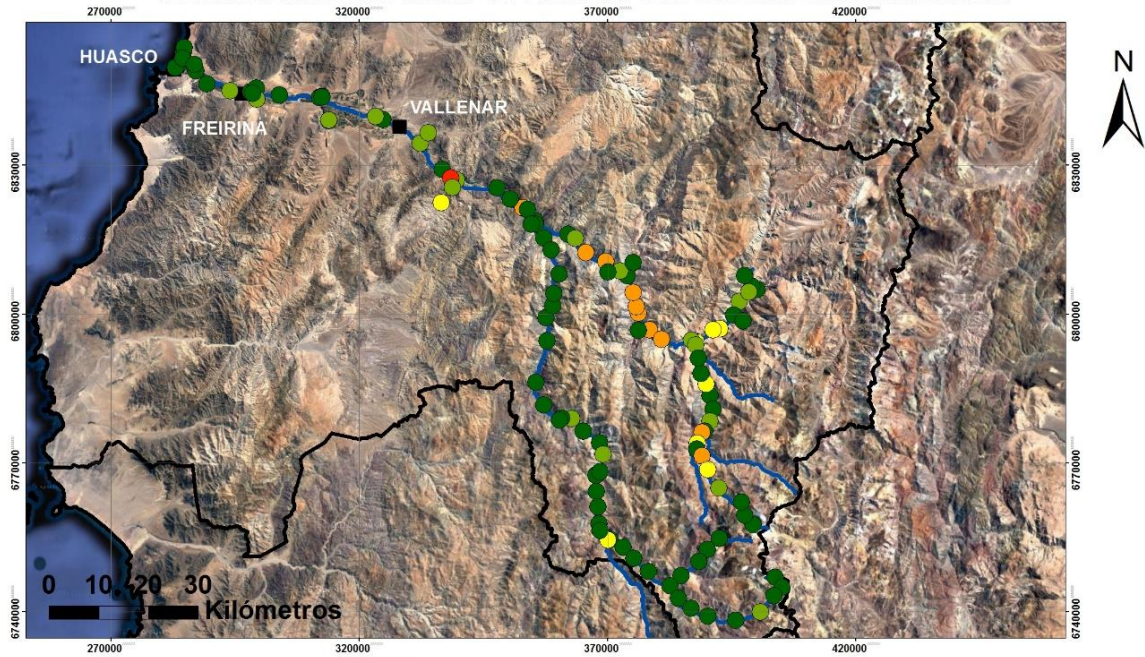
Leyenda

Cromo [ppm]

- 12,94 - 70,00 (Valores bajo EcReg, UE Eco, PEC y EPA)
- 70,01 - 100,00 (Valores sobre EcReg, pero bajo UE Eco, PEC y EPA)
- 100,01 - 111,00 (Valores sobre EcReg y UE Eco, pero bajo PEC y EPA)
- 111,01 - 171,00 (Valores sobre EcReg, UE Eco y PEC, pero bajo EPA)

FIGURA 43. Comparación de las concentraciones de Cr en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

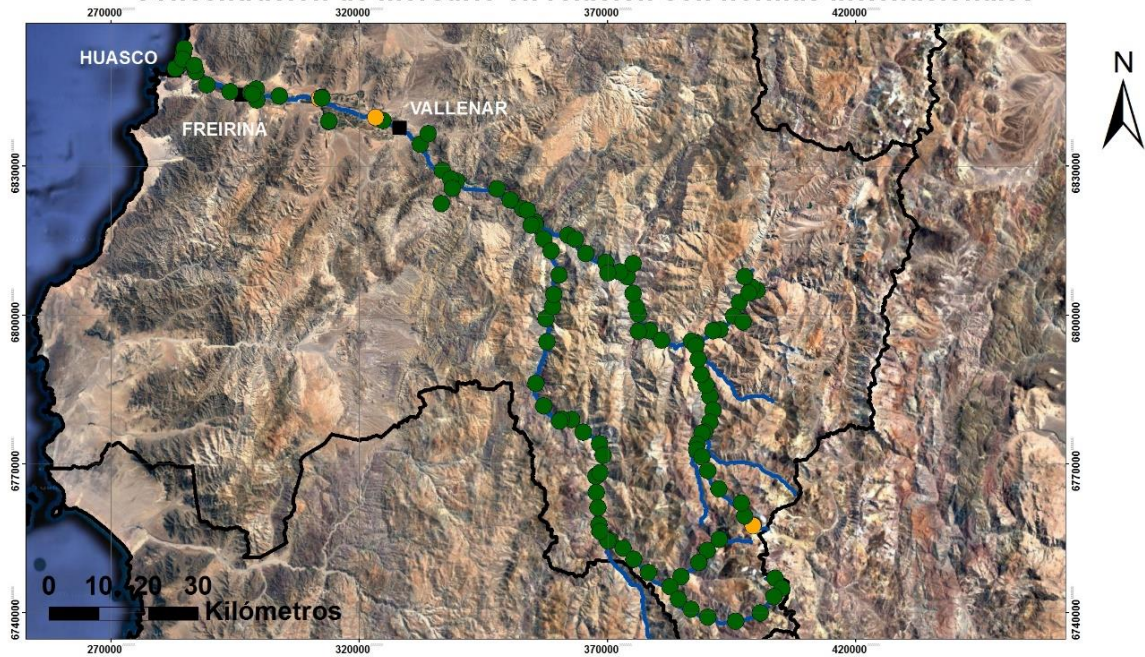
Concentración de cobre en relación con normas internacionales



Leyenda	
Simbología	Cobre [ppm]
■ Ciudad o pueblo	● 5,92 - 70,00 (Valores bajo EcReg, UE Eco, PEC y EPA)
— Límites provinciales	● 70,01 - 100,00 (Valores sobre EcReg, pero bajo UE Eco, PEC y EPA)
— Red hidrográfica	● 100,01 - 149,00 (Valores sobre EcReg y UE Eco pero bajo PEC y EPA)
	● 149,01 - 1500,00 (Valores sobre EcReg, UE Eco y PEC, pero bajo EPA)
	● 1500,01 - 5740,00 (Valores sobre EcReg, UE Eco, PEC y EPA)

FIGURA 44. Comparación de las concentraciones de Cu en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

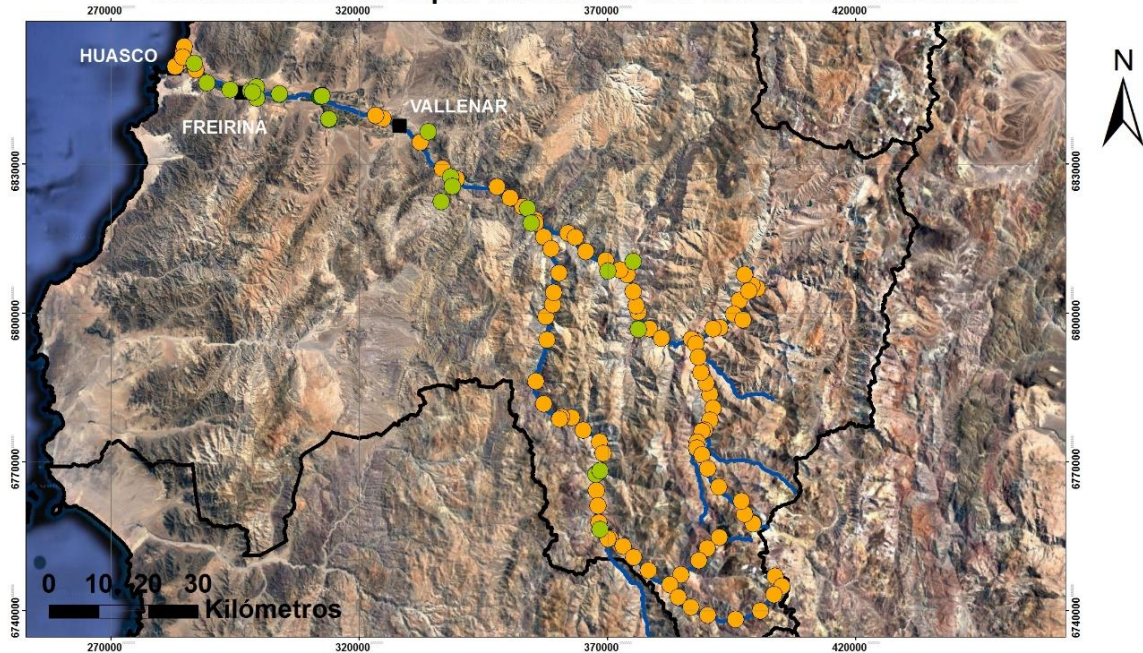
Concentración de mercurio en relación con normas internacionales



Simbología		Leyenda	
■	Ciudad o pueblo	●	Mercurio [ppm]
—	Límites provinciales	●	0,01 - 0,40 (Valores bajo EcReg, PEC, UE Eco y EPA)
—	Red hidrográfica	●	0,41 - 1,00 (Valores sobre EcReg, pero bajo PEC, UE Eco y EPA)
		●	1,01 - 1,06 (Valores sobre EcReg y PEC, pero bajo UE Eco y EPA)
		●	1,07 - 3,3 (Valores sobre EcReg, PEC y UE Eco, pero bajo EPA)

Figura 45. Comparación de las concentraciones de Hg en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

Concentración de níquel en relación con normas internacionales



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Límites provinciales
- Red hidrográfica

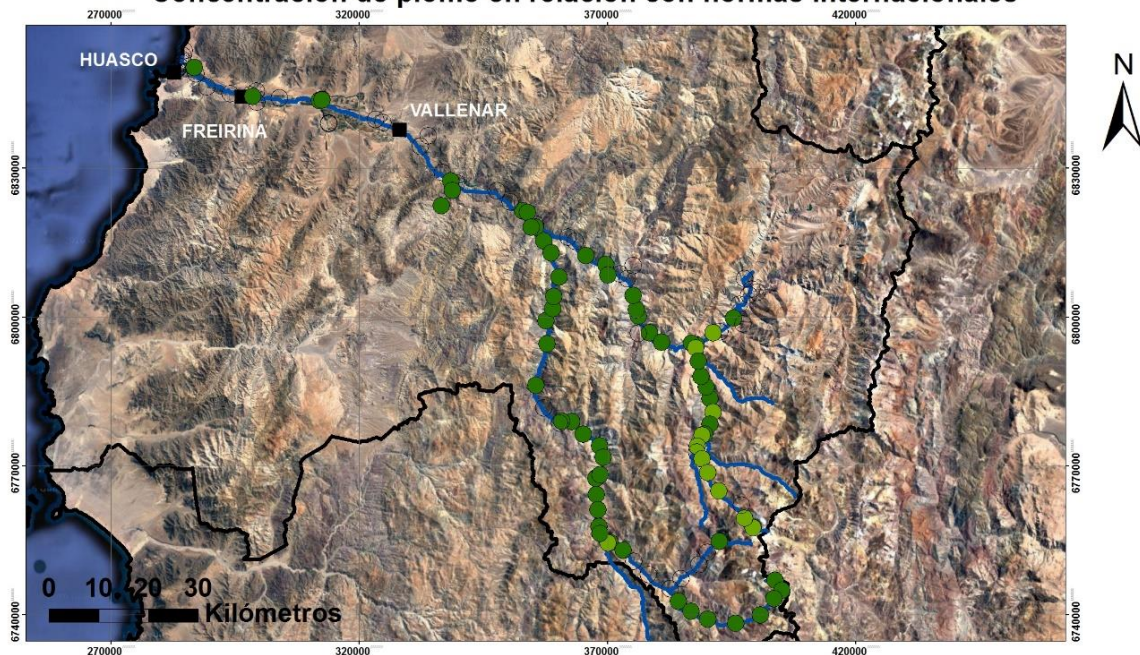
Leyenda

Níquel [ppm]

- 13,00 - 25,00 (Valores bajo EcReg, PEC, UE Eco y EPA)
- 25,01 - 48,60 (Valores sobre EcReg, pero bajo PEC, UE Eco y EPA)
- 48,61 - 50,00 (Valores sobre EcReg y PEC, pero bajo UE Eco y EPA)
- 50,01 - 365,30 (Valores sobre EcReg, PEC y UE Eco, pero bajo EPA)

FIGURA 46. Comparación de las concentraciones de Ni en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

Concentración de plomo en relación con normas internacionales



Simbología

- Ciudad o pueblo
- Límites provinciales
- Red hidrográfica

Leyenda

Plomo [ppm]

- < 10,00 (L. D.)
- 10,01 - 45,00 (Valores bajo EcReg, PEC, UE Eco y EPA)
- 45,01 - 88,10 (Valores sobre EcReg, pero bajo PEC, UE Eco y EPA)

FIGURA 47. Comparación de las concentraciones de Pb en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

Concentración de zinc en relación con normas internacionales

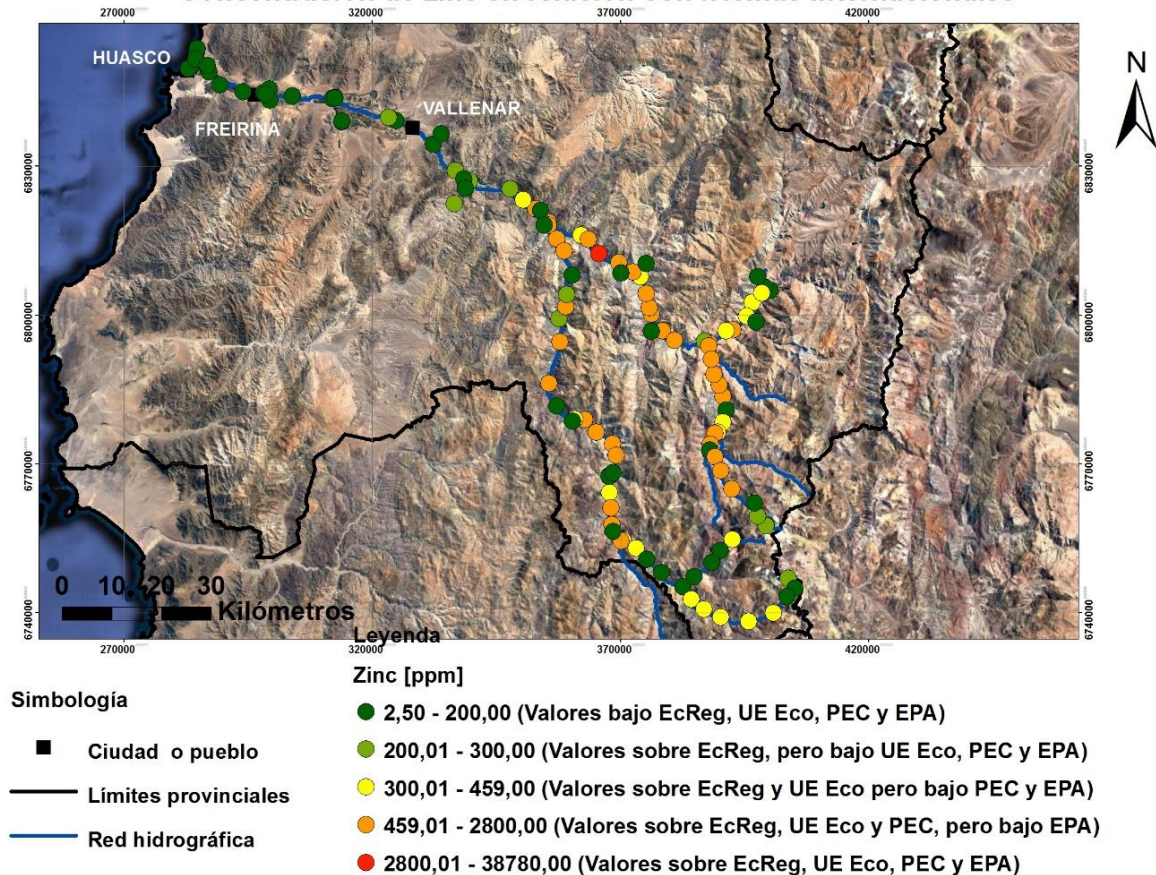


FIGURA 48. Comparación de las concentraciones de Zn en sedimentos fluviales con respecto a las normas internacionales. (L.D.: Límite de detección; EcReg: Norma europea. UE Eco: Recomendación europea; PEC: Probable Effect Concentration; EPA: Norma estadounidense).

4.3 Datos de calidad de agua

Al analizar los datos de aguas de la DGA se obtuvieron valores de cadmio, cobalto, cromo hexavalente y plata menores al límite de detección (0.01 mg/L) durante todo el período analizado en todas las estaciones de monitoreo. Lo mismo ocurrió con las concentraciones de mercurio (< 0.001 mg/L) y plomo (< 0.05 mg/L).

En los mapas de Fig. 49 a 104 se presentan los valores de metales pesados y otros elementos para las seis estaciones de monitoreo que estuvieron activas durante el período en que duró la campaña de toma de muestras de sedimentos fluviales. Los valores corresponden a muestras tomadas en octubre de 2007, y febrero, junio y octubre de 2008.

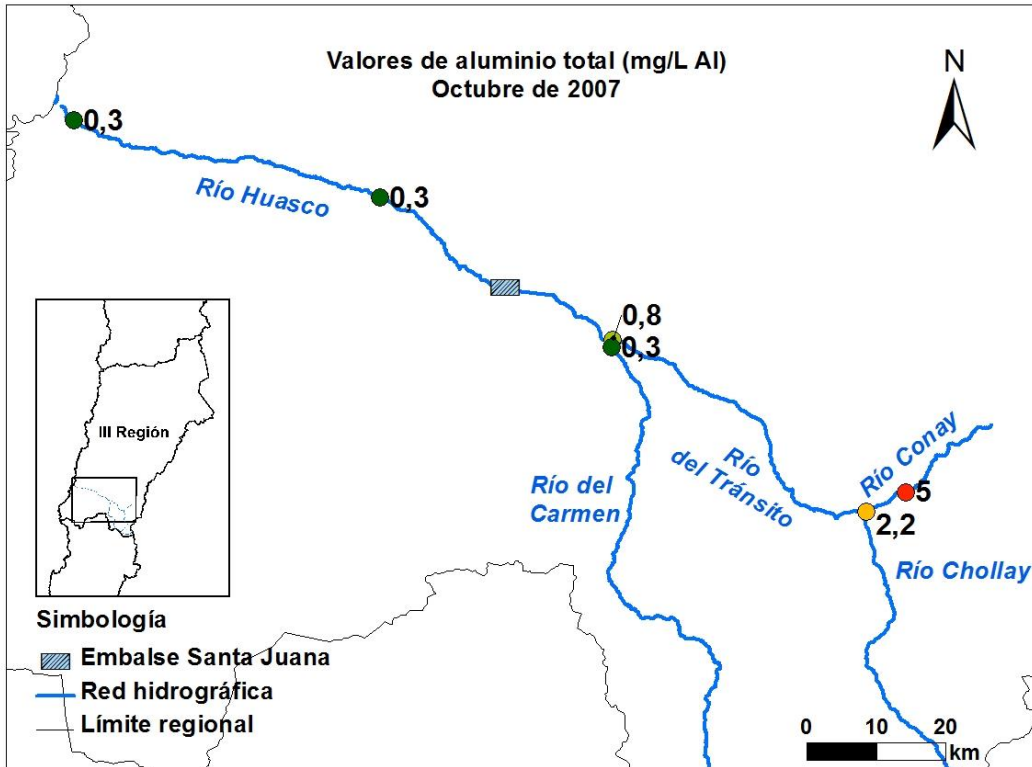


FIGURA 49. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

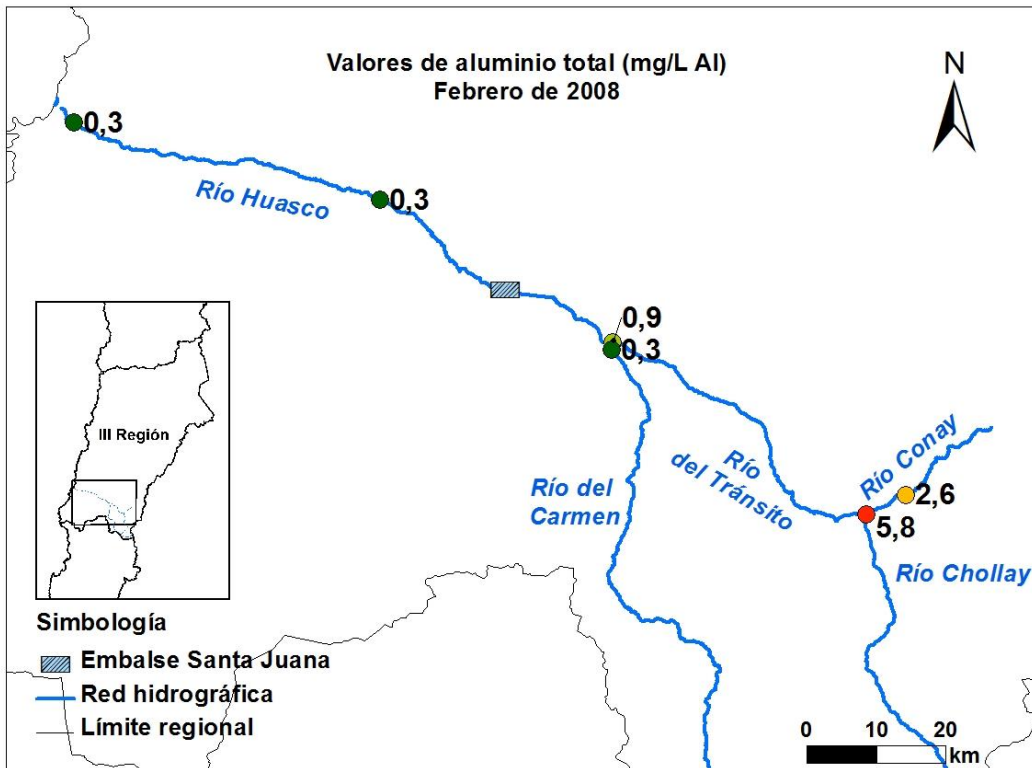


FIGURA 50. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

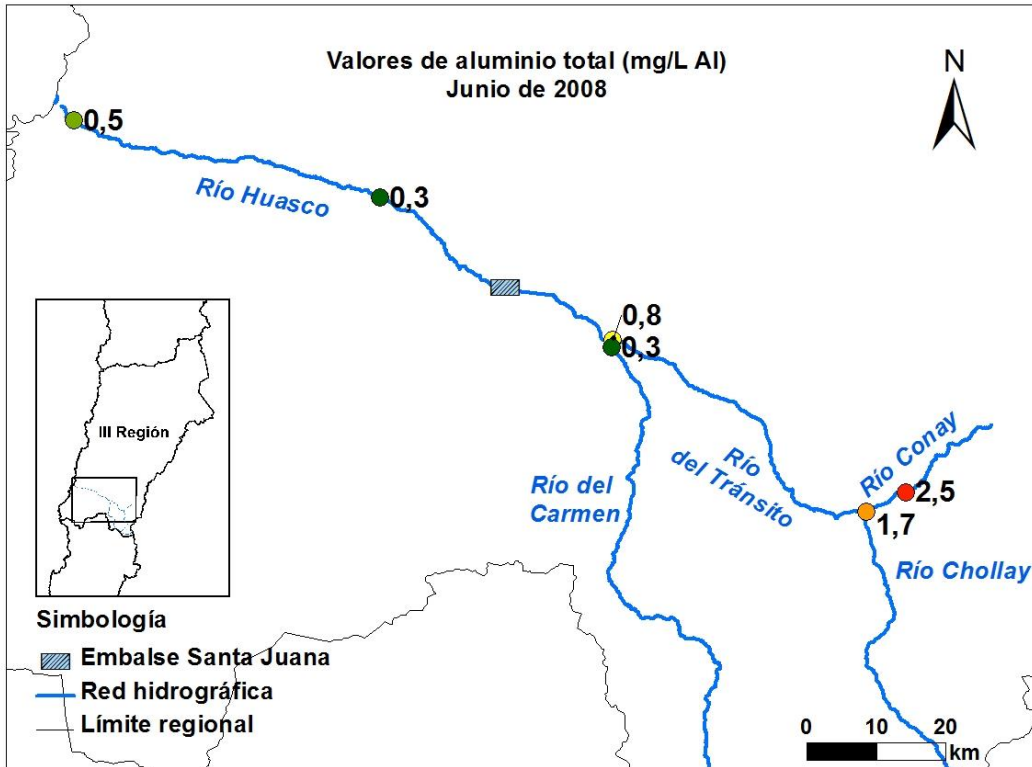


FIGURA 51. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

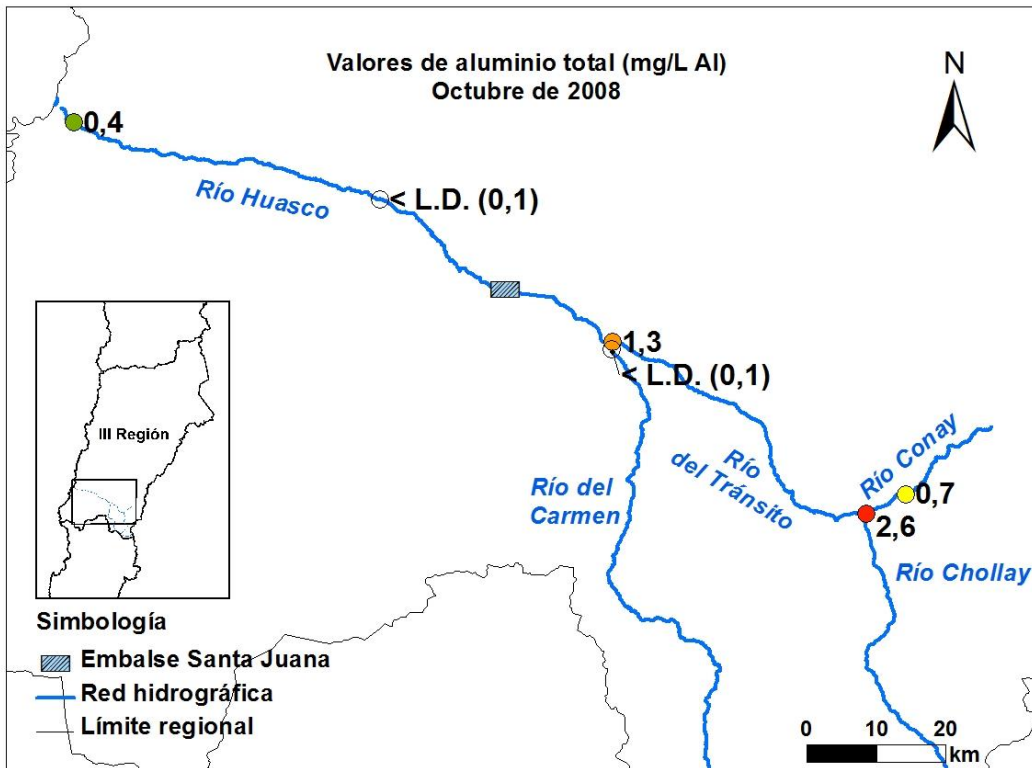


FIGURA 52. Concentraciones de Al en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

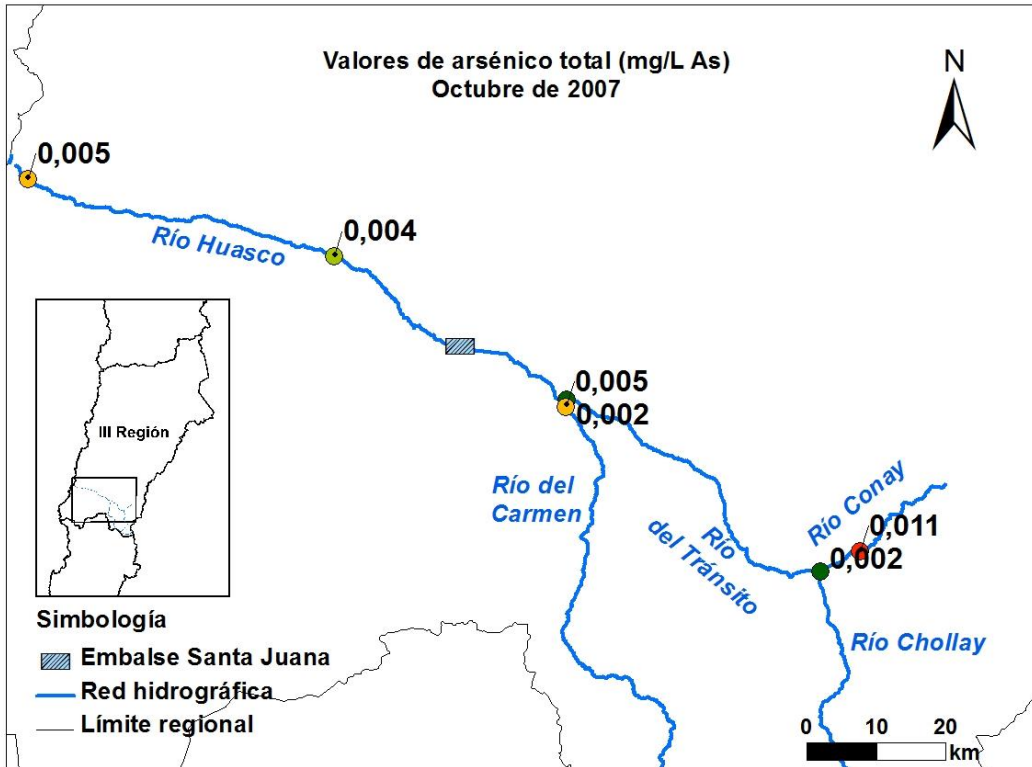


FIGURA 53. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

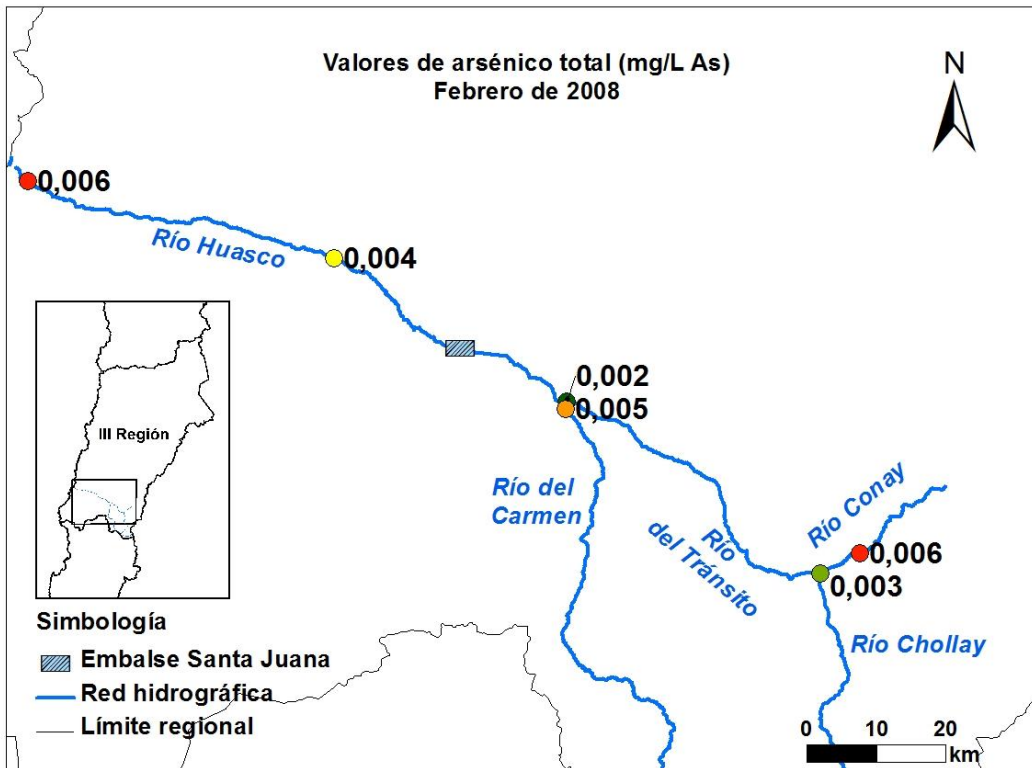


FIGURA 54. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

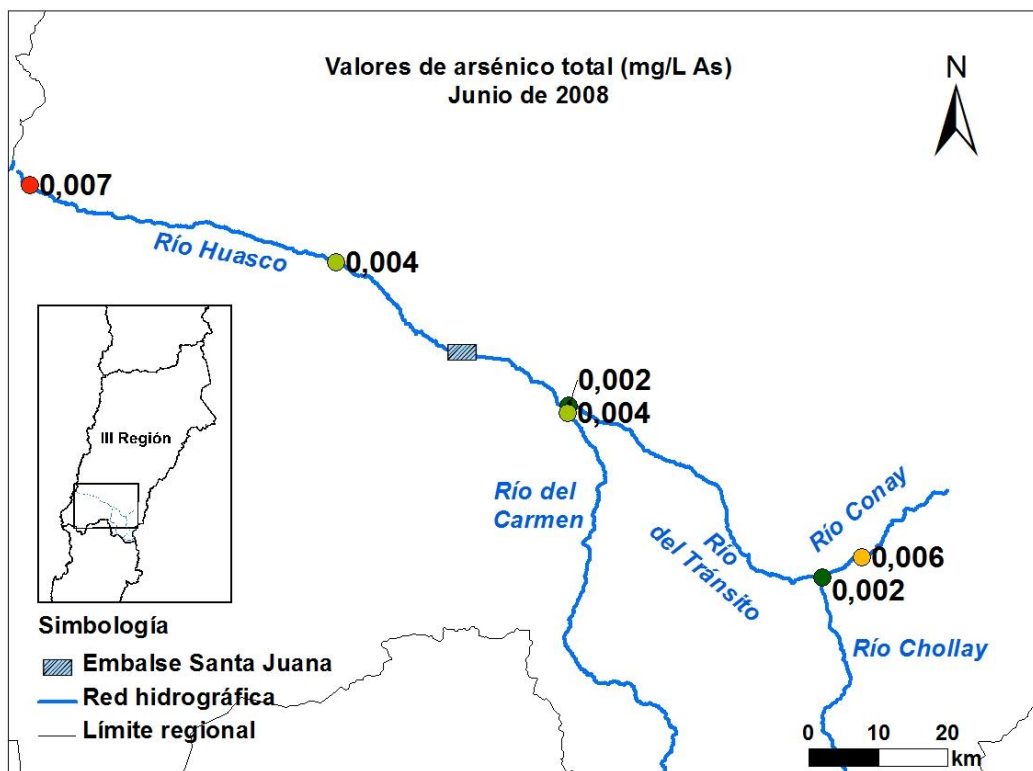


FIGURA 55. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

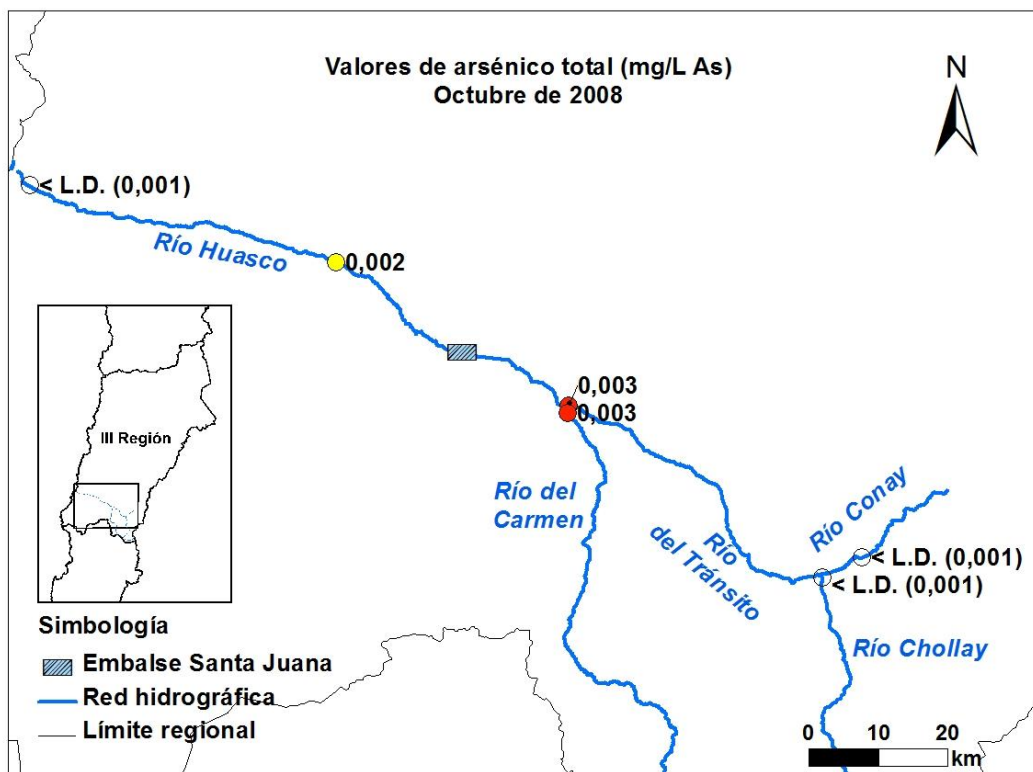


FIGURA 56. Concentraciones de As en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

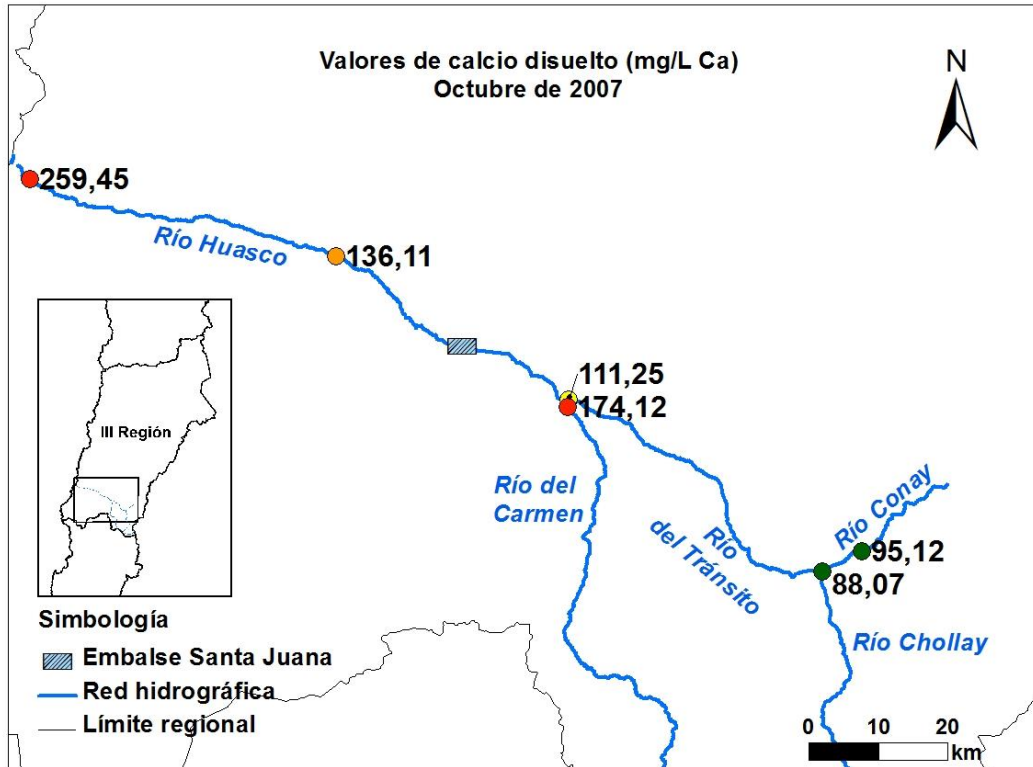


FIGURA 57. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

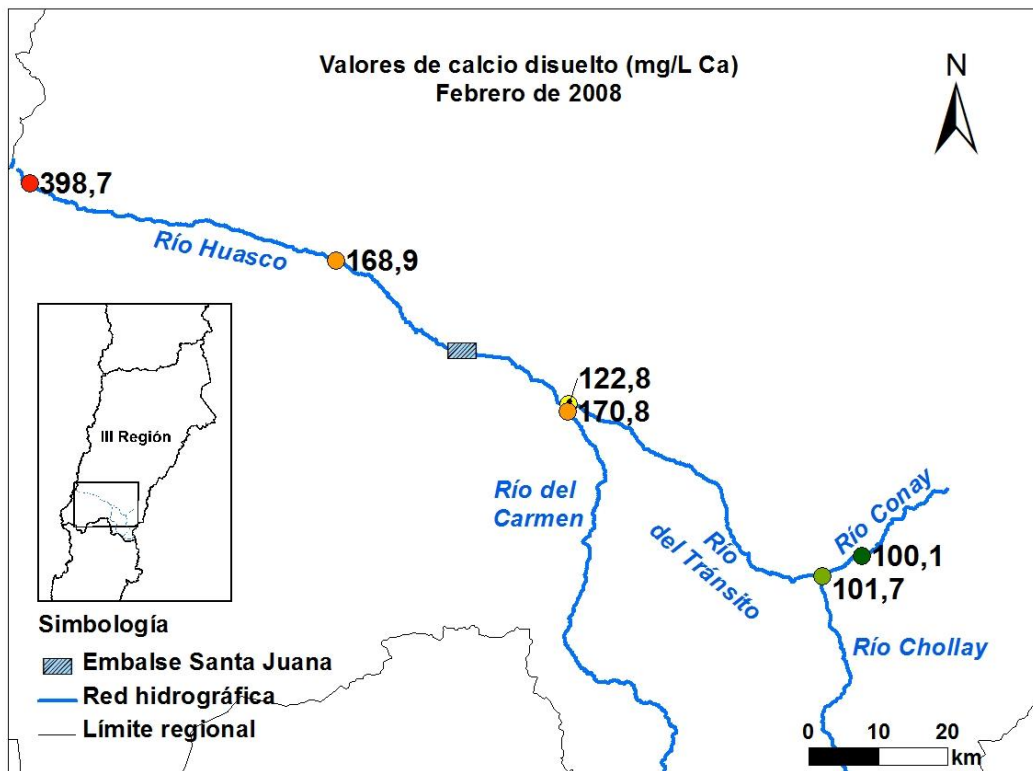


FIGURA 58. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

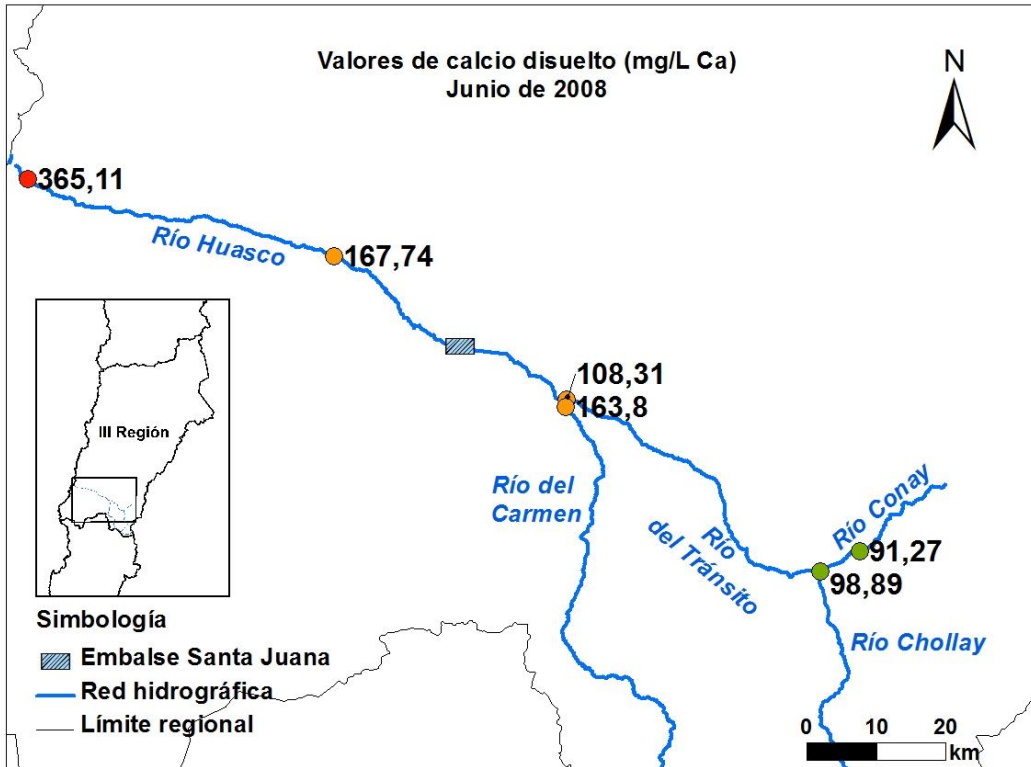


FIGURA 59. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

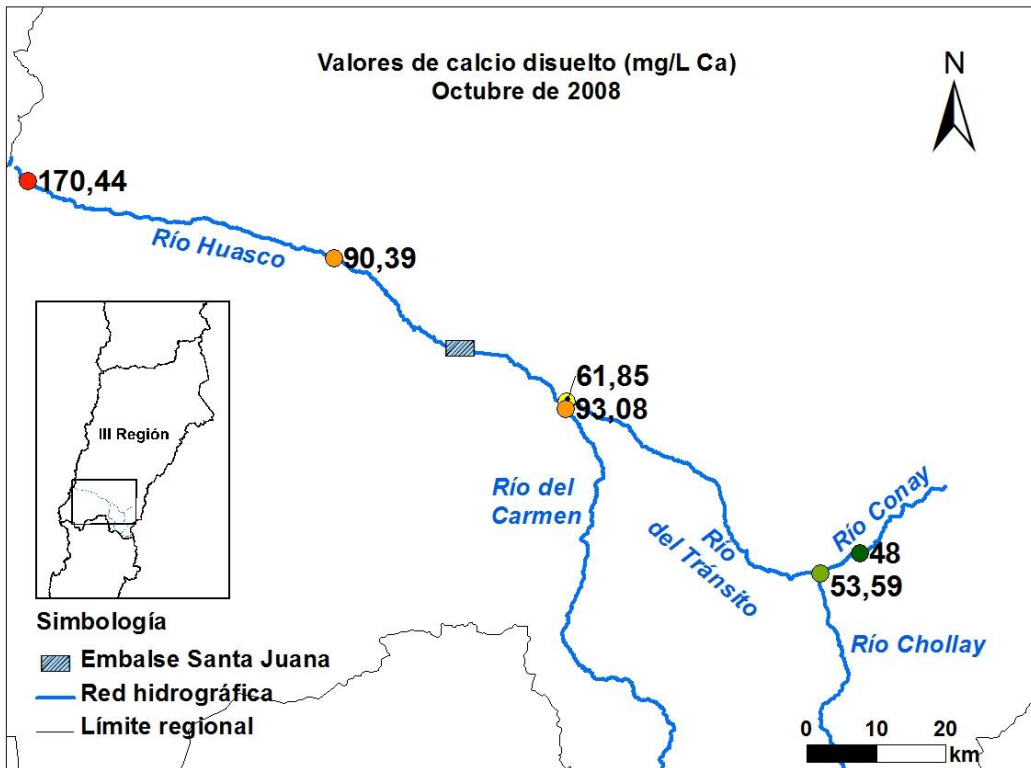


FIGURA 60. Concentraciones de Ca en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

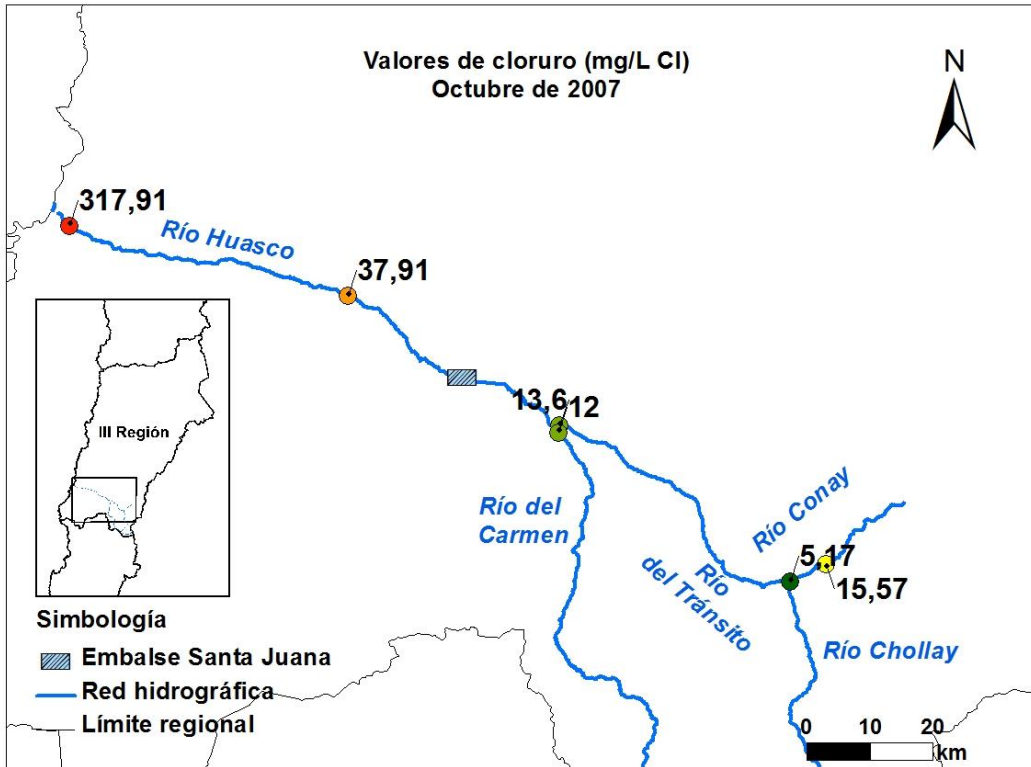


FIGURA 61. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

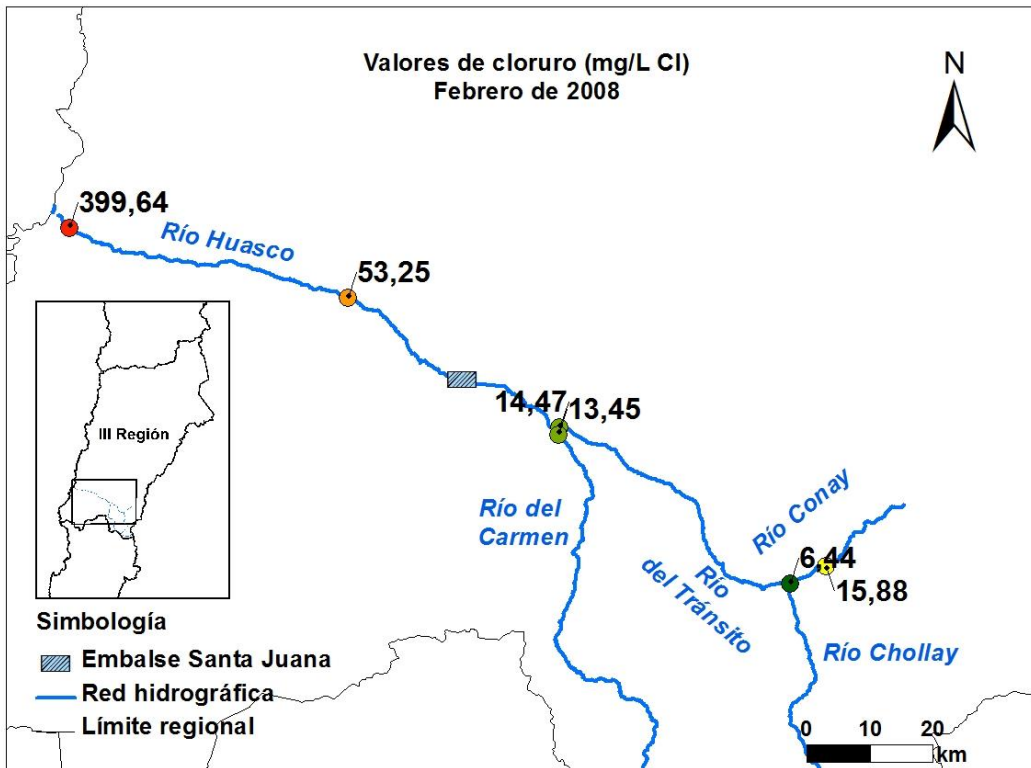


FIGURA 62. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

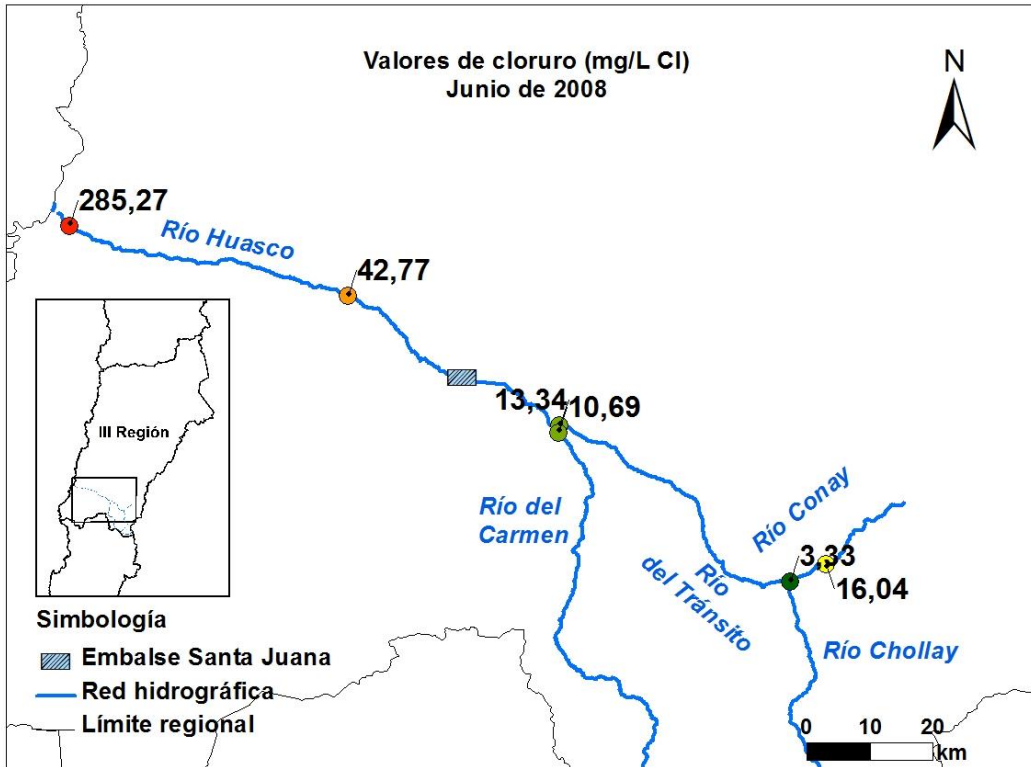


FIGURA 63. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

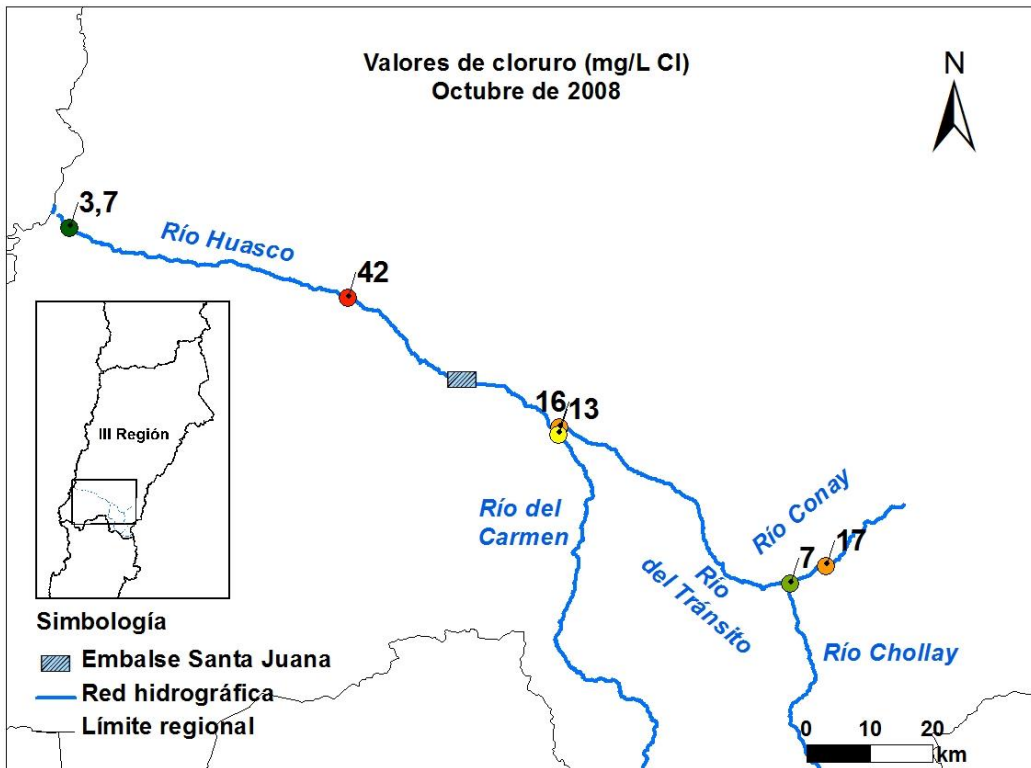


FIGURA 64. Concentraciones de Cl en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

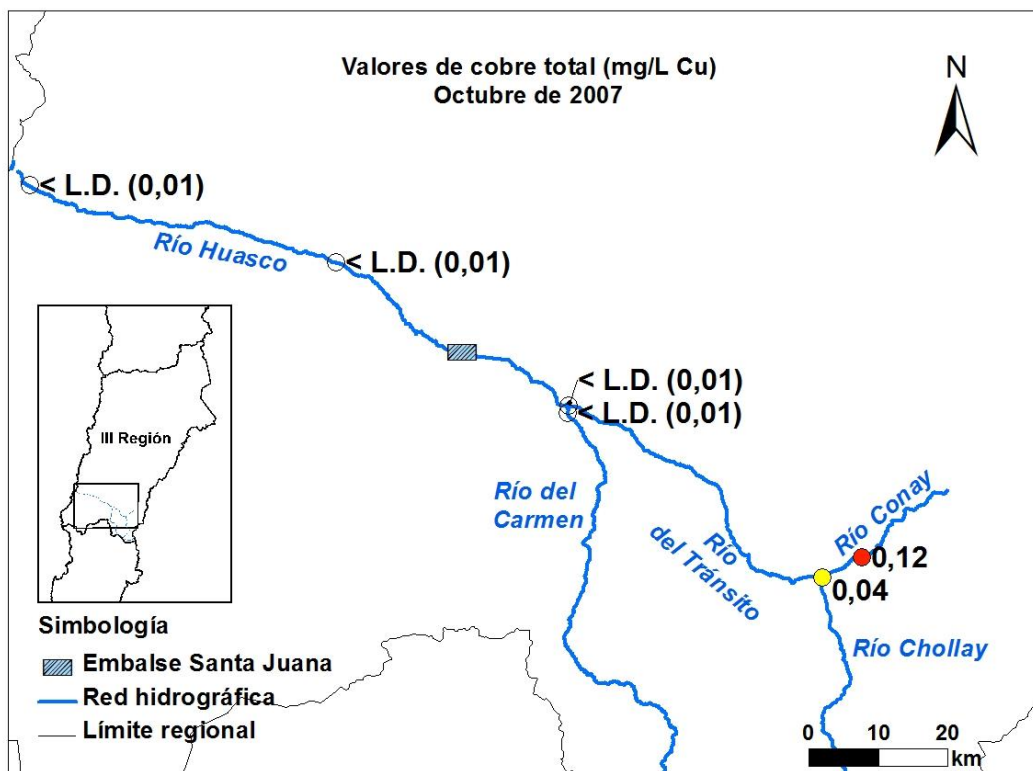


FIGURA 65. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

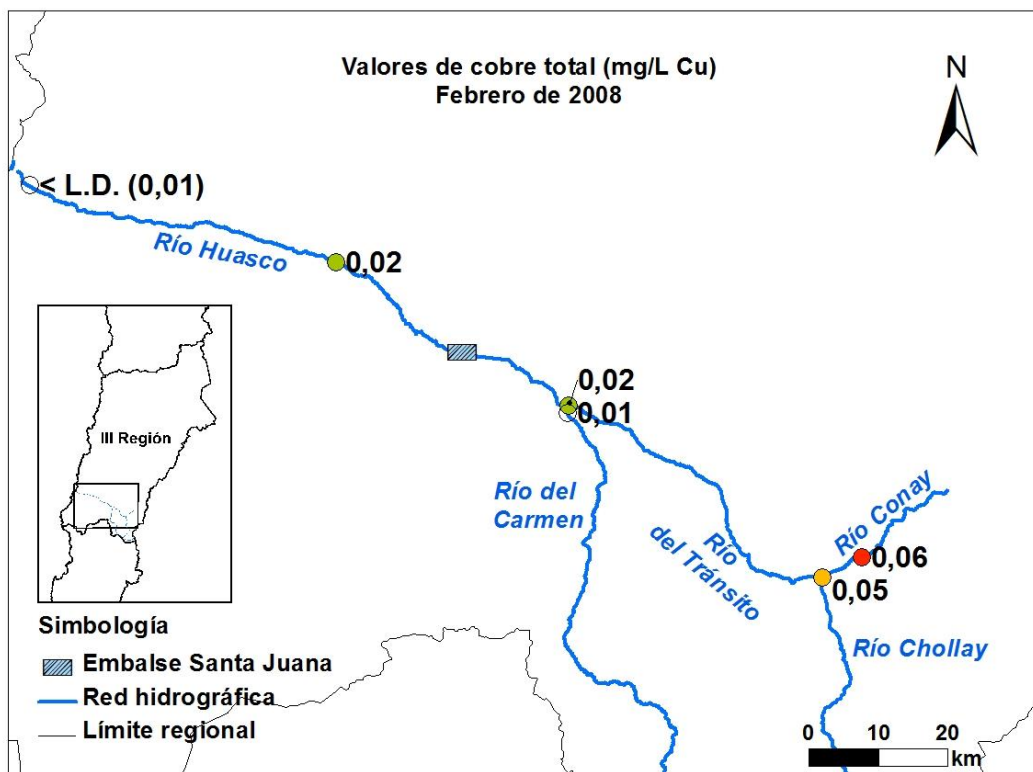


FIGURA 66. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

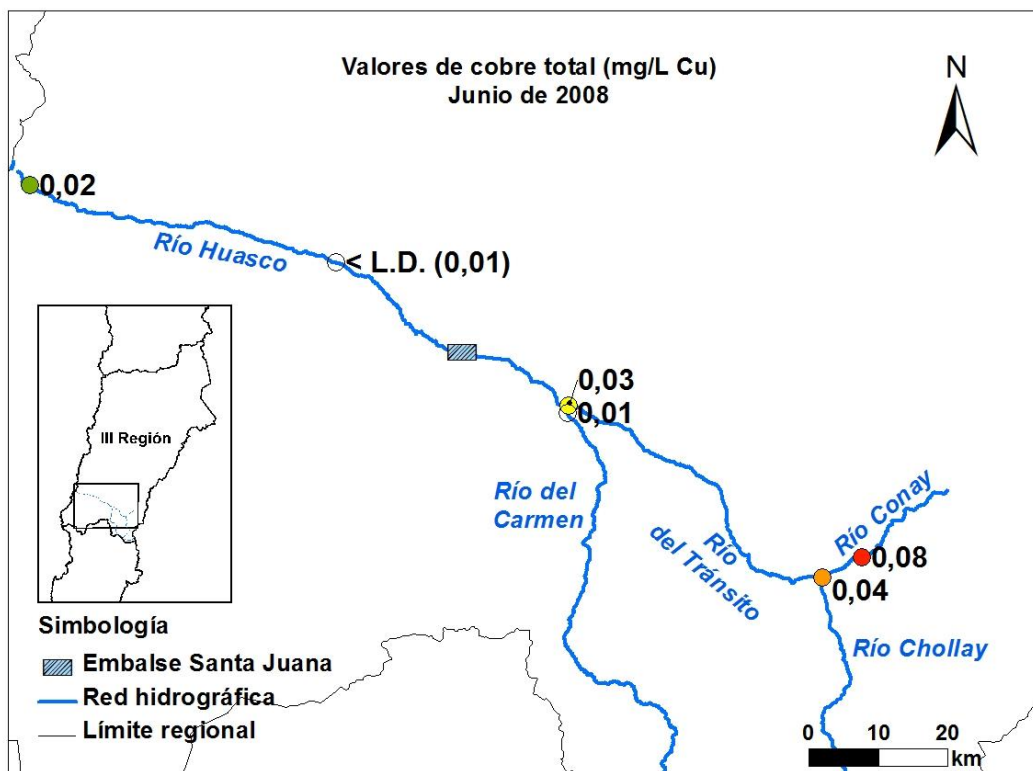


FIGURA 67. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

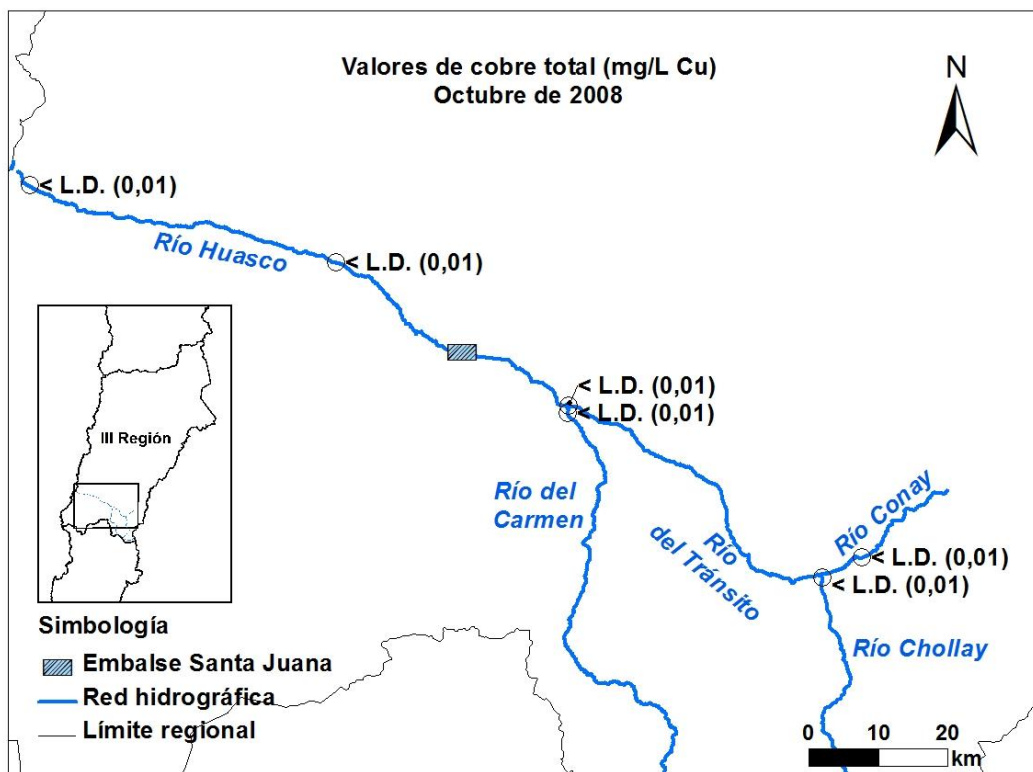


FIGURA 68. Concentraciones de Cu en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

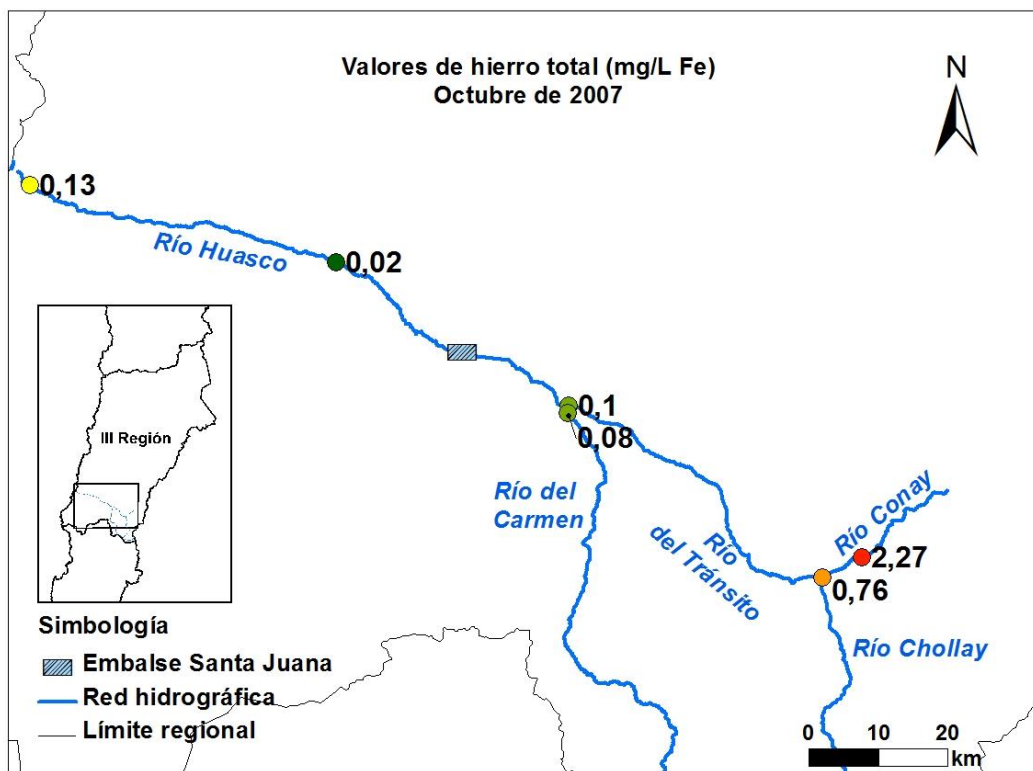


FIGURA 69. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

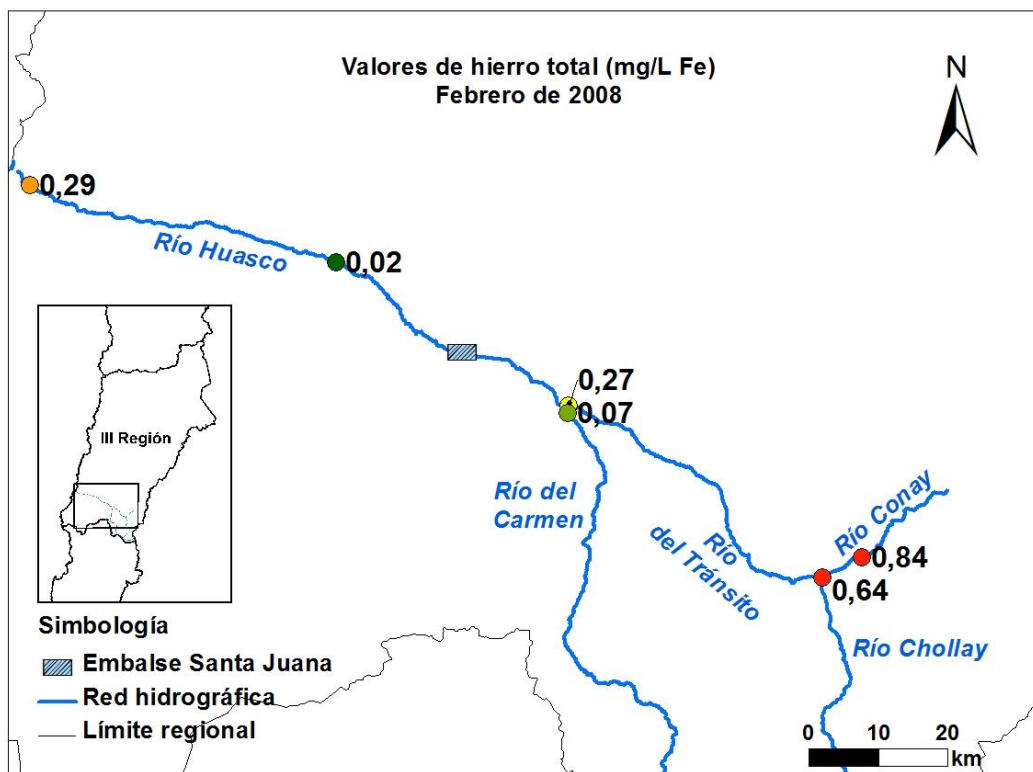


FIGURA 70. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

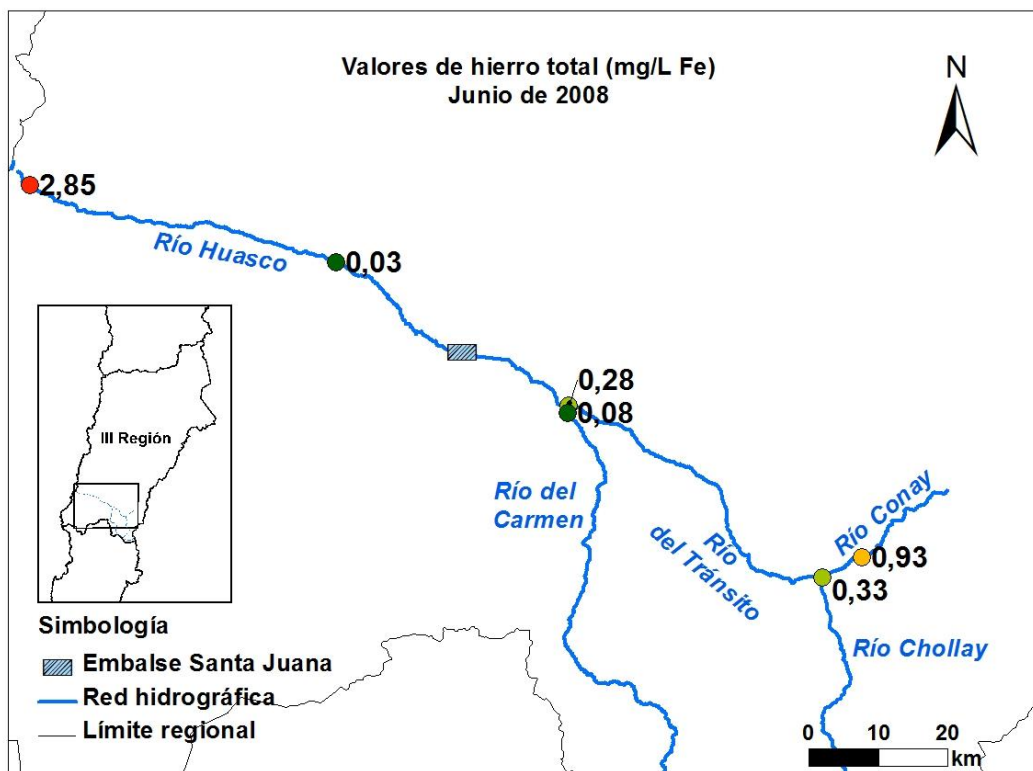


FIGURA 71. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

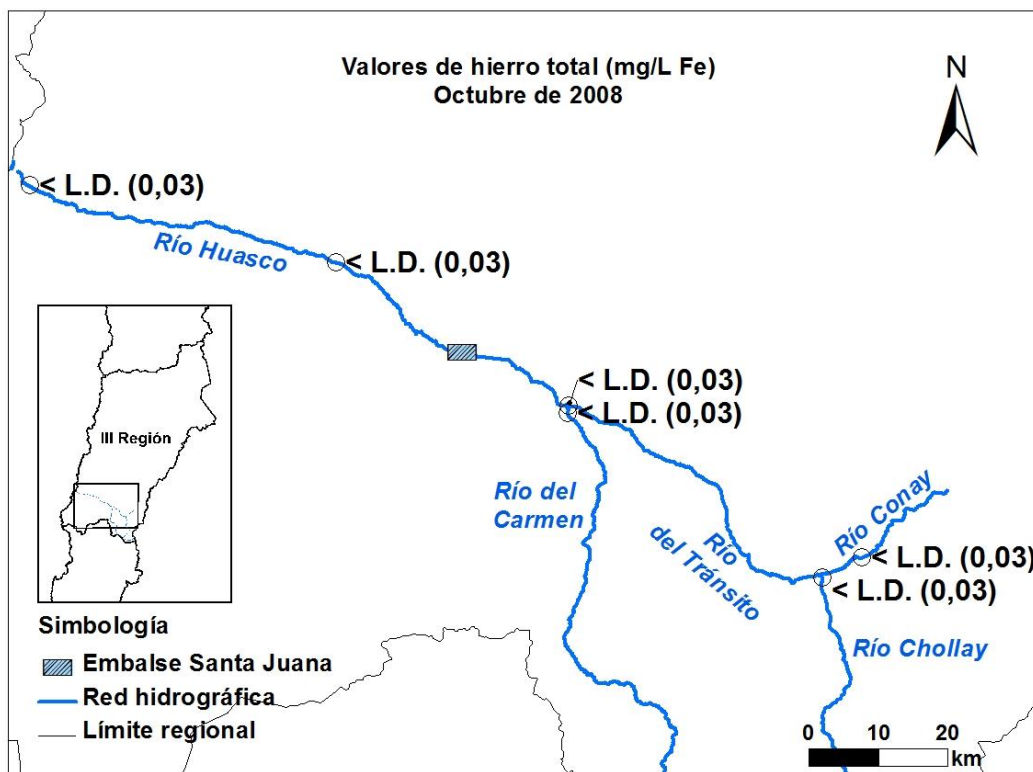


FIGURA 72. Concentraciones de Fe en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

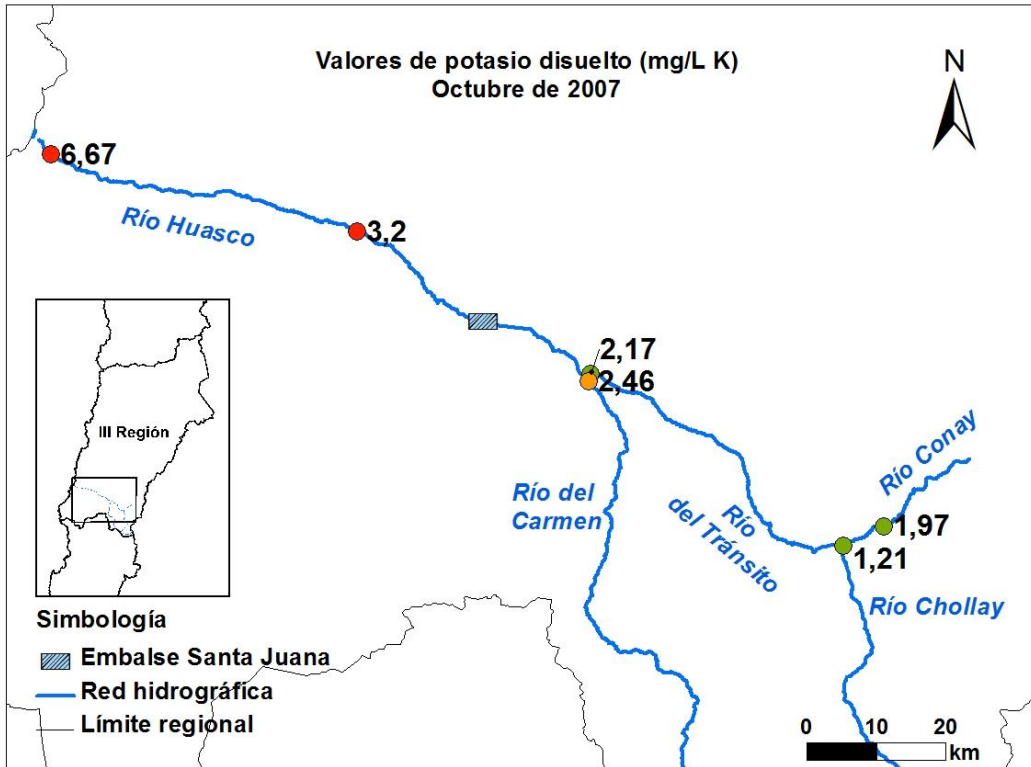


FIGURA 73. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

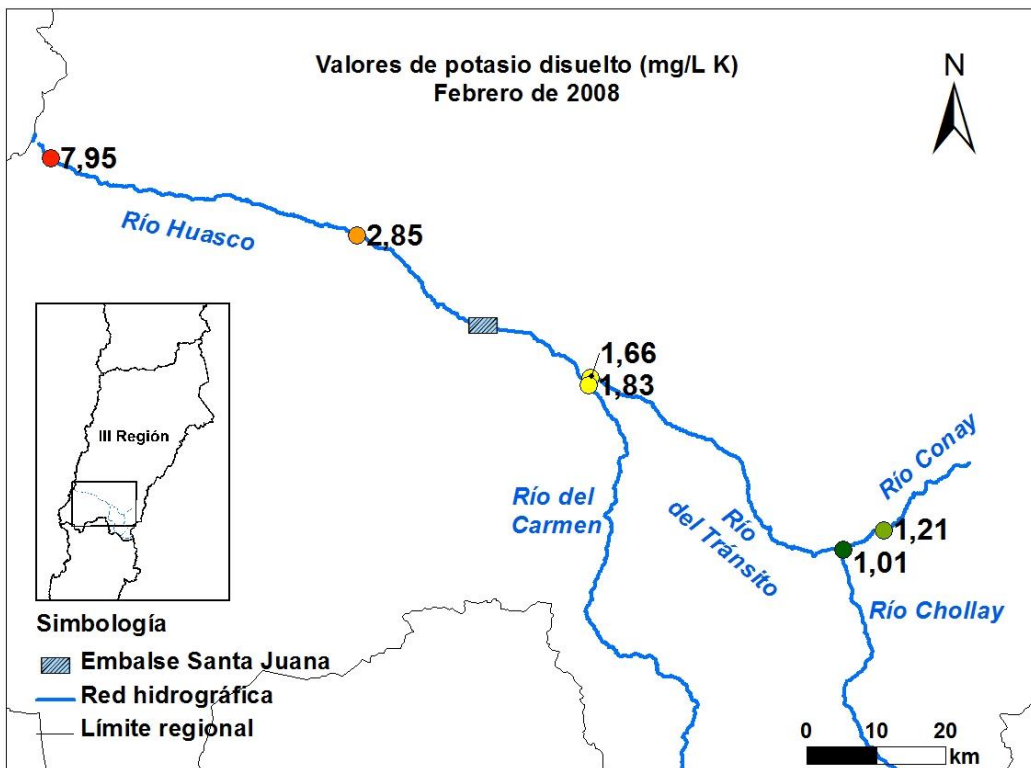


FIGURA 74. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

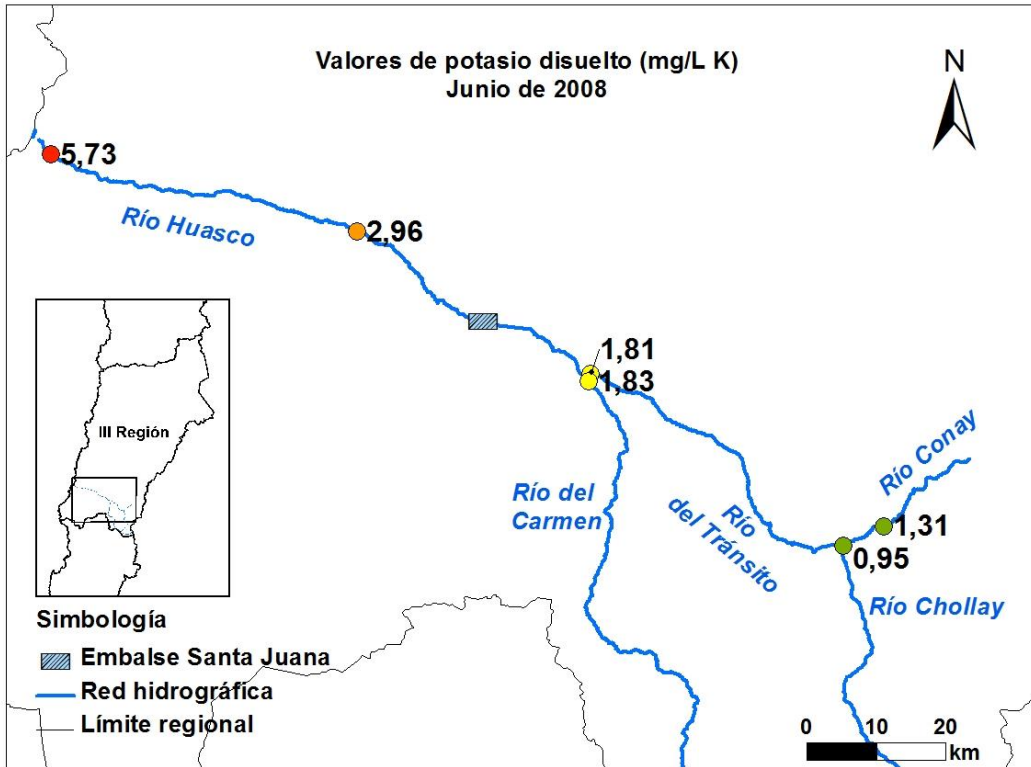


FIGURA 75. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

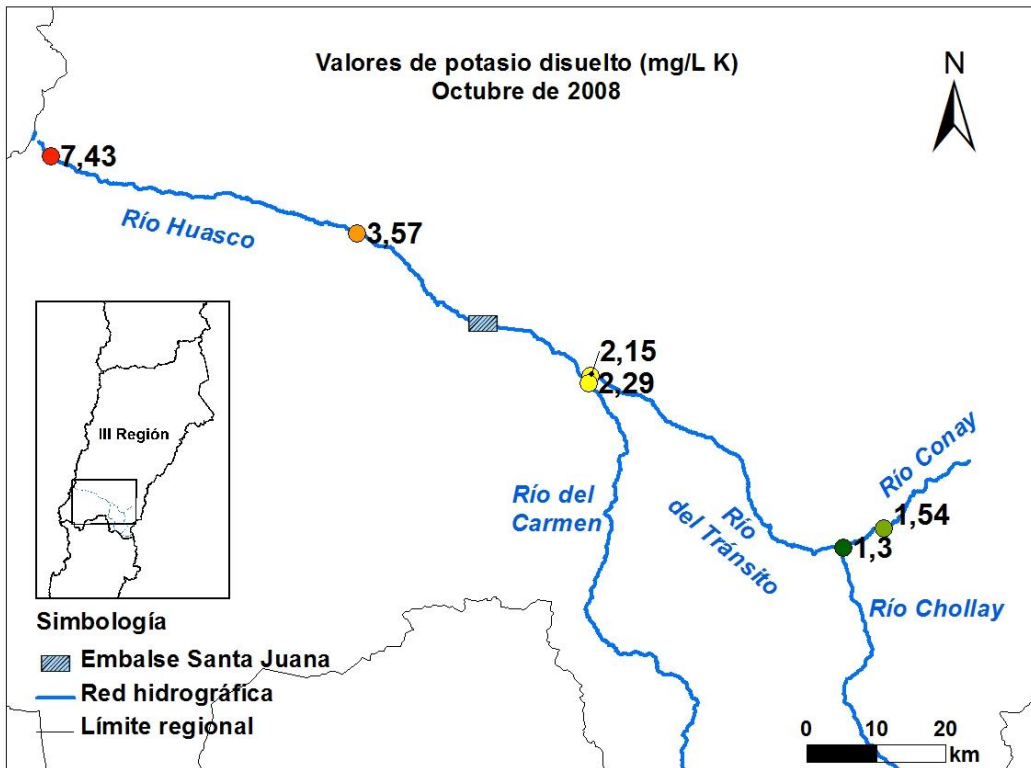


FIGURA 76. Concentraciones de K en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

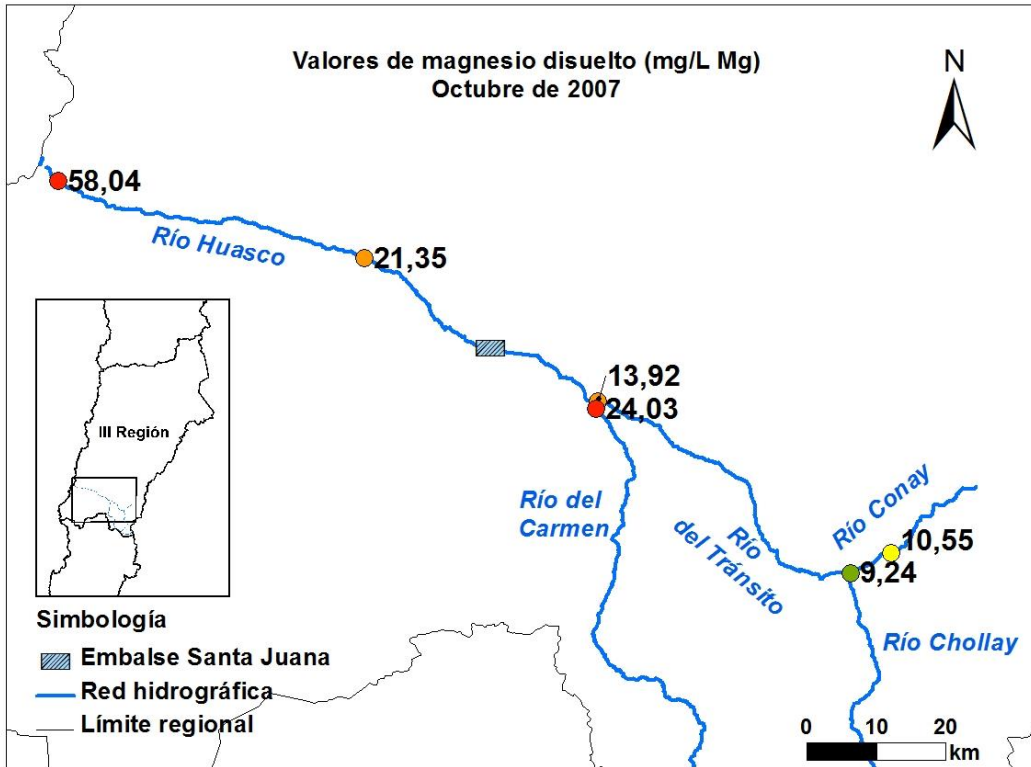


FIGURA 77. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

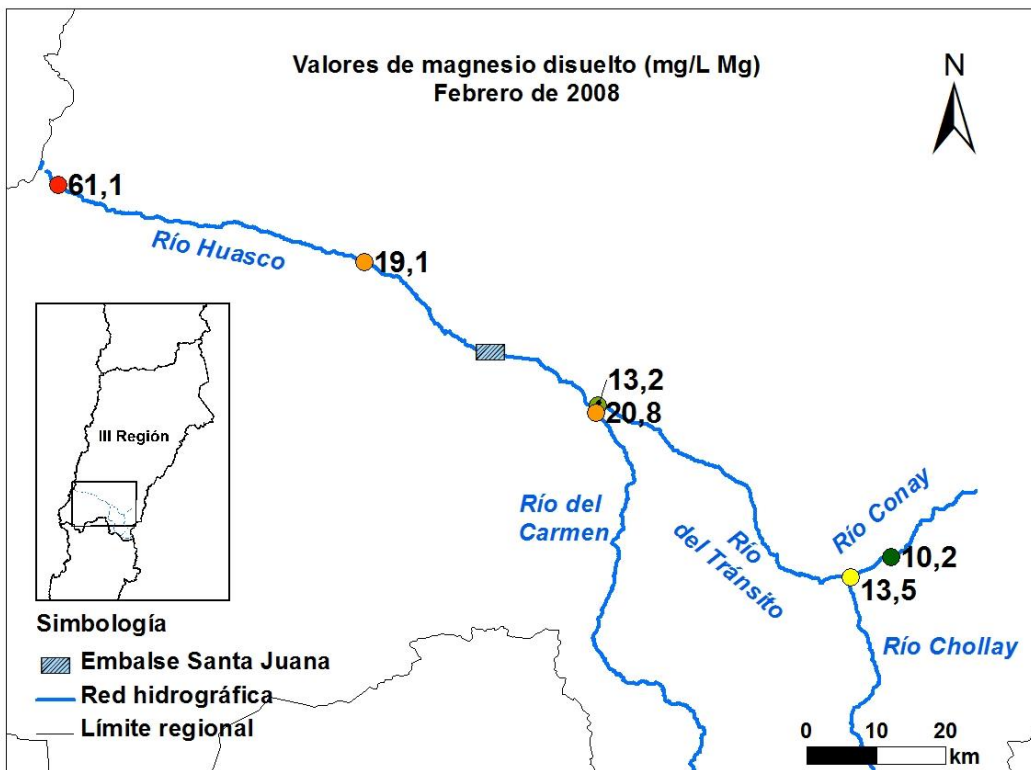


FIGURA 78. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

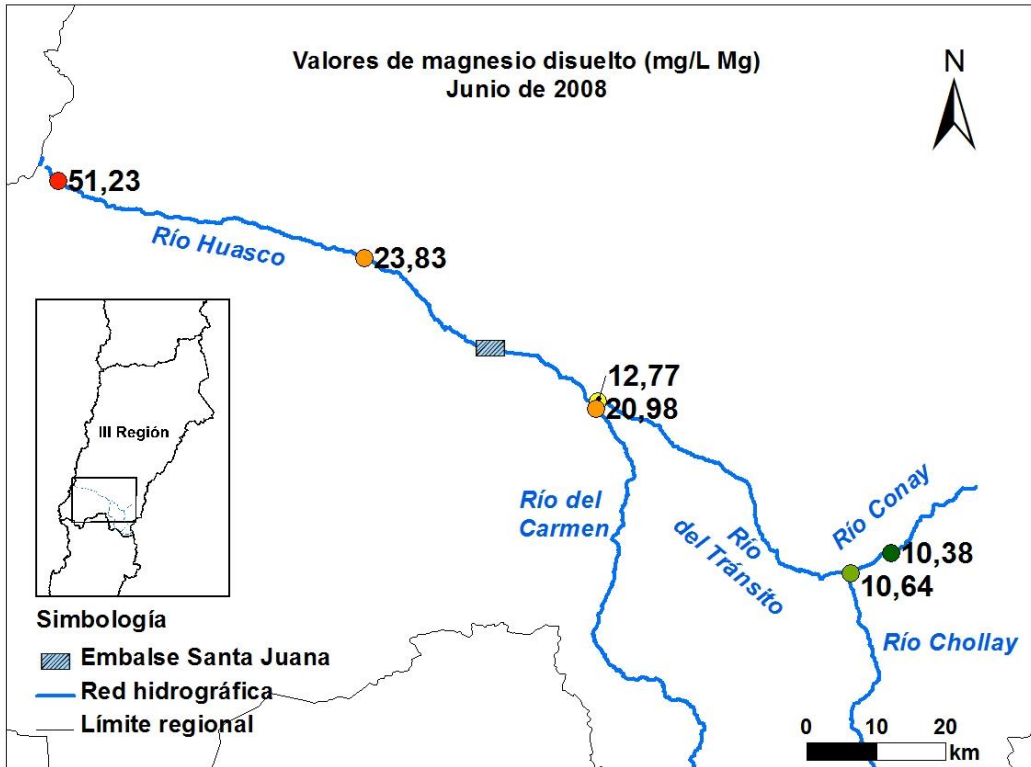


FIGURA 79. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

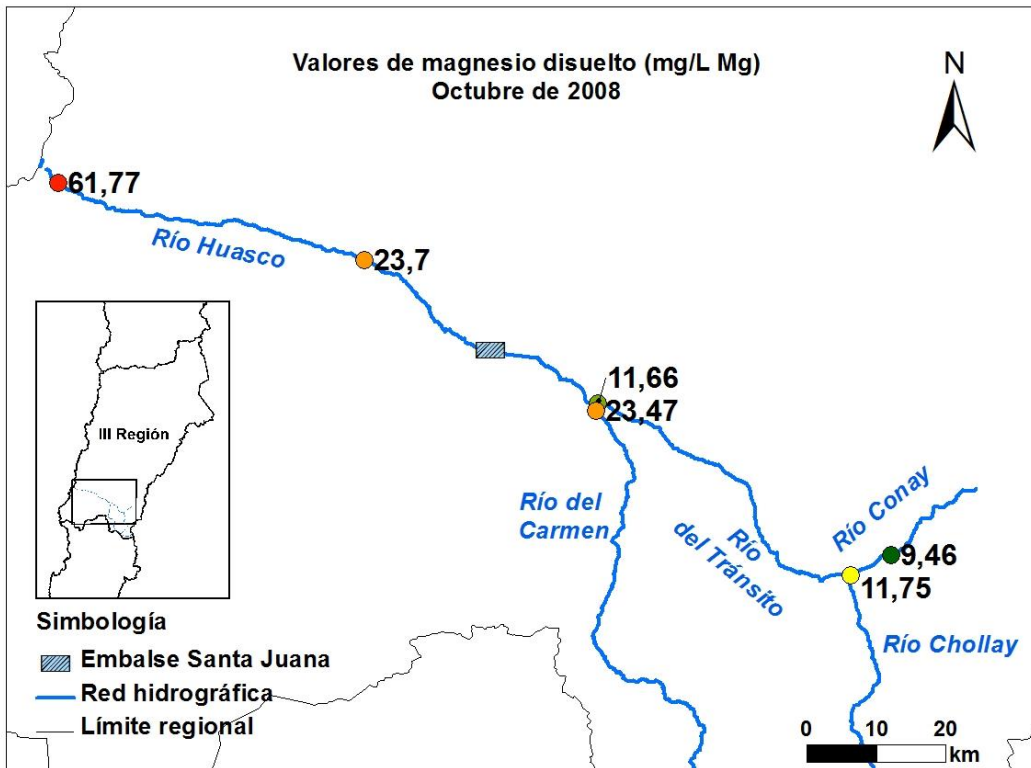


FIGURA 80. Concentraciones de Mg en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

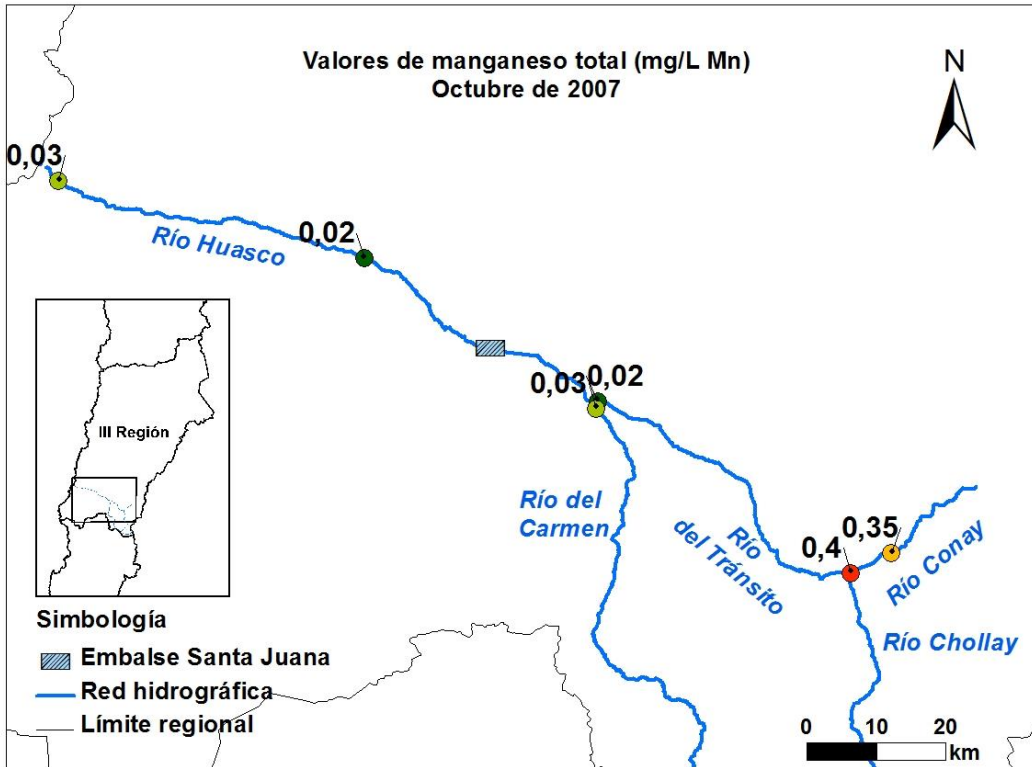


FIGURA 81. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

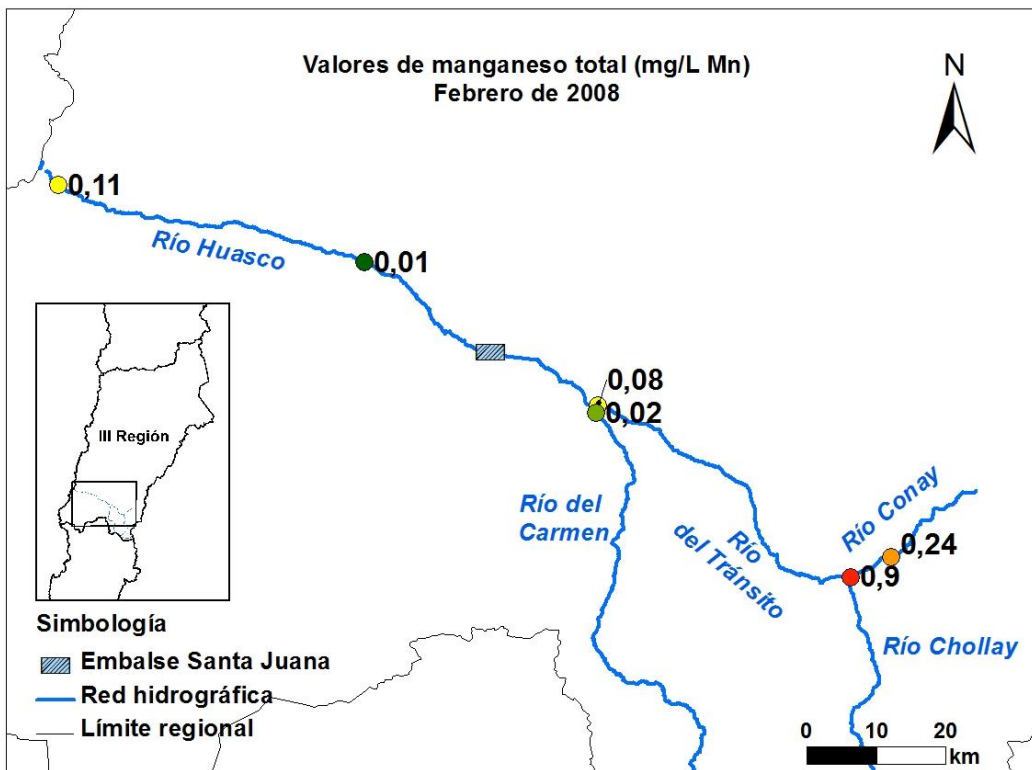


FIGURA 82. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

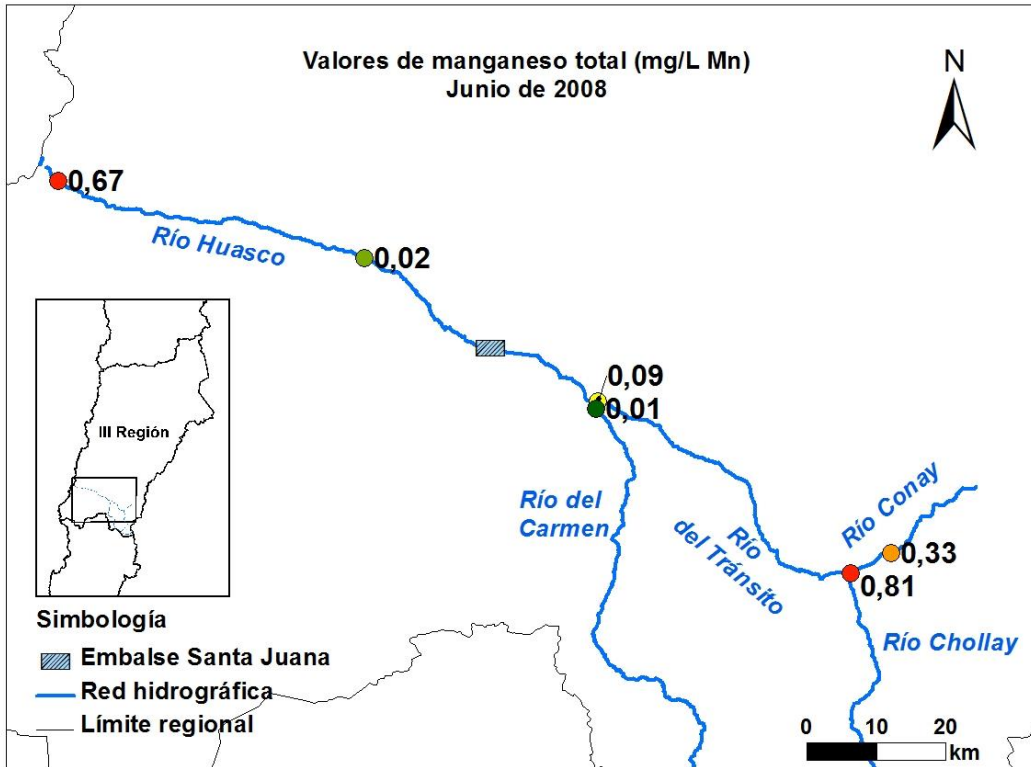


FIGURA 83. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

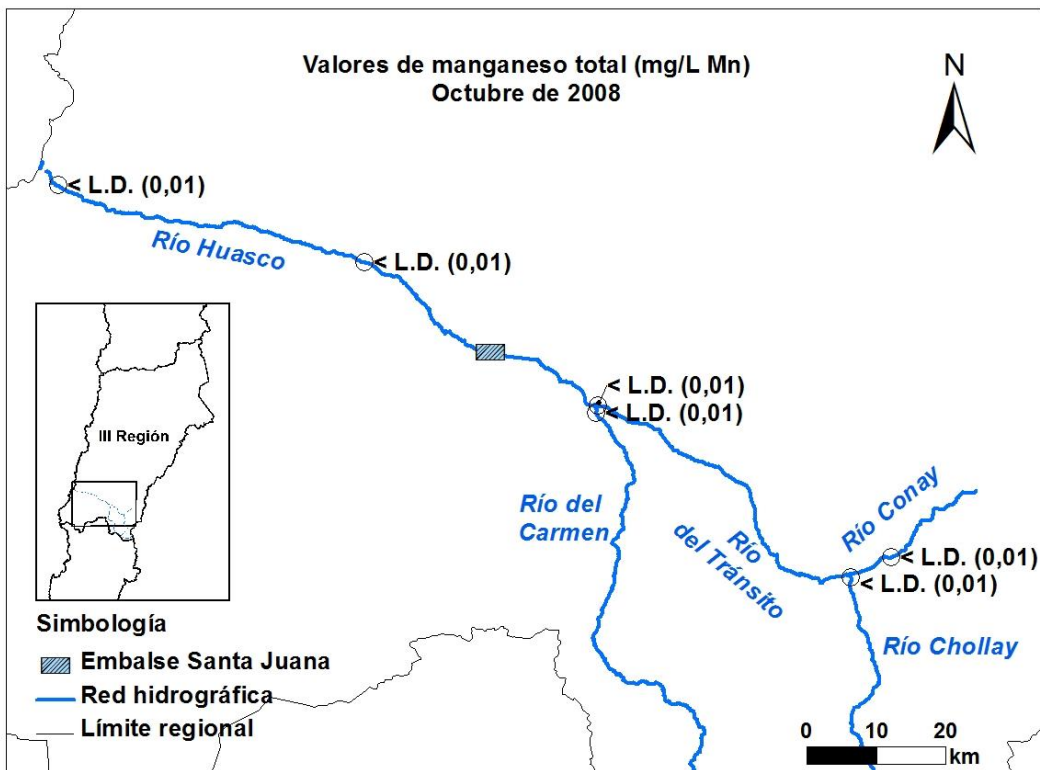


FIGURA 84. Concentraciones de Mn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

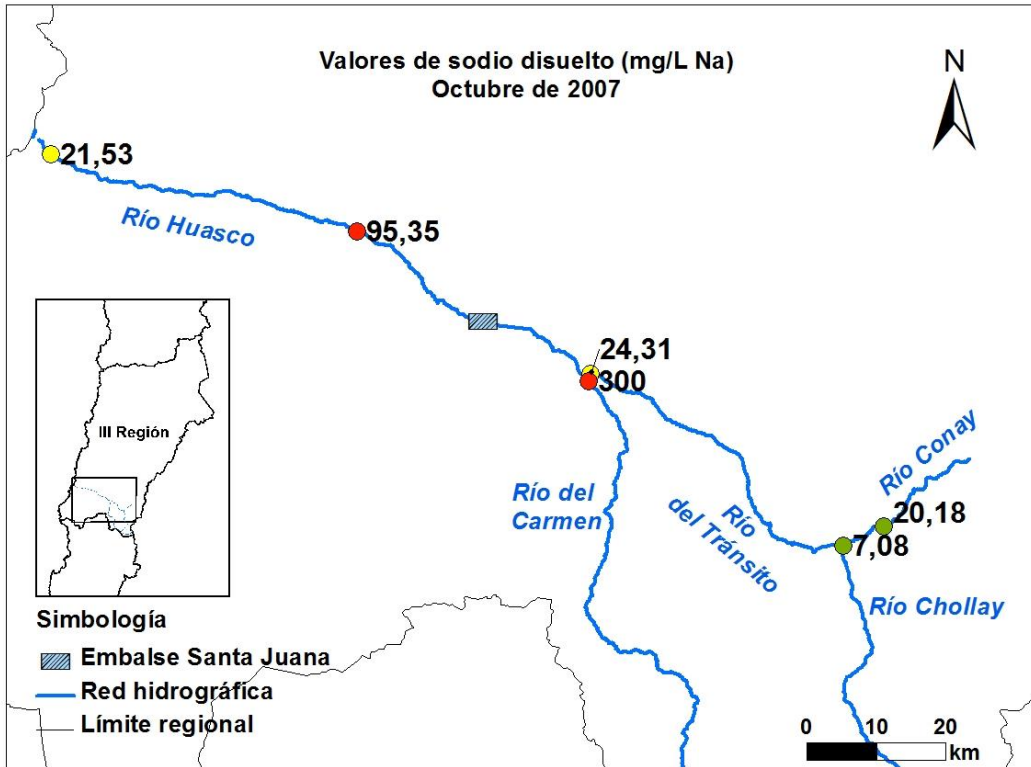


FIGURA 85. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

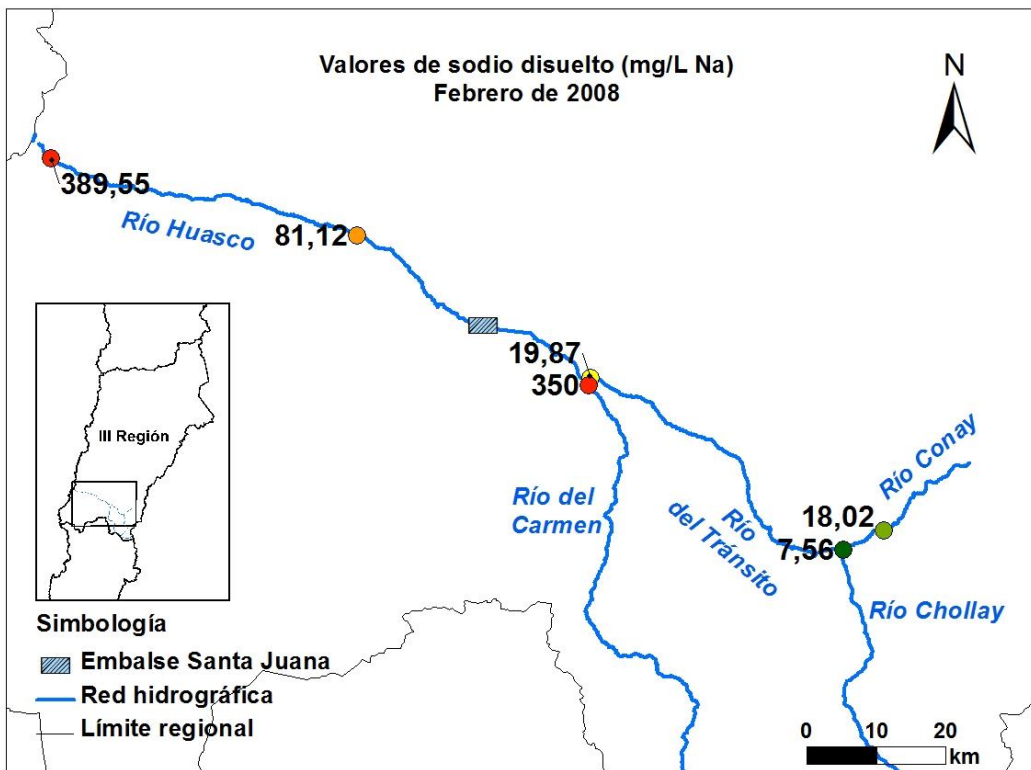


FIGURA 86. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

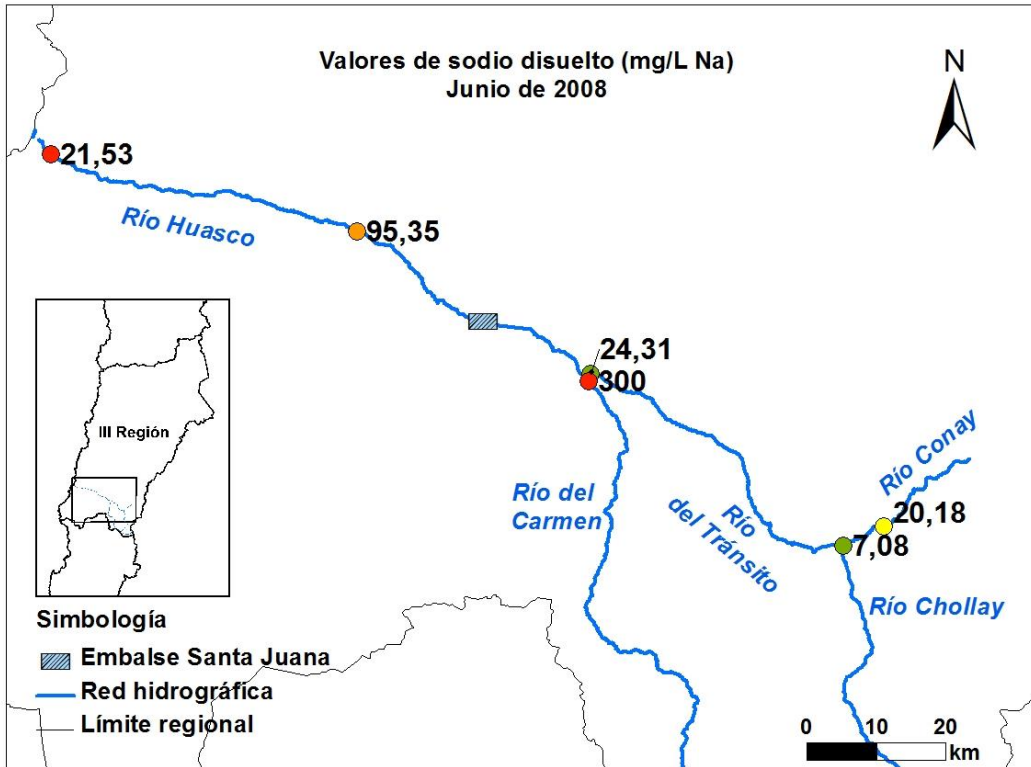


FIGURA 87. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

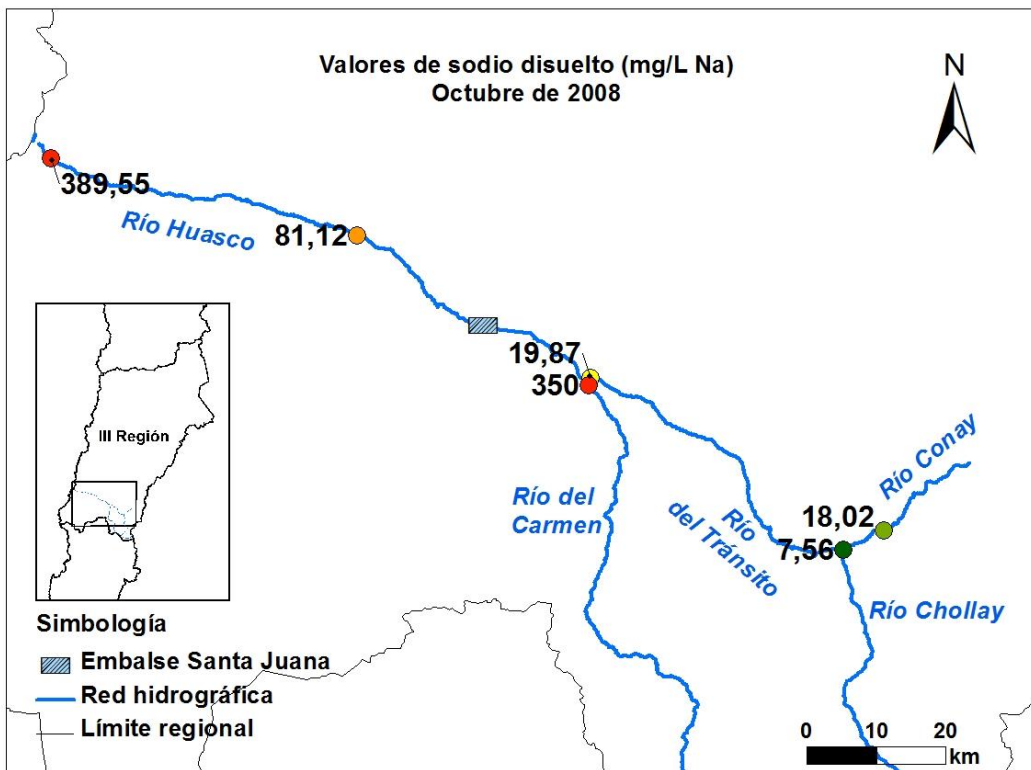


FIGURA 88. Concentraciones de Na en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

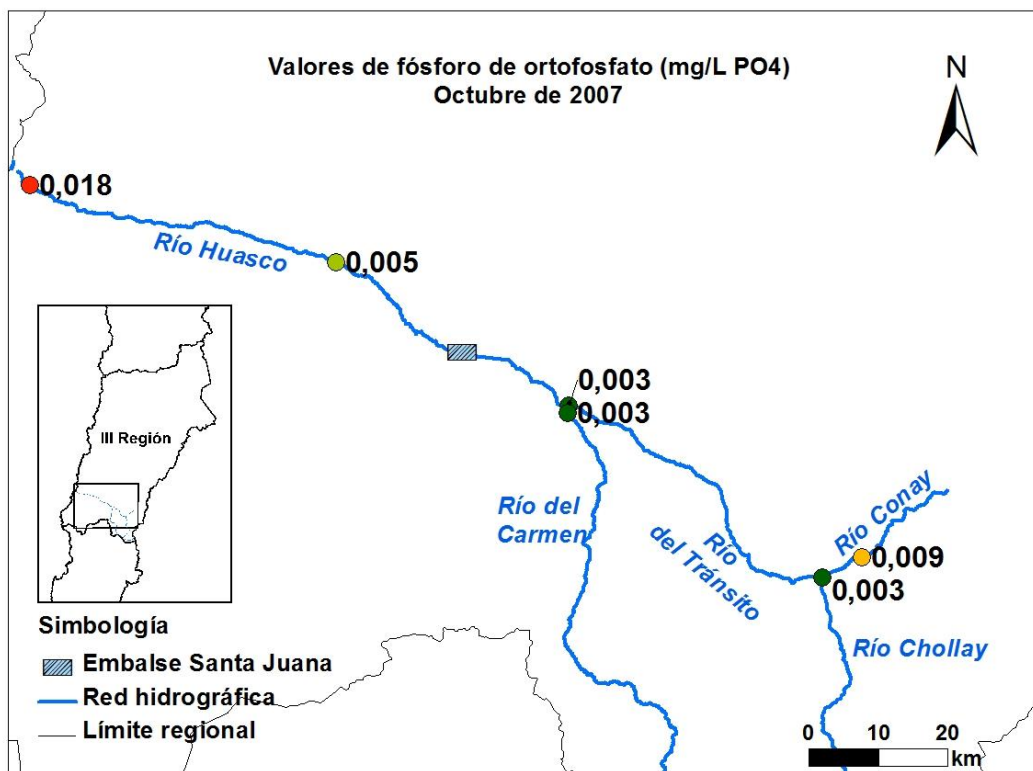


FIGURA 89. Concentraciones de PO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

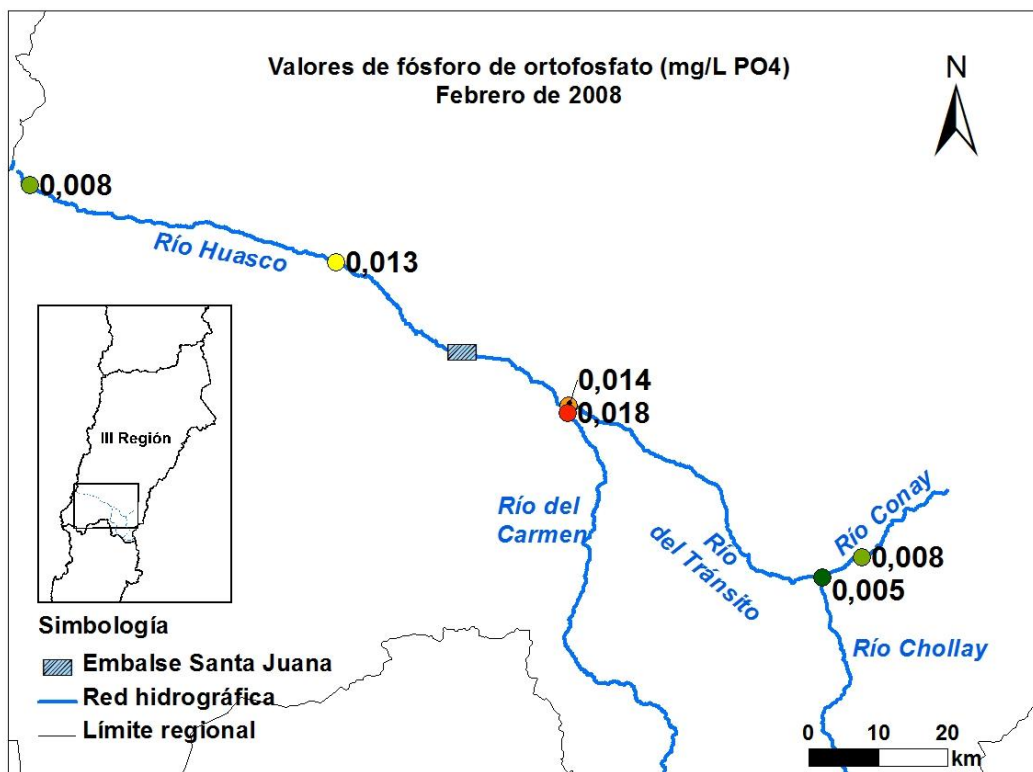


FIGURA 90. Concentraciones de PO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

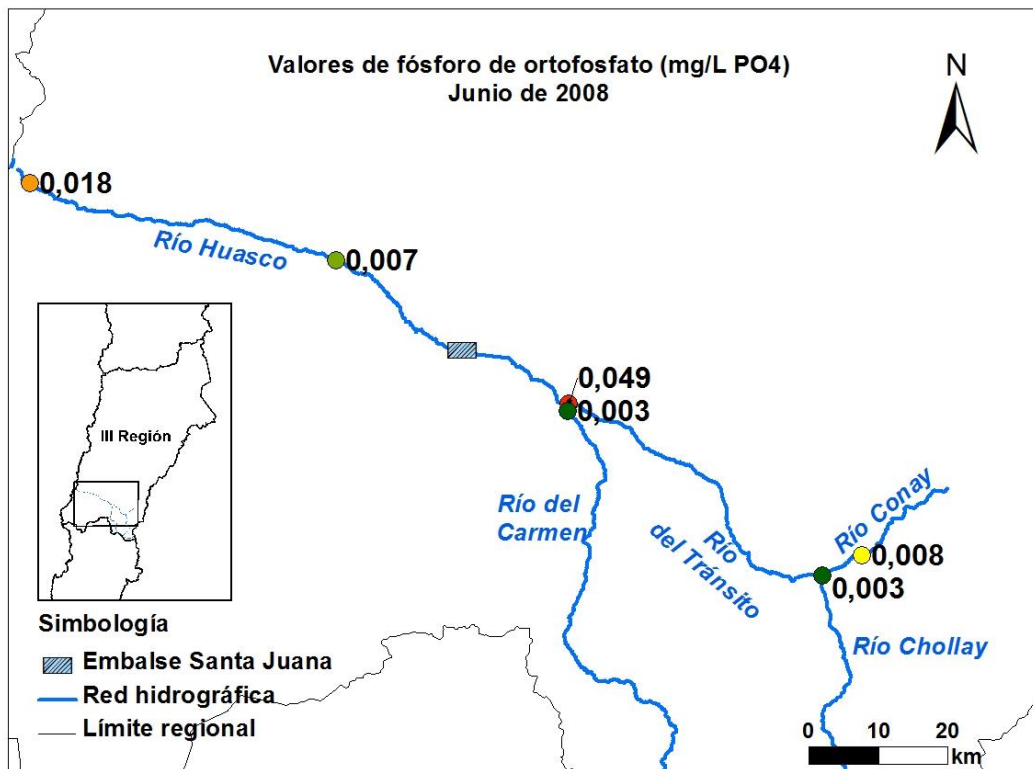


FIGURA 91. Concentraciones de PO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

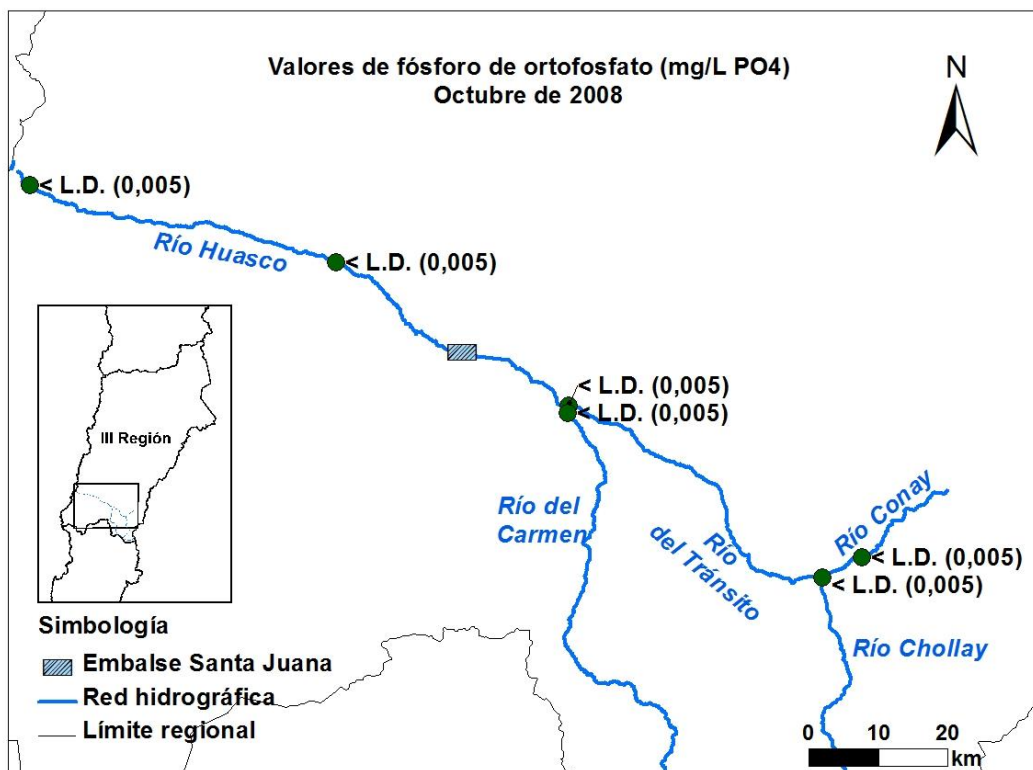


FIGURA 92. Concentraciones de PO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

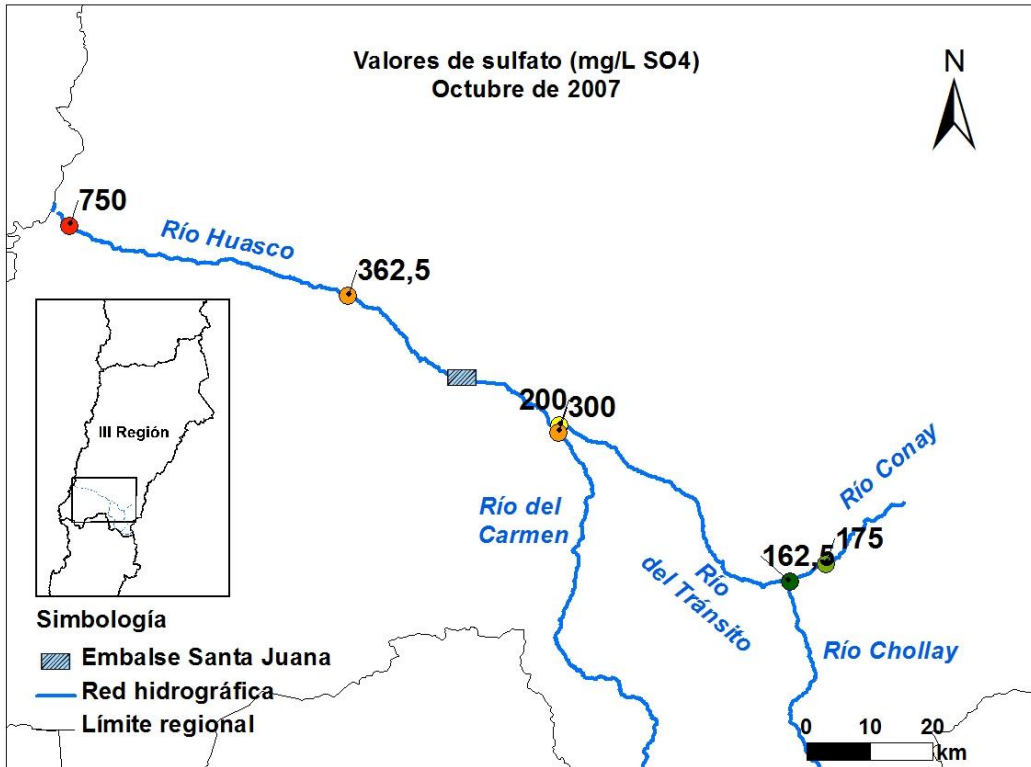


FIGURA 93. Concentraciones de SO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

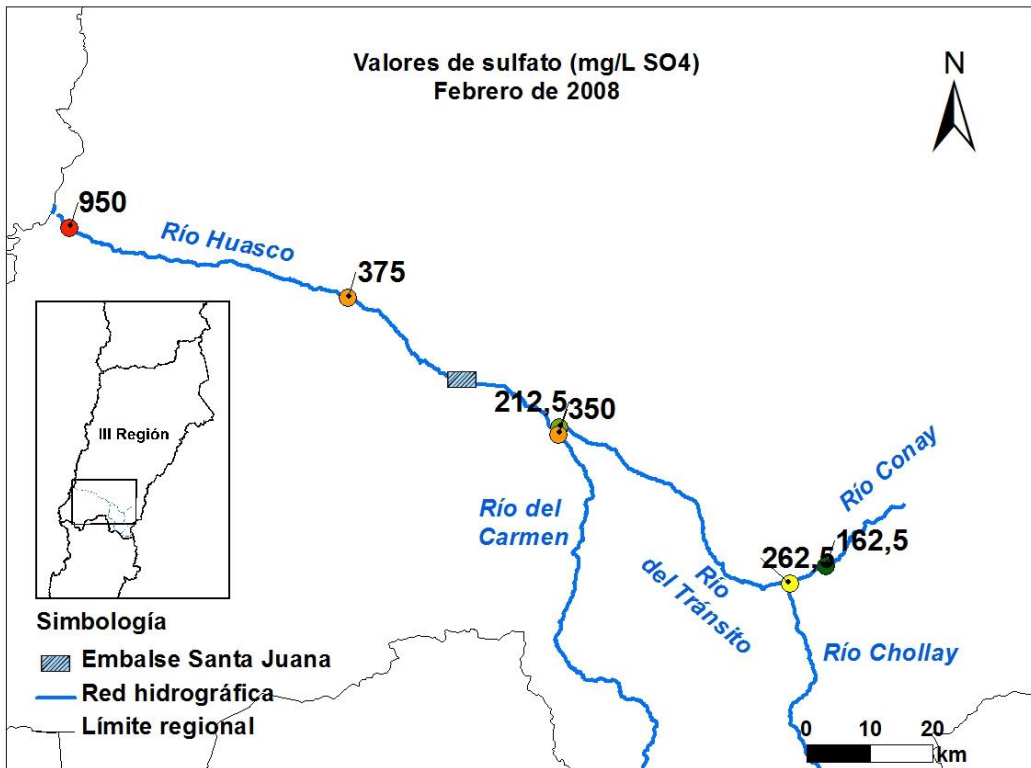


FIGURA 94. Concentraciones de SO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

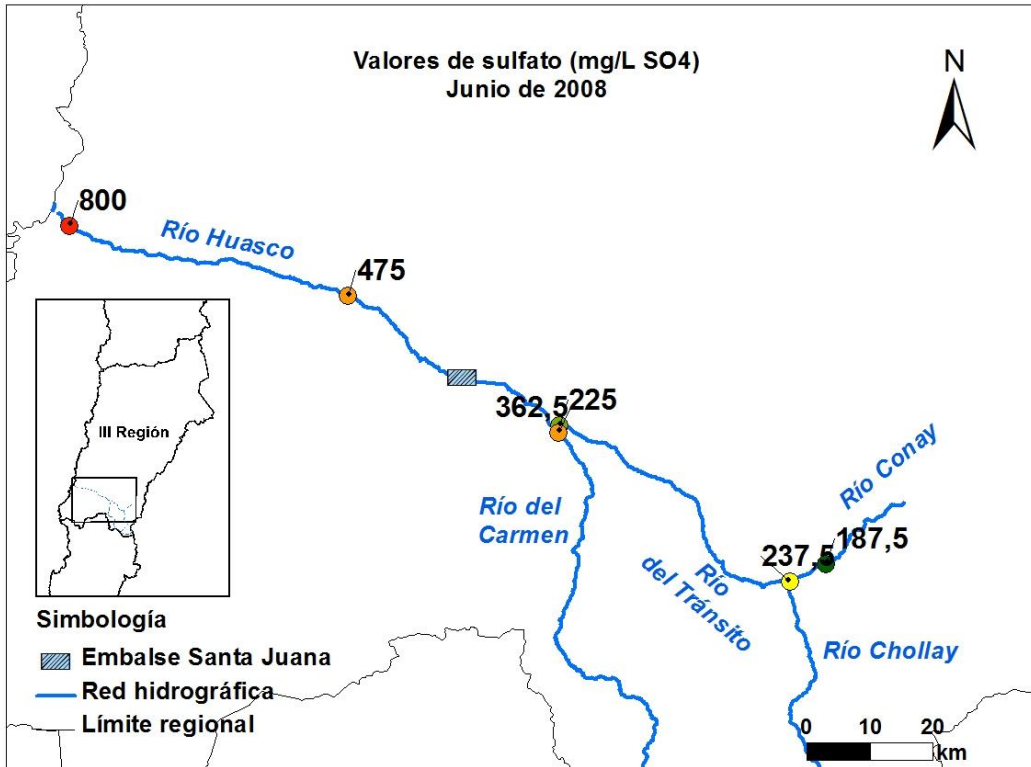


FIGURA 95. Concentraciones de SO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

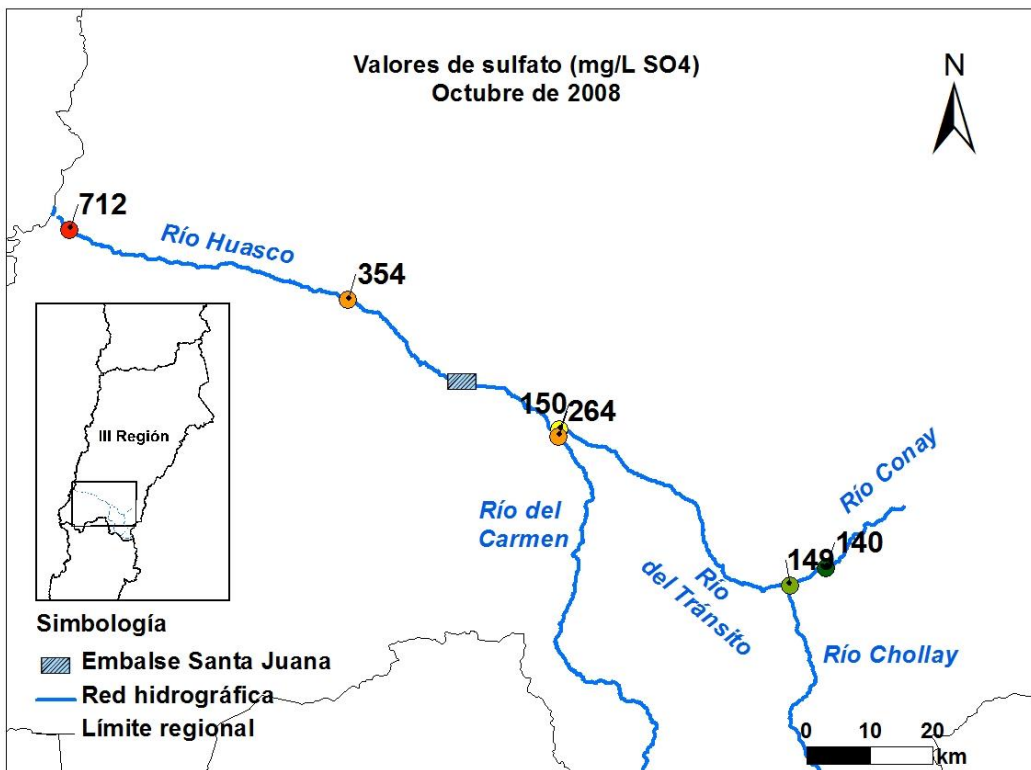


FIGURA 96. Concentraciones de SO₄ en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

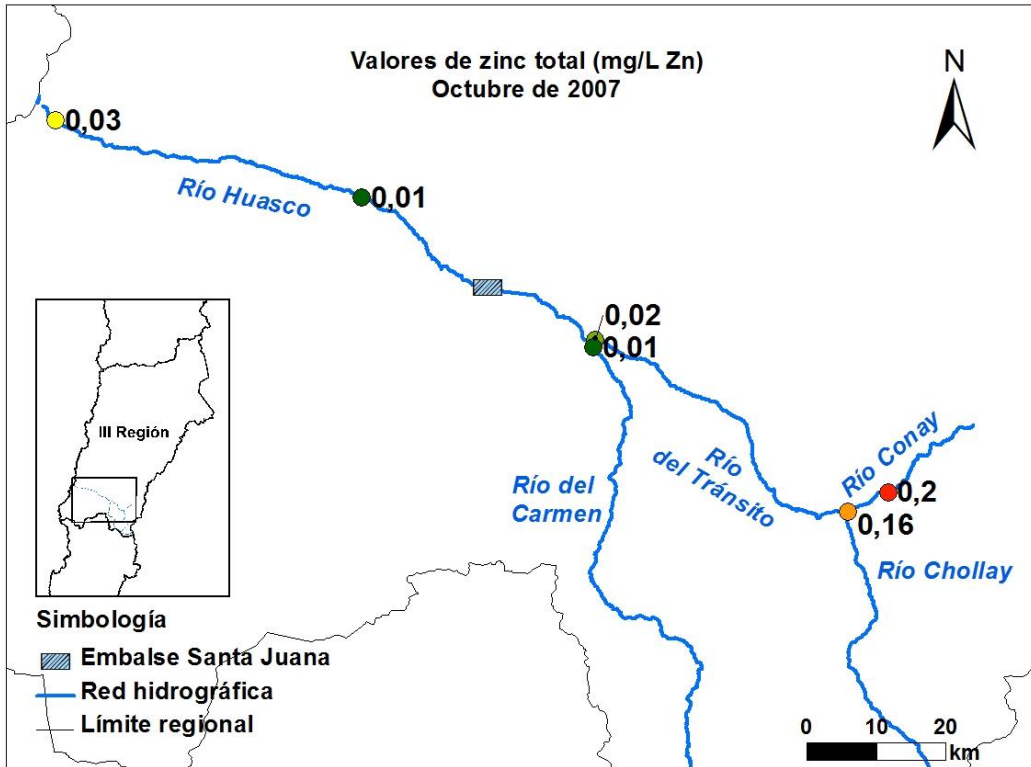


FIGURA 97. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2007).

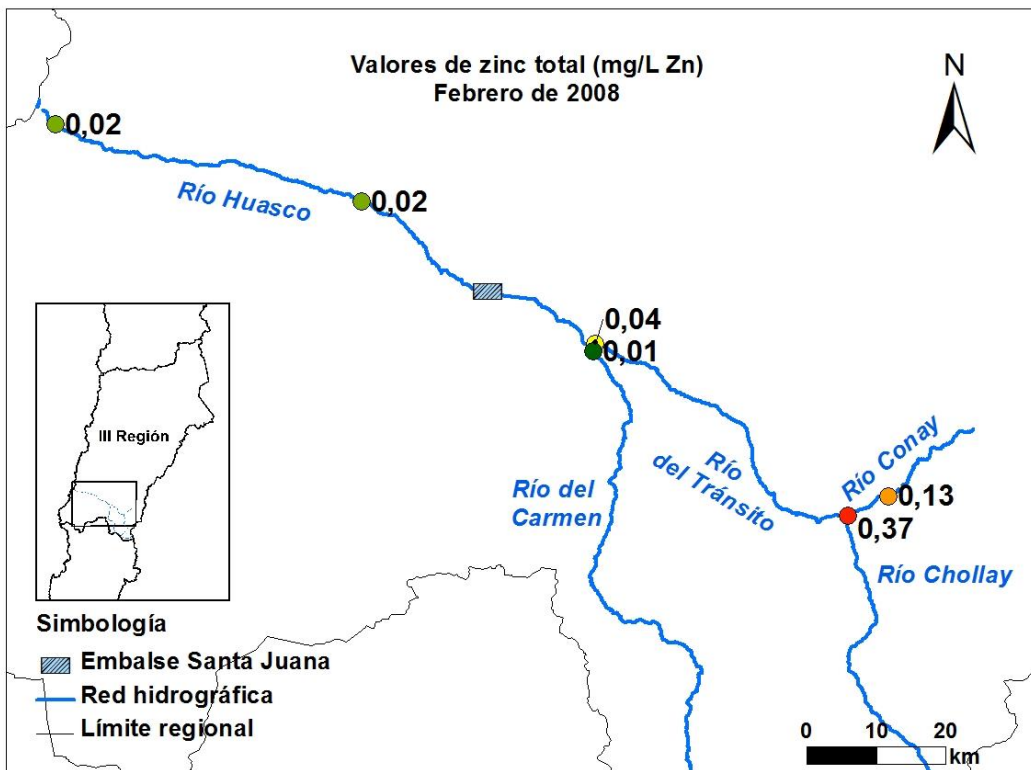


FIGURA 98. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008).

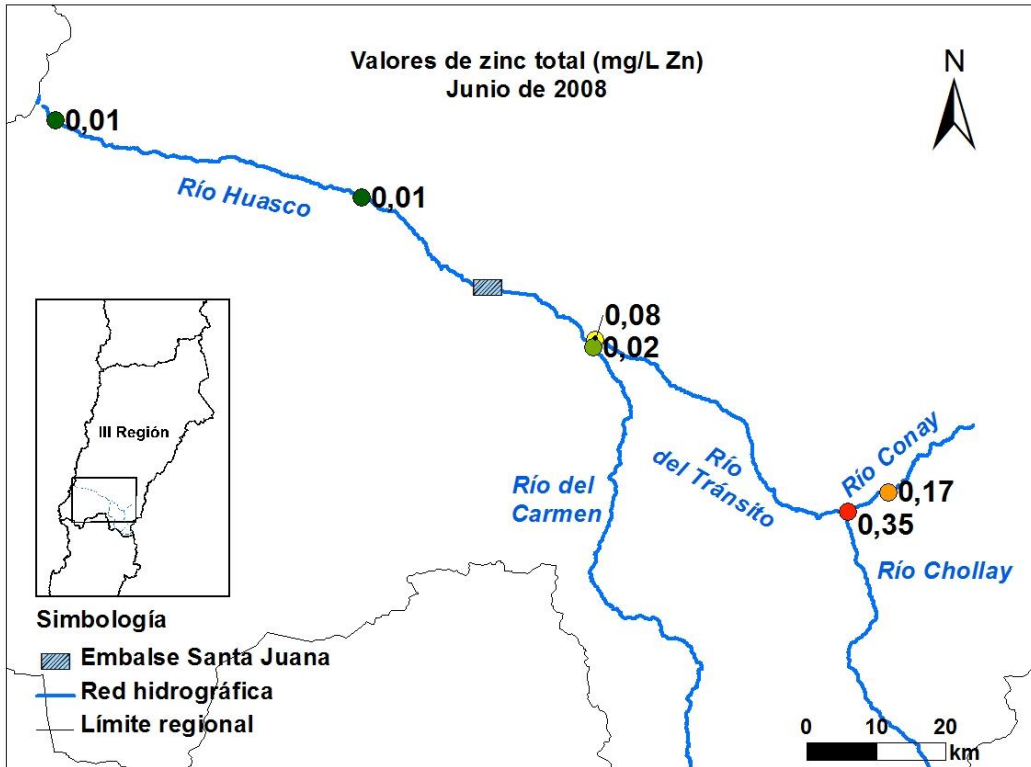


FIGURA 99. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008).

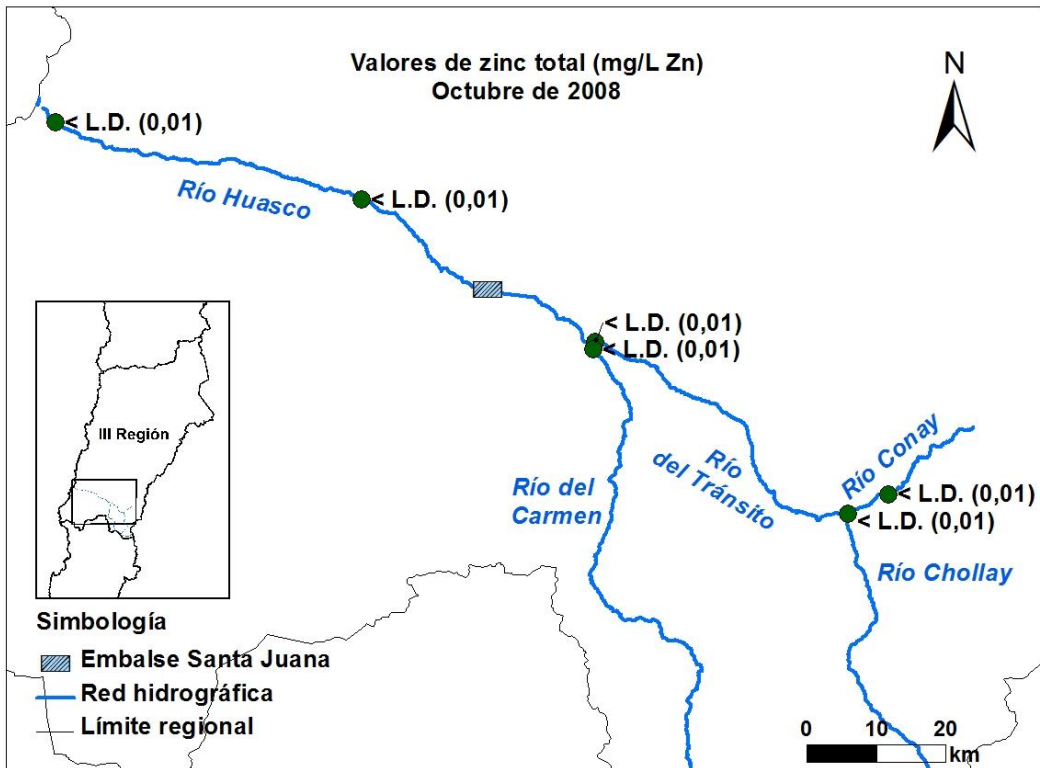


FIGURA 100. Concentraciones de Zn en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008).

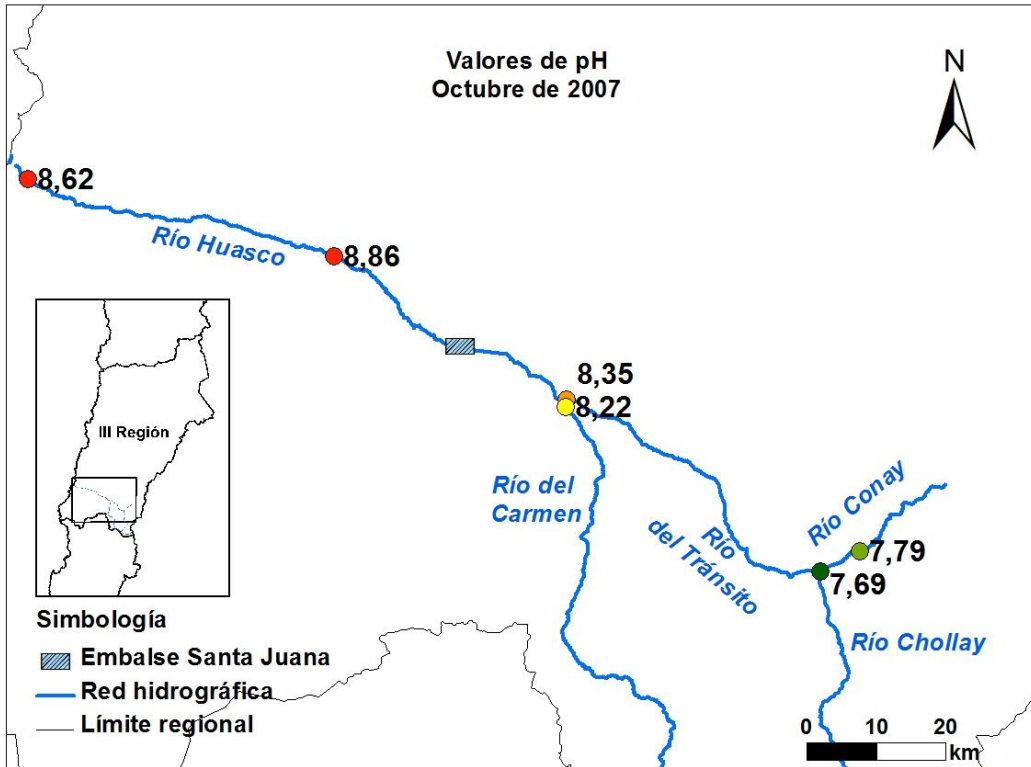


FIGURA 101. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct.2007).

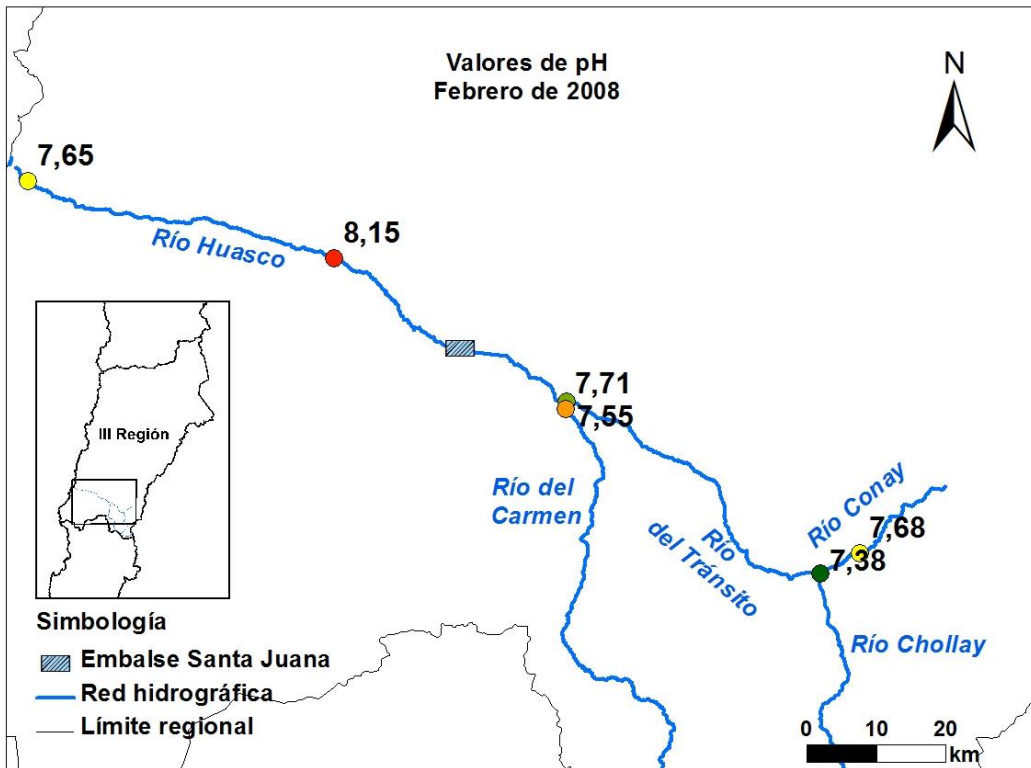


FIGURA 102. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (feb. 2008)

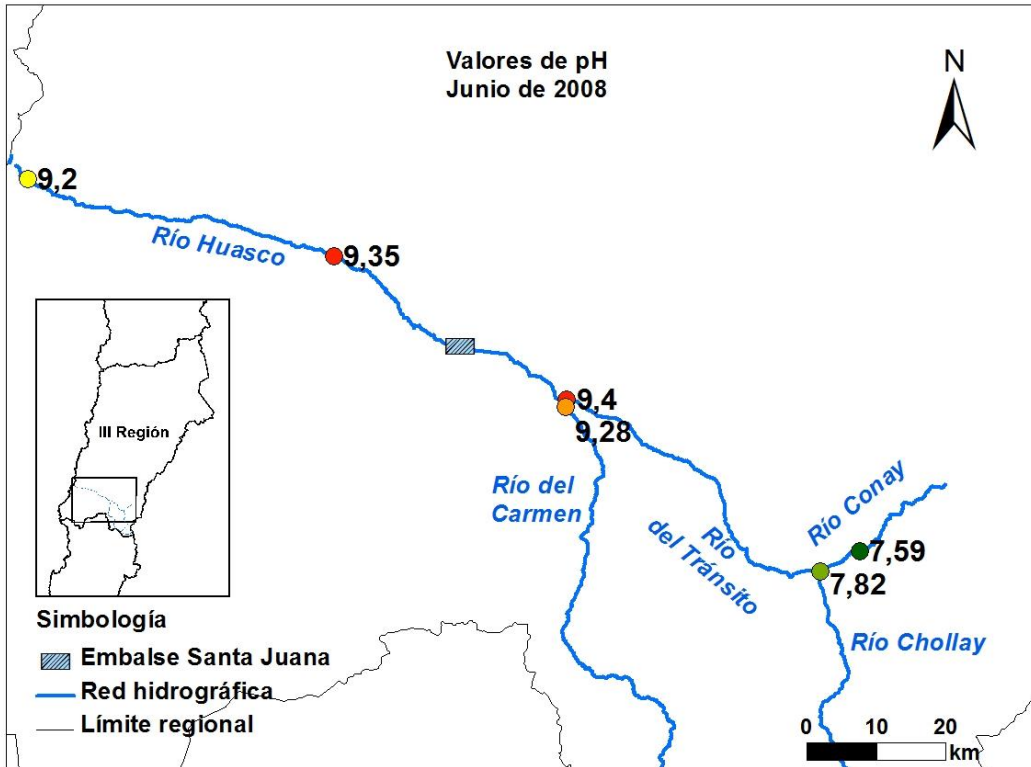


FIGURA 103. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (jun. 2008)

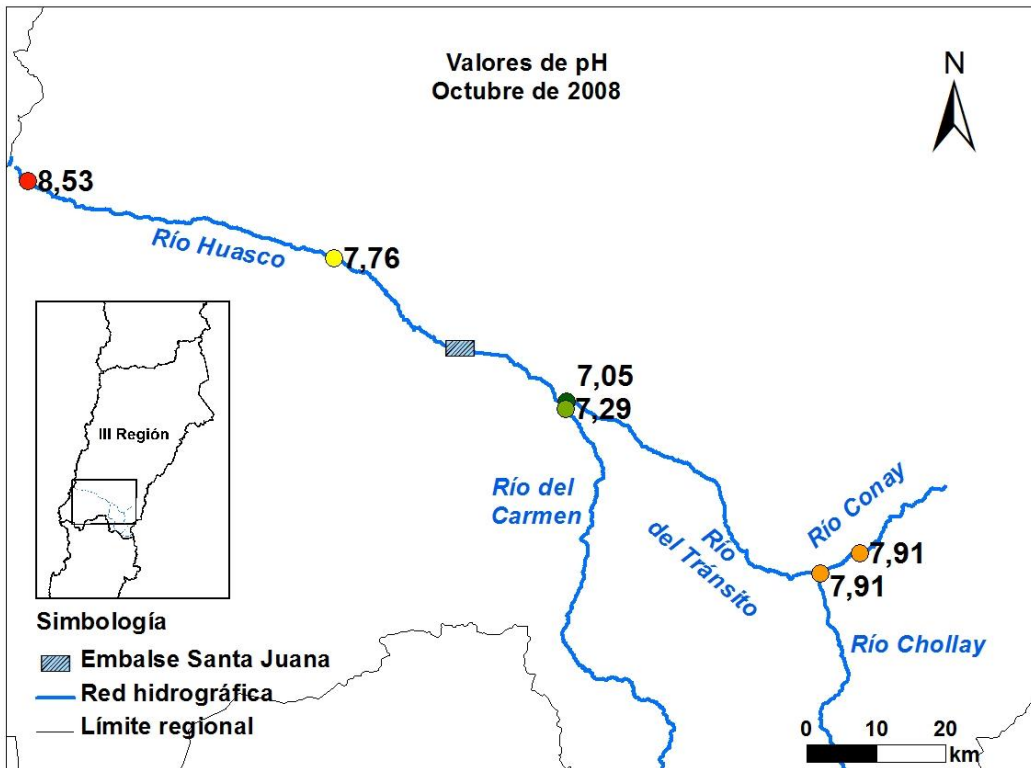


FIGURA 104. Valores de pH en muestras de agua de la cuenca del río Huasco (oct. 2008)

5. DISCUSIONES

5.1 Geoquímica de los sedimentos activos

5.1.1 Geoquímica global de la zona

En términos generales, en la parte alta de la cuenca (al este de la Junta del Carmen) los sedimentos presentan una concentración química elevada en SiO_2 y K_2O con respecto a la zona oeste de dicha Junta (enriquecida en factores 1.24 y 1.31, respectivamente). Por otro lado, el contenido de CaO , P_2O_5 y MnO presenta valores mayores al oeste de la Junta del Carmen (en factores 2.75, 1.95 y 1.65, respectivamente). Lo anterior, apoyado en el contexto geológico, permite definir dos franjas de rumbo norte – sur. Hacia la precordillera se tiene una franja de sedimentos con características de tendencia intrusiva predominantemente graníticas y, en seguida al oeste predominan sedimentos con geoquímica de rocas mesozoicas volcanosedimentarias y sedimentarias clásticas.

Las correlaciones negativas entre CaO versus SiO_2 y K_2O (coeficiente de Pearson de -0.9 y -0.7, respectivamente) responden no solo a los factores ya mencionados, sino también a la geoquímica de rocas ígneas y volcánicas, dado que las rocas ácidas suelen presentar más potasio que calcio en sus feldespatos. Lo mismo es cierto con respecto a los patrones del aluminio, el cual siendo más bien característico de las micas blancas, presenta valores elevados en zonas de basamento de composición ígnea.

Otros aspectos de los sedimentos activos son las correlaciones positivas altas entre Co y Fe_2O_3 (ver Tabla 7). Estos se pueden explicar por la afinidad geoquímica entre ambos, pues comparten el carácter ferromagnesiano. La afinidad entre V , TiO_2 y Fe_2O_3 se debe al carácter litófilo de los dos primeros, con una marcada tendencia siderófila.

En el caso de P_2O_5 y MnO , la correlación positiva alta puede deberse al tipo de roca fuente de los sedimentos. Tanto el fosfato como el manganeso son comunes en rocas calcáreas o sedimentarias marinas. Ambos presentan una concentración ligeramente mayor en la zona del río del Tránsito al oeste de la Junta Chollay, la cual tiene por basamento el Complejo Metamórfico del Tránsito, que corresponde a metabasitas y mármoles entre otros (en dicha zona, se desarrolla minería de mármol). Según Herrera et al. (2010), las estaciones de monitoreo de agua en dicha zona muestran un alza en la concentración del ion calcio e índices de saturación de calcita y dolomita del 0.46 y 0.38, respectivamente.

Por otro lado, se aprecian patrones descendentes desde los ríos Conay, del Tránsito y Huasco en las concentraciones de Ce y La (ver Anexo E), los cuales se han asociado a transiciones desde un basamento predominantemente intrusivo a uno predominantemente sedimentario (Zhang & Wang, 2001; Lacassie, 2009)

5.1.2 Geoquímica de la cuenca del río Huasco

Varias de las anomalías geoquímicas tienden a concentrarse en la desembocadura del río Huasco. Este fenómeno no es nuevo ni exclusivo del río de estudio, diversos autores han explicado esta tendencia de acuerdo a los siguientes factores:

- Las desembocaduras (zonas costeras) tienden a concentrar la actividad humana (urbanística – industrial) (Fitchko & Hutchinson, 1975).
- Una cantidad importante de contaminantes suspendidos tienden a depositarse en las desembocaduras (deltas o llanuras de inundación) debido al cambio en las condiciones por interacción de agua dulce-salada (Escobar, 2002).

Las marcadas anomalías puntuales sugieren la combinación de factores naturales (como la decantación propia de estuarios) y factores antrópicos posiblemente vinculados a las actividades industriales realizadas en Huasco.

A este respecto se observan en su desembocadura, anomalías de TiO_2 , V y Cr. Estos elementos se asocian a minerales pesados como magnetita, hematita ilmenita y rutilo y pueden formar parte de la composición de los relaves de Planta de Pellets.

5.1.3 Geoquímica de la subcuenca del río del Carmen y río Potrerillos

En la zona en la que el curso del río del Carmen tiene un rumbo este – oeste (La Puntilla) se reconocen valores más elevados de Ti_2O , Fe_2O_3 , MnO, Ag, Co, Cr, Pb, V, Y, Zn y Zr que en el resto de dichos ríos, ya sea aguas arriba o aguas abajo. En este sector, que corresponde al contacto entre Formación Cerrillo y Estratos del Verraco, se han identificado zonas extensas de alteración hidrotermal, además, de la predominancia de control estructural (nótese en Fig. 8 la relación entre el curso del río y una falla inversa). A pesar de lo anterior, los valores de arsénico en dicha zona no superan los 20 ppm correspondientes al límite de detección.

El patrón descendente en las concentraciones de Na_2O y K_2O (ver Anexo E) es semejante al que presenta río del Tránsito aguas abajo y, cómo se ha explicado, responde a la transición desde la franja predominantemente intrusiva (rica en SiO_2) a la franja predominantemente calcárea.

Al observar la concentración geoquímica de los sedimentos fluviales, se puede observar que los sedimentos de la zona más oriental del río Potrerillos presentan una geoquímica similar a la de los sedimentos activos del río de las Tres Quebradas.

5.1.4 Geoquímica de las subcuencas del río Chollay y Estrecho

Tanto el río Chollay como el río Estrecho se encuentran encajonados en la misma formación (Fm. Chollay) y corresponden a un mismo curso de agua. Lo anterior

explica la similitud geoquímica en cuanto a los elementos mayores y algunos trazas. No obstante, presentan diferencias significativas en cuanto a la concentración de As, Ba, Ce, Hg, Pb y Sb, todos los cuales se encuentran más enriquecidos en los sedimentos del río Estrecho. Todos ellos presentan en sus concentraciones un patrón descendente aguas abajo (ver Anexo E). Las anomalías positivas de As, Ba, Ce, Hg y Pb concentradas en el río Estrecho coincide con la presencia de diques, que si bien están registrados en Nasi et al. (1986), no se han descrito en la literatura (aunque se han reconocido en la Unidad Chollay diques félsicos (Martin, 1999) y máficos (Bissig, 2001)).

5.1.5 Análisis de componentes principales

Los resultados de componentes principales permiten agrupar las 23 variables que fueron consideradas en los componentes que se muestran en Tabla 9.

TABLA 10. Agrupación según componentes principales.

	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
Positivos ($\geq 0,3$)	TiO ₂	Ca	MnO	Na ₂ O	Ba	P ₂ O ₅	Cr
	Fe ₂ O ₃		P ₂ O ₅			Co	Cu
	MgO		Ba			Hg	Hg
	V						
	Y						
	Zr						
Negativos ($\leq -0,3$)	SiO ₂		Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Cr	La
	Al ₂ O ₃		MnO	MnO	Ni	Ni	
	K ₂ O		Co				
	Ce		Cu				
			Zn				

Dado que se tenía una cantidad de variables elevada para el número de muestras, el número de elementos por componente es bajo, por lo que el análisis de componentes sólo permite confirmar los análisis previos más que añadir información adicional.

Destacan el componente ferromagnesiano en oposición al componente sedimentario y al componente rico en SiO₂, Al₂O₃ y K₂O. El primer componente presenta elementos o óxidos asociados a minerales como la magnetita, hematita o ilmenita (Ti, Fe, Cr).

Se destaca que el CaO presenta un comportamiento independiente, de hecho sus coeficiente de Pearson no indican correlación alguna con otros elementos. Esto puede deberse a su mayor movilidad y competitividad con otros cationes.

5.2 Comparación con normas internacionales

Como se puede observar en Fig. 41 a 48, la mayoría de los valores de concentración de los metales pesados se encuentran bajo las normas de la EPA, no obstante, el níquel, el zinc y el cobre exceden el parámetro PEC en un 78%, 32% y 11%, respectivamente.

La concentración del **níquel** es alta comparado con su concentración en cuencas chilenas como las de río Vito y San José de Azapa (Espinoza, 2013), las de río Limarí (Astudillo, 2011) o diversas cuencas de Tarapacá (Barrera, 2013), en ninguno de cuales el Ni se excede el parámetro PEC. En el caso de este estudio, los valores de Ni exceden el parámetro PEC prácticamente a lo largo de toda la cuenca, exceptuando un corto tramo del río Huasco previo a su desembocadura. En promedio global se estima un valor de níquel de 35-40 ppm y la cuenca del río Huasco presenta un promedio de 60 ppm, aunque el 90% de las muestras tiene concentraciones menores a los 90 ppm.

La contaminación por níquel se ha asociado con múltiples actividades humanas como minería, emisión de fundiciones, quema de combustibles, aguas residuales y, especialmente, el uso de fertilizantes y pesticidas (Gimeno-García, 1996). No obstante, sus patrones no se correlacionan con otros elementos comunes en fertilizantes (como los fosfatos), por lo que es posible que, de haber contaminación antrópica, esta esté subordinada a patrones naturales de este elemento. Los efectos del níquel en la salud humana por absorción o consumo de plantas son limitado (Iyaka, 2011) aunque no se debe subestimar una exposición prolongada.

La contaminación por **zinc** (valores sobre PEC) se concentra en el río del Carmen, del Tránsito, Chollay y Estrecho. Todos estos presentan encajonamiento en rocas intrusivas asociadas a la mineralización (en especial, la Fm. Pastos Blancos). Por otro lado, todas las zonas con concentraciones menores de Zn (bajo 300 ppm) se encuentran sobre las unidades sedimentarias marinas y clásticas-volcánicas (Fm. Cerrillos y Grupo Chañarillo en río Huasco; y Fm. Algarrobal y Fm. Lautaro en los ríos de las Tres Quebradas y Potrerillos), por lo que el control geológico parece ser determinante.

Por otro lado, todas las muestras de **arsénico** que están sobre el límite de detección presentan valores sobre los permitidos por las normas internacionales. De las 21 muestras que arrojaron valores de arsénico, 19 de ellas presentan concentraciones superiores al parámetro PEC, y todas ellas se ubican en el río Estrecho. Es el único caso de los metales pesados analizados, en que la contaminación está concentrada en un área pequeña pareciendo indicar una fuente puntual. Como se observa en Fig. 3, la zona en cuestión está vinculada a la actividad minera del proyecto Pascua – Lama, y se extiende por 23 km aguas abajo desde la ubicación física del campamento (que incluye piscinas de pulido y de lodo), por lo que parece irresistible vincular la contaminación a la actividad minera. No obstante, la toma de muestras de sedimentos activos precede la construcción de las fases avanzadas del Campamento Barriales, por lo que más bien constituyen una base para estudiar los efectos que tendrá la minería en los sedimentos. Cabe destacar que parte de la principal mineralización de Au-Ag-Cu ocurre como pirita y enargita (Chouinard, 2003), siendo el arsénico un subproducto de este último mineral.

Los valores de arsénico en el río Estrecho presentan un valor promedio de 151 ppm, en cambio en el resto de la cuenca más del 90% de los valores se encuentra con concentraciones menores al límite de detección (20 ppm). Todos estos casos se presentan exclusivamente sobre el río Estrecho y no sobre el río Chollay, a pesar de que comparten un mismo curso de agua y basamento (Unidad Chollay). Se ha discutido sobre la dificultad que se presenta para poder diferenciar la contaminación industrial de la natural, particularmente en minería, pues las zonas de presencia industrial suelen coincidir con zonas de alteración hidrotermal o yacimientos minerales.

Al sur de la zona de estudio, en la región de Coquimbo se han reportado sedimentos fluviales fuertemente enriquecidos en arsénico, cobre y zinc en la cuenca del río Elqui, los cuales se atribuyeron principalmente a las fuentes naturales de drenaje ácido del distrito El Indio – El Tambo (Oyarzún, 2004). En el caso del arsénico se registraron valores de hasta un 468% con respecto al promedio mundial para sedimentos de río, no obstante, dichos valores no se obtuvieron de sedimentos activos, sino a secuencias lacustres del Holoceno Inferior, lo que indica que existen procesos naturales de contaminación arsenical (Oyarzún, 2003).

La contaminación de **cobre** se concentra en el río del Tránsito y en el río Estrecho. En general, sigue un patrón semejante al del arsénico, pero –a diferencia de este último– presenta también valores sobre el parámetro PEC al oeste de la Junta Chollay.

Si bien el **plomo** no presenta valores sobre el parámetro PEC, en el río Estrecho presenta un promedio de 49.26 ppm versus los 19.80 ppm en el resto de la cuenca (factor de enriquecimiento 2.5). En el río Estrecho presenta un patrón descendente que tiende a estabilizarse en el río Chollay, ocurriendo lo mismo con el Ba, Sb, As y Hg (ver Anexo E).

El **cadmio** presenta un solo valor sobre el parámetro PEC en río del Tránsito en medio de punto con concentraciones de Cd menor al límite de detección. El Cd puede producir problemas como reproductivos como infertilidad (Thompson, 2008; Tchernitchin, 2008), desarrollo de cáncer (National Toxicology Program, 2011) y daños en el sistema nervioso (Gabbiani, 1967).

El **chromo** presenta valores sobre el parámetro PEC en algunos puntos del río Conay y del Tránsito.

En el caso del **mercurio** se tiene un solo valor que excede el parámetro PEC (en un factor 1.1) y corresponde al punto más oriental del río Estrecho, apareciendo como un *peak* en un patrón descendente.

El número de muestras que presentan valores sobre el parámetro PEC para estos últimos cuatro metales (Pb, Cr, Cd y Hg) es poco significativo y representa casos

puntuales. Luego, es altamente probable que la biota presente en dicha zona, presente un grado de adaptación a dichas condiciones geoquímicas.

5.3 Interacción de metales pesados con aguas

Dado que no se cuenta con información sobre el Eh o pH de los sedimentos fluviales, lo que se pueda discutir sobre la relación existente entre los sedimentos activos y sus ríos es limitado. No obstante, las concentraciones de elementos químicos permiten establecer algunos lineamientos generales al respecto.

Las concentraciones de calcio, cloruro, potasio, magnesio y sulfato aumentan a medida que disminuye la distancia de la estación al mar. En el caso de las muestras de sedimentos fluviales, se tiene el mismo comportamiento para los elementos que fueron analizados (CaO, K₂O y MgO), por lo que se evidencia la correlación geoquímica de las aguas con la litología de la zona. En el caso del hierro, las zonas en que este elemento presenta mayor concentración con los sedimentos fluviales coinciden también con las zonas de mayor concentración en aguas.

Los análisis de aguas muestran una mayor concentración de metales pesados en las estaciones de monitoreo de los ríos Conay y Chollay, esto ocurre para el aluminio, cobre, hierro, manganeso y zinc. A pesar de ello, los únicos valores de metales pesados que exceden los límites máximos de la norma chilena son las concentraciones de aluminio (solo en dos muestras, 5.0 y 5.8 mg/L) en los ríos Conay y Chollay. Por lo que las aguas de la cuenca no presentan contaminación de metales pesados.

Se destaca que a pesar de que el tramo sur de río del Carmen es rico en aluminio y el río Estrecho presenta contaminación por arsénico, aguas abajo (tramo norte de río del Carmen y tramo norte del río Chollay) las concentraciones de dichos elementos en las aguas son las mínimas de toda la cuenca. De hecho, en el caso del río Chollay, la estación que monitorea sus aguas, presenta los valores más bajos de arsénico de la cuenca (llegando a estar bajo el límite de detección). Tampoco se registran valores sobre el límite de detección de plomo y mercurio en dichas aguas, a pesar de que dichos elementos presentan anomalía positiva en los sedimentos fluviales del río. Lo anterior indica que la calidad de los sedimentos fluviales en dicha zona no afecta significativamente la calidad ambiental del agua en esos cursos.

Los valores de manganeso al este de Junta Chollay presentan valores enriquecidos en un factor 10 con respecto a su concentración al este de Junta del Carmen. Con respecto al cobre y el zinc se observa el mismo comportamiento en factores 3 a 5. Lo anterior indica que en ese tramo del río Tránsito hay una pérdida de cationes. Si bien se puede postular que esta se debe a dilución por la interacción con el río Chollay, lo cierto que este último presenta valores de manganeso, cobre y zinc del mismo orden que los del río Conay (incluso concentraciones superiores), por lo que es más probable que esta pérdida se deba

a la interacción con los sedimentos fluviales. Esto explica que los valores de manganeso, cobre y zinc estén enriquecidos en los sedimentos de dicho tramo. Se ha estudiado ampliamente el proceso de adsorción de cationes en sedimentos, y estos se ha relacionado a su pH, contenido de arcilla y la presencia de coloides y carbonatos.

5.4 Interacción de metales pesados con cultivos

Los terrenos agrícolas se presentan principalmente en áreas aledañas a las terrazas fluviales del río Huasco, esto aguas abajo de la localidad de Vallenar hasta la desembocadura.

En el sector alto del río la presencia de terrenos de agrícola se ven reducidas en cuanto a superficie plantada, sin embargo, se logra desarrollar una pequeña superficie en algunos sectores del río del Tránsito y río Conay, afluente de este último (Comisión Nacional de Riego, 2006), por lo que la absorción y acumulación de metales pesados en cultivos para consumo humano es altamente restringida pero posible. No existe un catastro georreferenciado de las zonas cultivables ni sus especies, en especial, porque muchas de ellas corresponden a terrenos de cultivo privados y de pequeña envergadura. Las imágenes satelitales en *Google Earth* y el mapa de caseríos (Fig. 6) muestran que existen cultivos prácticamente a lo largo de toda la cuenca del río Huasco y sus tributarios.

Tal como se mencionó, existen valores de arsénico, cobre, cromo, níquel, zinc y cromo que exceden el parámetro PEC por lo que para caracterizar mejor el riesgo, es conveniente analizar la capacidad de absorción de estos metales por las plantas, pues constituyen un primer paso de entrada a la cadena alimentaria:

- El arsénico en vegetales tiende a ser bajo aún cuando estos se desarrollen en suelos contaminados y, su movilidad está más influenciada por la textura y pH de los suelos que por su concentración en los suelos, incluso cuando este supera el nivel base (Bech, 1997).
- En el caso del cobre, sus iones en suelos presentan una alta afinidad con la materia orgánica, por lo que este factor es determinante para establecer su biodisponibilidad (Del Castilho et al. 1993).
- El cromo puede presentar diferentes estados de valencia siendo los más comunes el cromo metálico (Cr^0), el cromo trivalente (Cr^{III}) y el cromo hexavalente (Cr^{VI}). Este último se ha vinculado con toxicidad aguda y crónica, siendo además, la forma más disponible para absorción por plantas (Shanker, 2005).
- El níquel en las plantas se ha asociado a déficit de Mg, Fe y otros cationes, pues suele competir en los procesos de absorción (Chen, 2009). Es un elemento móvil en la planta y se suele concentrar en hojas y semillas

(Halstead et al., 1969). No obstante, su disponibilidad depende de factores como el pH del suelo, contenido de materia orgánica y otros óxidos (Massoura et al., 2006). Coliflor y especies similares, junto con leguminosas, son las plantas más tolerantes al níquel y, por lo tanto, las que más tienden a hiperacumularlo.

- El zinc es esencial en el metabolismo de las plantas y su absorción está asociada a coloides orgánicos e inorgánicos y esta es ligeramente mayor en suelos ácidos. Su contenido tiende a ser más elevado en granos, hojas y raíces que en frutos. En suelos ácidos, las especies gramíneas (trigo, arroz, avena, maíz y otros cereales) son generalmente menos sensibles a la toxicidad de zinc que la mayoría de las dicotiledóneas (lechuga, remolacha, tomate), aunque esto se invierte en suelos alcalinos (Chaney, 1993).

La zona del río Estrecho es la que presenta elevados contenidos de arsénico, cobre y zinc se trata de una quebrada en la que no se desarrolla agricultura, por lo que la disponibilidad de tales metales en el consumo humano se ve limitada. Tampoco hay población humana ni ecosistemas de organismos superiores.

5.5 Limitaciones

La biodisponibilidad de metales pesados depende de factores como el pH de suelo, su potencial redox, textura, contenido y tipo de arcilla y materia orgánica entre otros (Violante et al., 2010), los cuales no estuvieron disponibles para esta investigación.

Por otro lado, las normas ambientales consideradas se definen sobre muestras de suelos o sedimentos sin tamizar. En contraste, las muestras analizadas sí fueron tamizadas y los valores reportados representan las concentraciones en una fracción de tamaño menor a 180 μm . Se ha comprobado que en muchos casos las concentraciones de los elementos pesados puede variar dependiendo del tamaño de grano de la muestra analizada. Así se ha evidenciado que el Cu y Zn, por ejemplo, presentan mayores concentraciones en la fracción fina del sedimento (Horowitz & Elrick, 1987; Moore et al., 1989; Tam & Wong, 2000). Dado lo anterior, se debe ser cauteloso al caracterizar el riesgo en la cuenca.

Por último, se debe considerar que debido a la falta de protocolos durante el levantamiento de la información (duplicados de terreno, duplicados de laboratorio, etc.), los datos no fueron sometidos a un control de calidad. Este punto debe considerarse especialmente al evaluar los resultados de concentraciones de Ni, pues si bien es cierto que presenta valores sobre el parámetro PEC a lo largo de la cuenca, no se correlaciona con elementos afines como Ti, V o Cr. Es decir, no se puede determinar si efectivamente son valores naturales en la cuenca o más bien reflejan algún error sistemático en cualquier etapa del levantamiento de datos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo de esta investigación es determinar la calidad ambiental y efectuar una caracterización geoquímica de los sedimentos de la cuenca hidrográfica del río Huasco. Para ello se presentaron un conjunto de mapas que permitieron visualizar las variaciones geográficas de los óxidos y elementos químicos.

En términos generales, la geoquímica de la zona está determinada por la litología de las formaciones sedimentarias e intrusivas. Además, las anomalías geoquímicas presentes están controladas por factores estructurales, particularmente fallas y diques y procesos naturales de transporte de sedimentos.

Al comparar tales datos con las normas internacionales se estableció que los valores de arsénico, cobre y zinc son excesivos comparados incluso con las normas menos conservadoras. Dado que no existe ningún catastro que presente la ubicación geográfica de las diversos cultivos, no se pudo establecer con mayor exactitud el riesgo, pues la disponibilidad de los metales pesados en el consumo humano depende de la especie plantada. No obstante, la zona más problemática desde el punto de vista ambiental (sedimentos del río Estrecho) se trata de sedimentos fluviales sin cultivos asociados, por lo que los metales pesados no están disponibles para afectar a consumidores potenciales y tampoco presentan una gran interacción con las aguas del curso.

Algunos metales como el cromo, titanio y vanadio presenta anomalías en la desembocadura de río Huasco, pudiendo estar asociados a actividad industrial.

La concentración de níquel excede el parámetro PEC a lo largo de toda la cuenca de forma transversal a las formaciones geológicas y parece obedecer a patrones naturales. Existe riesgo asociado a este elemento pero, para poder cuantificarlo, se requieren estudios sobre las características edafológicas de los suelos de cultivo. Por otro lado, las limitaciones asociadas al control de calidad de los datos justifican sugerir un nuevo muestro o monitoreo para caracterizar mejor el comportamiento de este metal.

Es importante destacar que algunas normas de suelos consideran para los límites máximos recomendados los valores del pH de suelo. Estos también son importantes para poder clarificar aún mejor la relación de los suelos con las aguas, por lo que desconocer dicho valor fue un aspecto limitante de esta investigación. Otros aspectos que fueron desconocidos en este estudio, además del pH de los suelos, son el potencial redox, textura, contenido y tipo de arcilla y materia orgánica, los cuales afectan determinadamente la biodisponibilidad de los metales pesados. Por otro lado, las concentraciones referidas en este estudio corresponden a la fracción menor a 180 μm , por lo que queda corregir los valores de acuerdo a los parámetros anteriores para determinar si dicha concentración es representativa de toda la cuenca o más bien representa un mínimo o máximo.

REFERENCIAS

- Astudillo, F. (2011) Controles determinantes en la geoquímica y mineralogía de los sedimentos fluviales activos en la cuenca del río Limarí - IV Región de Coquimbo, Chile.
- Baeza, L. I. (2010). Estudio Ambiental y Económico: Análisis Mineralógico y Geoquímico de Sedimentos del Sistema Fluvial del Río Lluta, XV Región de Arica y Parinacota, Chile.
- Banco Central de Chile (2016). Cuentas nacionales de Chile 2008 – 2015. Santiago de Chile.
- Bech, J., Poschenrieder, C., Llugany, M., Barceló, J., Tume, P., Tobias, F. J. & Vásquez, E. R. (1997). Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. *Science of the Total Environment*, 203(1), 83-91.
- Bissig, T., Lee, J. K., Clark, A. H., & Heather, K. B. (2001). The Cenozoic History of Volcanism and Hydrothermal Alteration in the Central Andean Flat-Slab Region: New ^{40}Ar - ^{39}Ar Constraints from the El Indio-Pascua Au (-Ag, Cu) Belt, 29° 20'–30° 30' S. *International Geology Review*, 43(4), 312-340.
- Cabrejo, O. J. G., & Sánchez, G. M. (2006). Herramientas de Análisis Estadístico y Espacial aplicadas en la separación Línea Base-Anomalía Geoquímica. Implicaciones en Exploración de Recursos Naturales. Parte 1: Revisión metodológica. *Geología Colombiana*, 31, 27.
- Chaney, R. L. (1993). Zinc phytotoxicity. In *Zinc in soils and plants* (pp. 135-150). Springer Netherlands.
- Chen, C., Huang, D., & Liu, J. (2009). Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects. *Clean-soil, air, water*, 37(4-5), 304-313.
- Chouinard, A. (2003). *Alteration, Mineralization and Geochemistry of the High-sulphidation Au-Ag-Cu Pascua Deposit, Chile-Argentina* (Doctoral dissertation, McGill University).
- Chouinard, A., Williams-Jones, A. E., Leonardson, R. W., Hodgson, C. J., Silva, P., Téllez, C., ... & Rojas, F. (2005). Geology and genesis of the multistage high-sulfidation epithermal Pascua Au-Ag-Cu deposit, Chile and Argentina. *Economic Geology*, 100(3), 463-490.
- Comisión Nacional de Riego (2006). Estudio de calidad de aguas subterráneas en las cuencas de Huasco y Mataquito. Informe final. Resumen Ejecutivo.
- Compañía Minera del Pacífico S. A. (2006). Informe Ambiental. La Serena, Chile.

- Del Castilho, P., Chardon, W. J., & Salomons, W. (1993). Influence of cattle-manure slurry application on the solubility of cadmium, copper, and zinc in a manured acidic, loamy-sand soil. *Journal of Environmental Quality*, 22(4), 689-697.
- Deyell, C. L., Leonardson, R., Rye, R. O., Thompson, J. F. H., Bissig, T., & Cooke, D. R. (2005). Alunite in the Pascua-Lama high-sulfidation deposit: constraints on alteration and ore deposition using stable isotope geochemistry. *Economic Geology*, 100(1), 131-148.
- Dold, B. (2014). Submarine tailings disposal (STD)—A review. *Minerals*, 4(3), 642-666.
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar (Vol. 50). United Nations Publications.
- EU Commission. (2006). Commission Decision of 3 Nov. 2006 establishing revised ecological criteria and the related assessment and verification requirements for the award of the Community eco-label to growing media (2006/799/EC). Official Journal of the European Communities, L, 325.
- Fitchko, J., & Hutchinson, T. C. (1975). A comparative study of heavy metal concentrations in river mouth sediments around the Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 1(1), 46-78.
- Gabbiani, G., Baic, D., & Deziel, C. (1967). Toxicity of cadmium for the central nervous system. *Experimental neurology*, 18(2), 154-160.
- Gimeno-García, E., Andreu, V., & Boluda, R. (1996). Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environmental pollution*, 92(1), 19-25.
- González, I., Jordan, M. M., Sanfeliu, T., Quiroz, M., & De La Fuente, C. (2007). Mineralogy and heavy metal content in sediments from Rio Gato, Carelmapu and Cucao, Southern Chile. *Environmental geology*, 52(7), 1243-1251.
- Halstead, R. L., & Finn, J. (1969). Extractability of Nickel added to soils and its concentration in plants. *Can. J. Soil Sci. Vol. 49*, 335-341.
- Hellyer, G. (2000). Ten Mile River Watershed-Massachusetts: An assessment of sediment chemistry and ecotoxicity. US Environmental Protection Agency Report. URL: [http://www.epa.gov/region1/lab/reportsdocuments/tenmile/Water shedEcotoxicityReport.pdf](http://www.epa.gov/region1/lab/reportsdocuments/tenmile/Water%20shedEcotoxicityReport.pdf): 240p.
- Herrera, C., Moya, C., Rojas, C., Bembow, M., ; Fernandez, H., Bravo, M., Kreft, R., Custodio, E., Troncoso, R., Gómez, L., Araos, C., Covarrubias, A., Avalos, P., Retamal, R., Riquelme, R., Aguilar, G., Jensen, A., Verdejo, J.,

- Herrera, S., Riveros, K., Navarrete, P., Lohse, P., Oliva, P., Cerda, J. (2010). Evaluación hidrogeológica de la cuenca del Río Huasco, con énfasis en la cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos [monografías]. Antofagasta: U. Católica del Norte, Depto. de Ciencias Geológicas. Informe Innova Chile, CORFO, Gobierno de Chile.
- Horowitz, A. J., & Elrick, K. A. (1987). The relation of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. *Applied geochemistry*, 2(4), 437-451.
- Iyaka, Y. A. (2011). Nickel in soils: A review of its distribution and impacts. *Scientific Research and Essays*, 6(33), 6774-6777.
- INE. (2005). *Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos*. Santiago de Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.
- Kabata-Pendias, A., & Mukherjee, A. B. (2007). *Trace elements from soil to human*. Springer Science & Business Media.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., & Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental pollution*, 152(3), 686-692.
- Knight Piésold S.A. (2013). Análisis integrado de gestión en cuenca del Río Huasco Región de Atacama. Santiago: División de estudios y planificación, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- Lacassie, J. P. (2009). Estudio mineralógico y geoquímico del sistema fluvial del río Rapel, VI Región, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-08-37, 10.
- Lacassie, J. P., Díaz, A., & Ruiz-Del-Solar, J. (2009). Geoquímica de sedimentos del sistema fluvial del río Huasco. *Santiago*, 22, S11_020.
- Lancellotti, D. A., & Stotz, W. B. (2004). Effects of shoreline discharge of iron mine tailings on a marine soft-bottom community in northern Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 48(3), 303-312.
- 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.
- Martin, M. W., Clavero, J., & Mpodozis, C. (1999). Late Paleozoic to Early Jurassic tectonic development of the high Andean Principal Cordillera, El Indio Region, Chile (29–30 S). *Journal of South American Earth Sciences*, 12(1), 33-49.

- Massoura, S. T., Echevarria, G., Becquer, T., Ghanbaja, J., Leclerc-Cessac, E., & Morel, J. L. (2006). Control of nickel availability by nickel bearing minerals in natural and anthropogenic soils. *Geoderma*, 136(1), 28-37.
- MOP-DGA, C. I. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. Cuenca del Río Huasco. Santiago, Chile.
- Moore, J. N., Brook, E. J., & Johns, C. (1989). Grain size partitioning of metals in contaminated, coarse-grained river floodplain sediment: Clark Fork River, Montana, USA. *Environmental Geology and Water Sciences*, 14(2), 107-115.
- Moscoso, R., Mpodozis, C., Nasi, C., Ribba, L., & Arévalo, C. (2010). Geología de la Hoja El Tránsito, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Preliminar, 7(1).
- Moscoso, R., Nasi, C., & Salinas, P. (1982). Hoja Vallenar y parte norte de La Serena: regiones de Atacama y Coquimbo: carta geológica de Chile 1: 250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- INN (1978). Norma Chilena Oficial 1333 of87 Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. Modificada en 1987.
- Nasi, C., Moscoso, R., & MaksaeV, V. (1990). Hoja Guanta: regiones de Atacama y Coquimbo. Servicio nacional de geologia y mineria.
- National Toxicology Program. (2011). Cadmium and cadmium compounds. Report on carcinogens: carcinogen profiles, 12, 80.
- Oyarzún, J., Maturana, H., Paulo, A., & Pasiieczna, A. (2003). Heavy metals in stream sediments from the Coquimbo Region (Chile): effects of sustained mining and natural processes in a semi-arid Andean basin. *Mine Water and the Environment*, 22(3), 155-161.
- Oyarzun, R., Lillo, J., Higuera, P., Oyarzún, J., & Maturana, H. (2004). Strong arsenic enrichment in sediments from the Elqui watershed, Northern Chile: industrial (gold mining at El Indio–Tambo district) vs. geologic processes. *Journal of Geochemical Exploration*, 84(2), 53-64.
- Regulation, C. (2007). No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. *Official Journal of the European Union L*, 189(1), 28-7.
- Reich, M., Simon, A. C., Deditius, A. P., Bilenker, L., Knipping, J., & Barra, F. (2014). Chemical zoning and microtexture of magnetite from Los Colorados iron oxide-apatite deposit, Chile. In Goldschmidt Conference.
- Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., & Avudainayagam, S. (2005). Chromium toxicity in plants. *Environment international*, 31(5), 739-753.

- Tam, N. F. Y., & Wong, Y. S. (2000). Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution*, 110(2), 195-205.
- Tchernitchin Varlamov, A., Olivares, F., Aranda, C., Gaete González, L., Fernández Hidalgo, J., Villagra, R., ... & Hernández, N. (2008). Efectos de exposición aguda a cadmio en la acción de estrógenos en útero de rata impúber.
- Thompson, J., & Bannigan, J. (2008). Cadmium: toxic effects on the reproductive system and the embryo. *Reproductive toxicology*, 25(3), 304-315.
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). 1993. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge (40 Code of Federal Regulations Part 503). Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency.
- Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A. G., & Pigna, M. (2010). Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(3), 268-292.
- Zhang, C., & Wang, L. (2001). Multi-element geochemistry of sediments from the Pearl River system, China. *Applied Geochemistry*, 16(9), 1251-1259.

ANEXO A.

Frutas y hortalizas por superficie plantada en la Provincia de Huasco.

Anexo A1. Superficie con frutales en plantación y producción según comuna y especie (Fuente: INE, 2007).

PAÍS, REGIÓN, PROVINCIA, COMUNA Y ESPECIE	Explotaciones informantes		Superficie plantada con frutales				
	Número	Superficie (ha)	Superficie	En formación		En producción	
			total (ha)	Total		Informantes	Superficie (ha)
Ill de Atacama			13.599,00		2.343,40		11.255,60
Huasco			3.927,40		500,00		3.427,40
Almendro	7	1.133,40	0,80	0	0,00	7	0,80
Chirimoyo	13	118,70	4,70	0	0,00	13	4,70
Ciruelo japonés	4	51,30	0,40	0	0,00	4	0,40
Clementina	31	14.194,00	47,80	3	0,50	28	47,30
Damasco	52	1.451,10	13,30	0	0,00	52	13,30
Duraznero consumo fresco	62	1.605,20	16,20	7	1,00	56	15,20
Frutilla	5	78,70	9,50	0	0,00	5	9,50
Granado	3	12,90	0,40	0	0,00	3	0,40
Higuera	16	1.147,70	3,50	0	0,00	16	3,50
Huerto casero	922	282.434,53	250,75	0	0,00	922	250,75
Limonero	142	83.506,81	80,00	6	1,30	137	78,70
Mango	17	571,60	8,20	9	3,00	8	5,20
Manzano rojo	4	10,00	0,40	0	0,00	4	0,40
Manzano verde	4	65,50	2,00	0	0,00	4	2,00
Membrillo	17	251.816,70	6,70	0	0,00	17	6,70
Naranja	221	37.869,70	76,90	21	10,20	204	66,70
Nectarino (pelados)	4	63,40	4,00	0	0,00	4	4,00
Níspero	10	45,30	1,40	0	0,00	10	1,40
Nogal	37	250.487,40	22,60	13	5,90	25	16,70
Olivo	346	360.041,89	1.674,15	48	302,20	323	1.371,95
Otros frutales	53	1.191,00	114,10	23	28,80	31	85,30
Palto	499	18.228,67	455,20	56	96,00	465	359,20
Peral europeo	12	250.052,00	5,40	0	0,00	12	5,40
Tuna	6	389,20	3,10	0	0,00	6	3,10
Uva de mesa	176	294.312,50	1.125,90	30	51,10	158	1.074,80
Vallenar			892,65		299,30		593,35
Almendro	4	8,30	0,50	0	0,00	4	0,50
Chirimoyo	13	118,70	4,70	0	0,00	13	4,70

PAÍS, REGIÓN, PROVINCIA, COMUNA Y ESPECIE	Explotaciones Informantes		Superficie plantada con frutales				
			Superficie	En formación		En producción	
	Número	Superficie (ha)	total (ha)	Total		Informantes	Superficie (ha)
Ciruelo japonés	4	51,30	0,40	0	0,00	4	0,40
Clementina	13	13.545,00	39,70	3	0,50	10	39,20
Damasco	21	174,60	7,00	0	0,00	21	7,00
Duraznero consumo fresco	16	164,70	5,00	3	0,40	14	4,60
Frutilla	5	78,70	9,50	0	0,00	5	9,50
Higuera	7	17,00	1,70	0	0,00	7	1,70
Huerto casero	256	251.883,63	67,65	0	0,00	256	67,65
Limonero	43	81.953,91	56,40	6	1,30	38	55,10
Manzano rojo	4	10,00	0,40	0	0,00	4	0,40
Membrillo	7	250.079,20	2,60	0	0,00	7	2,60
Naranja	56	9.107,50	30,60	15	8,90	43	21,70
Nectarino (pelados)	4	63,40	4,00	0	0,00	4	4,00
Níspero	7	15,70	1,10	0	0,00	7	1,10
Nogal	11	250.130,20	5,80	0	0,00	11	5,80
Olivo	66	78.302,90	295,20	14	184,20	56	111,00
Otros frutales	20	299,80	22,70	10	19,70	10	3,00
Palto	123	14.894,77	204,40	27	84,30	101	120,10
Peral europeo	4	250.005,30	2,50	0	0,00	4	2,50
Tuna	6	389,20	3,10	0	0,00	6	3,10
Uva de mesa	27	263.867,10	127,70	0	0,00	27	127,70
Alto del Carmen			1.461,50		75,00		1.386,50
Almendro	3	1.125,10	0,30	0	0,00	3	0,30
Clementina	18	649,00	8,10	0	0,00	18	8,10
Damasco	31	1.276,50	6,30	0	0,00	31	6,30
Duraznero consumo fresco	42	1.407,20	9,90	4	0,60	38	9,30
Granado	3	12,90	0,40	0	0,00	3	0,40
Higuera	9	1.130,70	1,80	0	0,00	9	1,80
Huerto casero	592	29.683,20	157,70	0	0,00	592	157,70
Limonero	93	1.498,00	20,60	0	0,00	93	20,60

PAÍS, REGIÓN, PROVINCIA, COMUNA Y ESPECIE	Explotaciones informantes		Superficie plantada con frutales				
	Número	Superficie (ha)	Superficie	En formación		En producción	
			total (ha)	Total			
			Informantes	Superficie (ha)	Informantes	Superficie (ha)	
Mango	17	571,60	8,20	9	3,00	8	5,20
Manzano verde	4	65,50	2,00	0	0,00	4	2,00
Membrillo	3	1.120,40	0,30	0	0,00	3	0,30
Naranja	162	28.749,80	45,10	6	1,30	158	43,80
Níspero	3	29,60	0,30	0	0,00	3	0,30
Nogal	26	357,20	16,80	13	5,90	14	10,90
Olivo	10	1.163,10	2,80	0	0,00	10	2,80
Otros frutales	15	58,30	4,10	7	1,40	8	2,70
Palto	373	3.011,40	175,70	29	11,70	361	164,00
Peral europeo	8	46,70	2,90	0	0,00	8	2,90
Uva de mesa	149	30.445,40	998,20	30	51,10	131	947,10
Freirina			583,85		77,90		505,95
Huerto casero	42	180,70	12,80	0	0,00	42	12,80
Olivo	113	257.860,32	416,95	13	72,70	107	344,25
Otros frutales	10	345,60	79,00	3	5,20	8	73,80
Palto	3	322,50	75,10	0	0,00	3	75,10
Huasco			989,40		47,80		941,60
Duraznero consumo fresco	4	33,30	1,30	0	0,00	4	1,30
Huerto casero	32	687,00	12,60	0	0,00	32	12,60
Limonero	6	54,90	3,00	0	0,00	6	3,00
Membrillo	7	617,10	3,80	0	0,00	7	3,80
Naranja	3	12,40	1,20	0	0,00	3	1,20
Olivo	157	22.715,57	959,20	21	45,30	150	913,90
Otros frutales	8	487,30	8,30	3	2,50	5	5,80

Anexo A2. Superficie cultivada con hortalizas según comuna y especie (Fuente: INE, 2007).

PAÍS, REGIÓN, PROVINCIA, COMUNA Y ESPECIE	Explotaciones informantes		Sistema de cultivo				
			Superficie total (ha)	Al aire libre		En invernadero	
				Informantes	Superficie (ha)	Informantes	Superficie (ha)
Huasco			980,25		935,60		44,65
Acelga	4	25,50	7,40	4	7,40	0	0,00
Ají	46	314,41	43,74	29	25,50	23	18,24
Alcachofa	4	5.050,60	127,60	4	127,60	0	0,00
Arveja verde	44	1.748,00	341,10	44	341,10	0	0,00
Berenjena	11	126,80	5,68	3	0,50	8	5,18
Choclo	26	511,12	25,40	26	25,40	0	0,00
Cilantro	4	23,00	9,00	4	9,00	0	0,00
Coliflor	3	45,80	1,60	3	1,60	0	0,00
Haba	19	8.745,10	14,10	19	14,10	0	0,00
Huerta casera	135	826,50	30,40	135	30,40	0	0,00
Lechuga	11	105,00	15,60	11	15,60	0	0,00
Melón	18	77,40	11,00	18	11,00	0	0,00
Otras hortalizas	83	1.307,89	127,16	76	121,20	10	5,96
Pepino dulce	3	56,40	2,20	3	2,20	0	0,00
Pimiento	9	93,60	5,01	4	1,80	5	3,21
Poroto granado	5	219,80	15,00	5	15,00	0	0,00
Poroto verde	103	1.299,90	149,20	99	142,20	11	7,00
Repollo	3	8,80	1,40	3	1,40	0	0,00
Sandía	11	82,70	5,20	11	5,20	0	0,00
Tomate consumo fresco	56	645,51	32,96	48	27,90	10	5,06
Zapallo italiano	9	51,95	9,50	9	9,50	0	0,00
Vallenar			863,61		821,30		42,31
Acelga	4	25,50	7,40	4	7,40	0	0,00
Ají	43	304,41	42,44	26	24,20	23	18,24
Alcachofa	4	5.050,60	127,60	4	127,60	0	0,00
Arveja verde	44	1.748,00	341,10	44	341,10	0	0,00
Berenjena	11	126,80	5,68	3	0,50	8	5,18
Choclo	7	432,20	15,50	7	15,50	0	0,00
Cilantro	4	23,00	9,00	4	9,00	0	0,00
Coliflor	3	45,80	1,60	3	1,60	0	0,00
Haba	19	8.745,10	14,10	19	14,10	0	0,00
Huerta casera	64	459,50	12,80	64	12,80	0	0,00
Lechuga	11	105,00	15,60	11	15,60	0	0,00

Melón	5	40,90	2,50	5	2,50	0	0,00
			Sistema de cultivo				
PAÍS, REGIÓN, PROVINCIA, COMUNA Y ESPECIE	Explotaciones informantes		Superficie	Al aire libre		En invernadero	
	Número	Superficie (ha)	total (ha)	Informantes	Superficie (ha)	Informantes	Superficie (ha)
Otras hortalizas	44	676,47	76,12	40	72,50	6	3,62
Pepino dulce	3	56,40	2,20	3	2,20	0	0,00
Pimiento	5	80,20	3,21	0	0,00	5	3,21
Poroto granado	5	219,80	15,00	5	15,00	0	0,00
Poroto verde	70	1.171,30	136,20	66	129,20	11	7,00
Repollo	3	8,80	1,40	3	1,40	0	0,00
Sandía	3	6,50	1,20	3	1,20	0	0,00
Tomate consumo fresco	38	548,01	23,46	30	18,40	10	5,06
Zapallo italiano	9	51,95	9,50	9	9,50	0	0,00
Alto del Carmen			71,14		70,80		0,34
Ají	3	10,00	1,30	3	1,30	0	0,00
Choclo	15	64,60	8,10	15	8,10	0	0,00
Huerta casera	54	212,00	10,30	54	10,30	0	0,00
Melón	13	36,50	8,50	13	8,50	0	0,00
Otras hortalizas	26	131,40	14,64	24	14,30	3	0,34
Pimiento	4	13,40	1,80	4	1,80	0	0,00
Poroto verde	33	128,60	13,00	33	13,00	0	0,00
Sandía	8	76,20	4,00	8	4,00	0	0,00
Tomate consumo fresco	18	97,50	9,50	18	9,50	0	0,00
Freirina			39,30		37,30		2,00
Choclo	4	14,32	1,80	4	1,80	0	0,00
Huerta casera	9	46,00	3,60	9	3,60	0	0,00
Otras hortalizas	10	485,42	33,90	9	31,90	1	2,00
Huasco			6,20		6,20		0,00
Huerta casera	8	109,00	3,70	8	3,70	0	0,00
Otras hortalizas	3	14,60	2,50	3	2,50	0	0,00

ANEXO B.

Datos de muestras de sedimentos activos en la cuenca del río Huasco.

Anexo B1. Caracterización de las muestras de sedimentos activos a los largo de la cuenca del río Huasco.

Muestra	UTME	UTMN	DESCRIPCIÓN	Sustrato Rocoso	Mineralogía	Líticos	Observaciones
1	297971	6844822	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES - Materia Orgánica				
2	324733	6839241	Sedimentos activos Huasco	Contacto entre intrusivos Kig y JKpc, zona falla principal.	Qzo-Epdt-Ox.Fe(rojo y negro)-Fd(Pg)-Mgt	Líticos menores de Andesitas basálticas y clastos mayores subredondeados de rocas Vx. y SubVx. alterados a Epdt-Mgt y redondeados de granito.	Zona c/fango, Ab. Vegetación, excremento animales, basura (neumáticos, baterías, escombros, chatarra, plásticos), manejo del río para explotación de áridos, agua aposada, caminos, corrales, haciendas, sedimento fangopestilente, vegetación exuberante.
3	323237	6839881	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
4	311841	6843651	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
5	303853	6844158	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES - Materia Orgánica				
6	336652	6829206	Sedimentos activos Huasco	Rocas volcanoclásticas y andesitas de JKpc	Qzo-Epdt-micas	Líticos volcanoclásticos alt. A Epdt-Clo y fragmentos de Qzo-Hmt-Ser	Muestra tomada aguas arriba puente Francisco Díaz
7	339456	6827066	Sedimentos activos Huasco	Rocas volcanoclásticas	Qzo-Pg-Hmt-Min.Arci-Mgt	Líticos alterados a Clo-Epdt y a Qzo-Ser-Hmt-Esp	Muestra bajo represa Santa Juana
8	347636	6825465	Sedimentos activos Huasco	Rocas volcánicas (sustrato); arena fina	kati		Explotación de áridos, poca basura (madera c/clavos, trozos de metal, tarros de aceite, plástico), animal muerto. Zona inundada en 1997.
9	352841	6821397	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
10	350298	6823282	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
11	332228	6834471	Sedimentos activos Huasco				
12	361930	6816182	Sedimentos activos Tránsito	Contacto tectónico entre F. Pastos Blancos y Formaciones la Totorá. San Félix	Qzo(lechoso y translúcido)-mica-fdK-Ox.Fe-Mgt	Clastos angulosos c/alteración propilítica	Basura (bolsas, zapatos, latas, cajones); proposición perfil eléctrico. Cercano a zona poblada y parronales aguas abajo.
13	363445	6815326	Sedimentos activos Tránsito	Rocas metamórficas	Qzo(lechoso y translúcido)-Ox.Fe-Musc	Líticos c/alt. Propilítica; filitas; rx vx alt. Ox.Fe;microdioritas y volcánicos alt. A Qzo-Hmt	Arena media (más de 5 mm);intervención en cauce del río(desvío y represamiento; muestra aguas debajo de parronales; escasa vegetación
14	373929	6807828	Sedimentos activos Tránsito	Rocas sedimentarias marinas a continentales y rocas volcánicas			
15	372375	6808775	Sedimentos activos Tránsito	Intrusivos con depósitos vetiformes de la Unidad Guanta, asociados a diques			
16	369541	6810624	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
17	365594	6812436	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
18	355429	6818848	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
19	357749	6794650	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
20	355376	6818149	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
21	357075	6815396	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
22	358549	6812998	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
23	357498	6799281	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				

Muestra	UTME	UTMN	DESCRIPCIÓN	Sustrato Rocoso	Mineralogía	Líticos	Observaciones
24	358834	6801794	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
25	359039	6804169	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
26	360135	6808092	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
27	376149	6800276	Sedimentos activos Tránsito				
28	375668	6801493	Sedimentos activos Tránsito				
29	375081	6804455	Sedimentos activos Tránsito				
30	378370	6796910	Sedimentos activos Tránsito	Gneiss de la Pampa			
31	387766	6794436	Sedimentos activos Tránsito	Intrusivos Unidad Chollay			
32	386803	6794810	Sedimentos activos Tránsito	Intrusivos Unidad Chollay			
33	380821	6794940	Sedimentos activos Tránsito	Rocas metamórficas e intrusivos de unidades Guanta y Cochiguaz			
34	400096	6805061	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(ROJO)				
35	387637	6793864	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
36	387637	6793864	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
37	396410	6802567	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(ROJO)				
38	395240	6799892	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
39	398949	6805658	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(OSCURO)				
40	397507	6807748	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
41	397160	6798640	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
42	398380	6804543	Sedimentos activos Tránsito				
43	398380	6804543	Sedimentos activos Tránsito				
44	392510	6797089	Sedimentos activos Tránsito				
45	391159	6796886	Sedimentos activos Huasco				
46	367696	6764270	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
47	367763	6767767	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
48	362653	6778955	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
49	364977	6776486	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
50	368257	6774141	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
51	369078	6771780	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				

Muestra	UTME	UTMN	DESCRIPCIÓN	Sustrato Rocoso	Mineralogía	Líticos	Observaciones
52	360639	6779098	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
53	357035	6781730	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
54	355542	6786354	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
55	390495	6783616	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
56	389791	6785979	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
57	388729	6788142	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
58	388729	6788142	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
59	388243	6791133	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
60	388243	6791133	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
61	391206	6780884	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
62	391206	6780884	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
63	390547	6778454	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
64	390547	6778454	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
65	389515	6776420	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO) C/ ARCILLA BLANCA				
66	388922	6776275	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
67	387991	6774041	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
68	387863	6772832	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
69	388948	6771503	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
70	390100	6768697	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
71	392355	6765034	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
72	370440	6754651	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
73	373079	6753103	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
74	375145	6750878	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
75	378132	6748229	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
76	369939	6754570	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
77	368210	6757839	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
78	367950	6761216	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
79	399243	6757645	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(DE MORRENAS Y				

AVALANCHAS)

Muestra	UTME	UTMN	DESCRIPCIÓN	Sustrato Rocoso	Mineralogía	Líticos	Observaciones
80	397466	6759576	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
81	396873	6762119	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
82	392434	6754854	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
83	389989	6752643	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(ROJO)				
84	388287	6750253	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(ROJO)				
85	384691	6747325	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES(OSCURO)				
86	382430	6745298	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
87	403625	6747003	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (AMARILLO)				
88	403625	6747003	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
89	404991	6745072	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
90	403484	6743285	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES (CAFE)				
91	400672	6740038	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
92	395759	6738376	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
93	384143	6742819	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
94	386684	6740791	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
95	390148	6739162	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES				
96	283322	6849973	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		Muestra próxima desembocadura Río Huasco
97	283784	6850592	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		
98	284105	6851330	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		
99	284331	6851944	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		Muestra frente humedal de Huasco
100	284516	6852646	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		Muestra próxima desembocadura Norte
101	284627	6853701	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		
102	282837	6849716	Arena bahía Huasco		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		Muestra en la ciudad entre el Faro y el mercado, c/Ab. mica
103	284372	6851635	Humedal Huasco- sedimentos en el humedal cerca de la desembocadura		Qzo-Fd-Mgt-Hmt-Epdt-Clo		Muestra en humedal cerca desembocadura
104	287027	6849045	SEDIMENTOS ACTIVOS RÍOS PRINCIPALES _Puente _Mat Orgánica				
105	286704	6850360	Intercalación de arena fina-limo en secuencia de depósitos preindustriales				
106	286704	6850360	Arena gruesa en secuencia de depósitos preindustriales				
107	286704	6850360	Arena fina a media en secuencia de depósitos preindustriales				

Muestra	UTME	UTMN	DESCRIPCIÓN	Sustrato Rocoso	Mineralogía	Líticos	Observaciones
108	299227	6845552	Compósito de arena Q. secundaria camino a Capote?				
109	299247	6843395	Compósito de arena media a gruesa				
110	293915	6845002	Compósito arena fina c/abundante mica				
111	289216	6846463	Compósito arena media a gruesa				
112	298398	6844565	Compósito arena fina a media en secuencia de depósitos preindustriales				
113	312410	6843866	Matriz arenosa de rípios pre industriales de las Gravas del Huasco				
114	312387	6843831	Matriz arenosa de rípios pre industriales de las Gravas del Huasco				
115	312422	6843807	Matriz arenosa de rípios pre industriales de las Gravas del Huasco				
116	313803	6839048	Compósito arena fina a media en zona c/depósitos de Ox.Mn-Fe?				
117	313838	6839070	Compósito arena media en secuencia depósitos preindustriales				
118	333810	6836617	Compósito arena gruesa a media entre zonas de extracción de áridos				
119	338383	6827427	Compósito arena media Q. Las Cañas				
120	338383	6827427	Relave planta antigua				
121	338655	6825605	Compósito arena media a fina				
122	336431	6822536	Compósito arena fina c/abundante mica				
123	353762	6821141	Compósito arena media				
124	375067	6810435	Compósito arena media				
125	376161	6796737	Compósito arena fina marrón claro y aragonito? Mat. Orgánica y Basura?				
126	369984	6808557	Compósito arena media a fina				
127	354576	6818132	Compósito arena media a fina				
128	360264	6778717	Compósito arena media				
129	367513	6767574	Compósito arena gruesa				
130	368402	6768267	Compósito arena media				
131	368408	6756453	Compósito arena media				

Anexo B2. Concentraciones (ppm) de óxidos para muestras de sedimentos activos a los largo de la cuenca del río Huasco (Georreferencia de muestras en Anexo B1).

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	7.15	1.52	0.14	0.91	49.15	0.59	0.10	0.49	0.33	0.20
2	65.36	9.07	1.57	6.50	5.59	1.22	0.13	2.54	1.75	0.20
3	63.70	9.26	0.89	5.35	8.71	1.44	0.11	2.40	2.02	0.34
4	37.73	5.87	0.33	2.89	18.65	1.31	0.08	1.02	0.87	0.22
5	6.18	1.72	0.18	1.27	49.13	0.61	0.10	0.52	0.41	0.34
6	55.49	8.36	1.17	8.64	13.72	1.42	0.25	1.91	1.73	0.20
7	52.73	9.10	0.78	5.66	15.43	2.04	0.37	1.76	1.67	0.16
8	55.61	8.97	1.44	7.22	14.36	1.37	0.16	1.80	1.83	0.19
9	38.71	12.68	0.60	4.71	15.70	2.00	0.15	1.48	1.58	0.10
10	57.29	10.33	0.94	5.79	11.91	1.35	0.22	1.44	2.07	0.19
11	26.40	5.45	1.10	7.31	34.89	1.01	0.35	1.30	1.14	0.14
12	61.29	10.61	1.06	6.24	6.14	1.50	0.17	2.19	2.37	0.25
13	60.56	11.15	0.89	6.06	7.80	1.38	0.24	1.97	2.47	0.19
14	56.73	8.06	0.93	7.15	13.58	0.98	0.18	1.97	2.32	0.15
15	58.75	10.24	1.12	7.88	8.55	1.48	0.21	2.02	2.25	0.22
16	59.44	12.67	0.74	5.25	7.60	1.35	0.44	1.73	2.34	0.21
17	55.93	13.57	0.66	5.86	11.90	1.30	0.78	1.28	2.11	0.17
18	55.26	10.56	0.81	4.99	16.64	1.36	0.20	1.28	1.83	0.15
19	59.37	12.04	0.73	6.13	5.98	1.21	0.16	1.27	2.21	0.29
20	57.62	10.53	0.59	6.05	14.72	1.16	0.30	0.86	1.99	0.20
21	64.11	11.47	0.73	5.57	6.07	1.16	0.30	1.26	2.17	0.20
22	60.18	11.36	0.73	5.14	9.21	1.31	0.17	1.45	2.23	0.19
23	60.83	11.42	0.93	6.01	5.62	1.49	0.13	1.66	2.36	0.27
24	58.88	11.64	0.71	5.55	9.74	1.64	0.12	1.50	2.14	0.23
25	62.49	12.16	0.86	5.68	5.05	1.46	0.15	1.66	2.30	0.20
26	61.08	12.07	0.72	5.50	4.46	1.52	0.22	1.77	2.63	0.21
27	60.37	12.60	0.83	5.53	4.90	1.43	0.26	1.76	2.32	0.23
28	62.22	12.93	0.73	5.04	3.05	1.20	0.40	1.88	2.61	0.18
29	58.54	13.83	0.84	6.43	4.72	1.16	0.72	1.55	2.39	0.18
30	61.94	13.06	0.73	5.03	3.23	1.17	0.53	1.82	2.61	0.18
31	64.95	12.60	0.44	3.22	2.37	0.79	0.12	2.11	2.55	0.14
32	67.57	11.50	0.52	3.45	2.01	0.90	0.11	2.44	3.19	0.13
33	62.82	12.97	0.62	4.28	2.98	1.21	0.41	1.96	2.77	0.17
34	59.65	11.32	1.14	6.94	8.06	1.87	0.15	1.66	2.91	0.15
35	58.13	16.19	0.54	5.18	1.99	1.15	0.65	1.43	2.46	0.18
36	63.63	11.71	0.68	4.67	3.59	1.48	0.20	2.30	2.86	0.18
37	64.49	11.57	0.67	4.60	4.51	1.31	0.18	2.29	3.08	0.13
38	64.26	10.95	0.68	4.63	3.94	1.30	0.12	2.30	3.01	0.19
39	64.11	11.26	0.91	5.25	4.68	1.89	0.13	2.80	2.16	0.23
40	62.49	11.29	1.05	6.12	4.97	1.94	0.14	2.50	2.00	0.25

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
41	64.38	11.00	1.06	5.99	3.09	1.42	0.15	2.06	2.97	0.17
42	60.46	11.42	0.89	5.30	8.15	1.64	0.13	1.59	3.01	0.16
43	58.23	10.18	1.99	12.25	6.35	1.58	0.21	1.96	2.45	0.19
44	61.55	11.97	0.71	4.52	7.39	1.50	0.28	1.76	2.85	0.15
45	59.11	12.11	0.80	4.80	7.93	1.64	0.23	1.65	2.86	0.15
46	64.09	12.66	0.72	4.42	3.80	1.28	0.22	2.02	2.53	0.20
47	63.44	12.85	0.83	5.28	3.53	1.30	0.33	1.91	2.54	0.21
48	60.81	13.66	0.76	6.29	3.07	1.27	0.18	1.30	2.39	0.22
49	61.85	12.74	0.96	6.31	3.78	1.38	0.29	1.61	2.43	0.22
50	62.02	13.47	0.79	5.77	4.10	1.44	0.43	1.60	2.68	0.23
51	61.25	13.84	0.74	5.87	3.43	1.70	0.49	1.85	2.59	0.24
52	57.57	10.29	0.77	5.26	12.25	1.83	0.28	1.64	2.13	0.19
53	59.62	10.79	1.22	7.10	5.95	1.83	0.12	2.08	2.29	0.20
54	61.24	12.19	0.81	5.50	5.68	1.74	0.29	1.98	2.38	0.20
55	65.77	12.01	0.91	7.19	2.44	1.29	0.17	2.58	2.62	0.18
56	62.95	13.61	0.57	4.22	2.59	1.15	0.23	2.00	2.58	0.18
57	62.46	14.38	0.55	4.25	2.35	1.15	0.26	1.89	2.55	0.16
58	67.02	12.42	0.76	5.32	2.97	1.46	0.16	2.54	2.74	0.17
59	57.06	17.17	0.53	4.88	1.94	1.13	0.58	1.37	2.42	0.18
60	65.69	12.63	0.72	4.78	3.23	1.51	0.19	2.45	2.70	0.18
61	63.73	13.99	0.54	4.14	2.37	1.09	0.18	2.01	2.54	0.17
62	61.70	11.20	1.01	6.29	6.72	2.16	0.14	2.13	2.54	0.21
63	65.05	12.86	0.55	4.10	2.34	1.00	0.15	2.20	2.48	0.16
64	65.92	12.00	0.78	5.85	2.05	1.18	0.14	2.43	2.65	0.17
65	55.94	16.76	0.69	4.51	1.35	1.18	0.10	1.53	2.57	0.20
66	64.42	12.64	0.55	4.40	2.65	0.97	0.24	2.11	2.50	0.17
67	64.80	12.71	0.57	4.52	2.73	1.02	0.18	2.15	2.51	0.17
68	61.68	11.16	0.96	5.21	5.25	2.06	0.12	1.99	2.37	0.26
69	63.64	12.72	0.61	5.20	2.79	1.00	0.26	2.13	2.49	0.18
70	64.68	12.72	0.59	4.79	2.83	1.05	0.16	2.15	2.50	0.18
71	64.87	12.58	0.59	4.91	2.84	1.00	0.15	2.18	2.45	0.18
72	63.92	12.42	0.75	4.45	4.02	1.22	0.21	2.10	2.58	0.21
73	65.48	12.86	0.73	4.31	3.50	1.35	0.21	2.23	2.68	0.20
74	65.41	12.47	0.66	3.69	3.95	1.16	0.13	2.40	2.52	0.20
75	65.66	12.44	0.67	3.78	4.07	1.11	0.12	2.51	2.45	0.20
76	56.88	15.60	0.75	6.77	3.64	1.14	0.77	0.78	2.56	0.18
77	63.71	13.27	0.80	5.29	3.23	1.42	0.32	1.85	2.71	0.22
78	63.61	12.58	0.73	4.44	4.24	1.36	0.24	1.94	2.64	0.20
79	69.21	11.16	0.52	3.79	2.75	0.84	0.11	1.91	2.17	0.15
80	66.89	11.87	0.53	4.13	2.95	0.87	0.12	2.23	2.39	0.16
81	62.52	13.04	0.70	4.99	1.79	1.60	0.07	1.87	2.86	0.18
82	60.73	11.86	1.01	6.36	3.15	1.66	0.18	2.06	2.54	0.30
83	63.24	11.44	1.21	5.87	5.77	1.37	0.15	1.44	3.51	0.17

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
84	64.10	11.76	1.04	5.13	5.67	1.41	0.14	1.50	3.54	0.16
85	64.52	12.14	0.90	5.18	4.25	1.56	0.13	3.02	2.42	0.21
86	66.33	12.56	0.82	4.77	3.99	1.51	0.13	3.22	2.49	0.21
87	62.00	13.43	0.94	6.64	1.34	1.26	0.26	1.36	3.43	0.26
88	60.79	13.73	0.88	6.64	1.43	1.29	0.29	1.22	3.58	0.27
89	62.08	13.27	0.98	6.73	1.02	1.14	0.17	1.23	3.36	0.26
90	60.00	11.94	1.00	7.35	0.94	0.90	0.18	0.87	3.42	0.27
91	61.23	12.55	0.92	6.27	2.65	1.58	0.17	1.14	2.18	0.25
92	63.18	12.38	1.00	6.12	2.56	1.40	0.16	1.20	2.18	0.25
93	61.88	13.16	0.94	6.09	2.10	1.47	0.19	1.37	2.42	0.27
94	63.40	12.60	1.00	5.48	2.31	1.39	0.16	1.60	2.16	0.26
95	63.26	12.62	1.06	5.89	2.38	1.58	0.17	1.93	2.15	0.27
96	67.97	10.02	0.41	2.38	3.38	0.95	0.05	3.18	2.52	0.12
97	66.04	9.77	0.96	4.81	4.71	1.37	0.09	3.13	1.98	0.21
98	63.08	9.17	1.89	8.70	6.02	1.68	0.16	2.94	1.64	0.30
99	63.06	9.42	1.36	6.48	6.13	1.72	0.13	2.93	1.67	0.25
100	63.31	9.29	2.22	9.15	5.25	1.45	0.17	2.89	1.79	0.23
101	59.02	8.70	2.30	9.14	7.30	1.79	0.19	2.64	1.52	0.27
102	66.98	10.01	0.72	3.78	3.97	1.18	0.07	3.10	2.30	0.18
103	53.13	7.60	0.70	4.73	19.14	1.13	0.17	1.90	1.76	0.18
104	6.04	2.91	0.28	2.44	46.84	0.69	0.25	0.86	0.73	0.21
105	63.41	15.93	0.80	4.20	4.55	1.51	0.08	2.84	2.50	0.11
106	61.83	15.78	1.31	7.35	3.20	1.89	0.13	2.85	2.72	0.16
107	62.45	13.16	0.76	4.14	6.85	2.74	0.07	3.51	2.65	0.16
108	57.04	13.02	1.08	8.84	4.62	5.27	0.17	3.39	2.35	0.17
109	49.51	8.58	1.03	8.80	7.75	1.88	0.21	2.04	1.79	0.41
110	54.45	10.81	1.60	9.33	6.74	5.48	0.58	3.20	3.05	0.64
111	55.80	11.69	2.93	8.39	5.48	2.62	0.99	2.61	2.99	1.03
112	55.94	11.93	1.80	5.67	4.03	3.07	1.08	4.00	3.38	1.09
113	52.39	9.98	1.87	6.99	11.02	3.00	0.91	2.74	2.92	0.92
114	57.47	11.97	1.89	6.24	4.75	2.93	1.06	3.32	3.33	1.07
115	57.45	12.65	1.75	5.49	4.93	2.74	0.93	2.98	3.18	0.92
116	53.52	11.52	1.96	10.43	7.00	2.94	1.06	3.15	2.08	0.69
117	55.09	13.29	1.53	9.02	4.69	2.99	0.76	3.01	2.38	0.67
118	56.63	13.20	1.59	7.67	7.23	2.52	0.56	2.97	2.49	0.59
119	52.17	11.24	0.94	7.93	14.43	1.87	0.04	2.11	1.34	0.02
120	47.37	3.89	0.51	9.84	24.11	0.79	0.08	0.48	0.13	0.15
121	52.12	12.94	1.52	11.05	9.52	2.52	0.23	2.46	1.42	0.20
122	53.54	13.80	1.06	7.36	10.48	2.44	0.23	2.32	1.70	0.20
123	55.18	14.25	1.57	9.23	8.28	2.09	0.27	2.19	1.74	0.26
124	49.67	11.96	0.71	5.49	16.18	1.89	0.11	1.05	0.90	0.27
125	28.12	8.40	0.83	5.29	27.54	2.73	0.08	1.07	1.58	0.11

Muestra	SiO₂	Al₂O₃	TiO₂	Fe₂O₃	CaO	MgO	MnO	Na₂O	K₂O	P₂O₅
126	57.11	17.13	1.21	6.45	6.02	2.04	0.12	2.13	2.04	0.21
127	55.44	15.22	1.30	9.90	6.93	1.74	0.16	3.02	0.91	0.20
128	53.10	18.87	1.58	7.36	4.81	1.24	0.11	1.69	1.84	0.16
129	59.00	16.36	0.91	5.98	3.41	1.95	0.17	2.16	2.50	0.13
130	59.85	18.89	0.90	2.84	2.21	1.06	0.08	1.07	3.55	0.13
131	56.69	14.76	0.96	4.26	8.02	1.18	0.16	1.47	2.95	0.15

Anexo B3. Concentraciones (ppm) de trazas para muestras de sedimentos activos a los largo de la cuenca del río Huasco. (Georreferencia de muestras en Anexo B1).

Muestra	Ag	As	Au	Ba	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Hg	La
1	1.10	<20	0.02	368.52	16.68	<1	81.66	<5	12.94	5.92	0.159	53.76
2	<1	<20	<0.02	25.67	<10	<1	98.64	19.71	103.59	16.32	0.069	48.53
3	0.88	<20	0.64	256.08	<10	<1	101.69	16.03	72.23	87.74	3.230	43.75
4	<1	<20	0.02	235.40	<10	<1	110.00	39.49	25.68	30.16	1.440	52.00
5	2.07	<20	<0.02	365.32	<10	<1	82.23	<5	14.17	10.86	0.260	32.30
6	<1	<20	<0.02	193.79	<10	<1	97.89	22.40	89.33	55.32	0.043	66.63
7	<1	<20	<0.02	304.87	14.73	1.00	98.34	15.16	85.50	82.27	0.078	27.72
8	<1	<20	0.06	131.36	11.34	<1	98.35	18.99	95.43	34.87	<0.015	<20
9	<1	<20	<0.02	307.20	<10	<1	125.00	14.00	56.83	915.24	0.044	68.00
10	<1	<20	<0.02	266.65	<10	<1	102.38	16.22	72.56	46.78	0.049	193.07
11	<1	<20	<0.02	227.53	<10	<1	89.97	15.07	46.04	95.66	0.018	34.87
12	<1	<20	<0.02	245.20	<10	<1	108.04	18.88	117.71	43.16	0.019	28.58
13	<1	<20	<0.02	299.09	12.69	3.00	107.17	18.01	94.72	94.53	0.020	39.66
14	<1	<20	<0.02	274.70	<10	1.00	103.57	19.03	70.45	65.12	0.029	65.55
15	<1	<20	<0.02	232.24	<10	<1	107.66	22.21	89.66	90.34	0.020	43.31
16	<1	<20	<0.02	332.23	<10	<1	106.88	15.81	59.78	194.16	0.068	158.98
17	<1	<20	<0.02	351.57	<10	<1	104.43	16.20	46.71	357.94	0.108	201.69
18	<1	<20	<0.02	274.08	<10	<1	95.56	13.52	73.98	55.20	0.020	140.98
19	<1	<20	<0.02	323.54	<10	<1	105.30	18.54	52.51	60.79	0.133	176.70
20	<1	<20	<0.02	360.63	<10	<1	101.69	16.14	35.78	50.97	0.155	244.86
21	<1	<20	<0.02	319.91	<10	<1	104.70	17.08	41.79	49.07	0.131	199.66
22	<1	<20	<0.02	331.24	<10	<1	104.46	15.29	44.91	35.40	0.075	131.90
23	<1	<20	<0.02	277.79	<10	<1	107.06	18.32	60.88	41.85	0.055	229.42
24	<1	<20	<0.02	316.33	<10	<1	101.35	16.23	40.07	59.22	0.122	212.97
25	<1	<20	0.04	295.80	<10	<1	107.38	17.63	67.22	36.96	0.074	44.80
26	<1	<20	<0.02	326.51	<10	<1	107.06	17.16	96.78	33.91	0.278	73.62
27	<1	<20	<0.02	300.22	<10	<1	108.40	17.35	67.77	196.06	0.040	33.06
28	<1	<20	<0.02	343.31	<10	<1	110.40	16.49	59.17	242.83	0.047	25.58
29	<1	<20	<0.02	316.27	<10	5.99	110.04	19.57	49.75	378.81	0.071	39.91
30	<1	<20	<0.02	342.73	15.67	<1	112.69	16.41	59.75	273.64	0.069	<20
31	<1	28.42	<0.02	443.26	<10	<1	112.96	11.73	63.55	136.26	0.138	58.54
32	<1	<20	<0.02	408.21	<10	<1	110.66	12.36	59.76	72.93	0.037	28.68
33	0.54	<20	<0.02	385.39	9.78	4.00	110.67	14.39	55.12	187.95	0.046	25.51
34	<1	<20	<0.02	258.25	<10	<1	111.00	19.66	63.29	19.67	<0.015	105.38
35	<1	135.18	0.06	414.92	<10	<1	114.31	17.01	46.18	337.07	0.215	296.48
36	<1	<20	<0.02	362.79	<10	<1	110.75	15.25	72.75	70.40	0.035	160.60
37	<1	<20	<0.02	369.68	11.75	<1	109.53	14.79	52.12	77.16	<0.015	122.72
38	<1	<20	<0.02	344.37	<10	<1	107.48	15.07	55.53	58.40	0.021	190.72
39	<1	<20	<0.02	296.07	9.68	<1	110.20	16.77	71.73	17.18	<0.015	250.76
40	<1	<20	<0.02	264.55	<10	<1	112.77	18.95	57.26	18.17	<0.015	212.10
41	<1	<20	<0.02	253.23	<10	<1	113.09	18.80	72.60	18.99	<0.015	208.80
42	<1	<20	<0.02	312.23	<10	<1	107.55	15.77	54.36	30.69	<0.015	39.41
43	<1	<20	<0.02	109.38	<10	<1	128.01	32.63	112.47	91.63	<0.015	52.86
44	<1	<20	<0.02	337.05	<10	4.95	105.35	14.07	40.99	119.37	<0.015	45.77
45	<1	<20	<0.02	393.48	<10	3.36	103.09	11.31	170.04	124.55	<0.015	56.04
46	<1	<20	<0.02	360.71	<10	<1	111.94	14.60	35.65	30.90	0.021	30.64
47	2.64	<20	<0.02	333.30	<10	<1	112.91	16.89	40.05	38.25	0.038	34.35
48	3.00	38.55	<0.02	344.13	<10	<1	112.73	19.81	47.10	88.29	0.147	34.99
49	4.82	<20	0.04	287.78	<10	<1	114.01	19.50	51.52	39.70	0.055	48.15
50	<1	<20	<0.02	372.77	<10	<1	114.80	17.97	37.90	58.75	0.066	57.58
51	2.90	44.66	<0.02	378.10	<10	<1	113.52	18.42	34.57	77.83	0.067	43.78
52	2.43	<20	0.02	338.13	<10	<1	105.62	15.04	43.64	30.77	0.064	39.89
53	4.47	<20	0.1	215.62	10.20	<1	111.71	21.02	81.28	17.18	0.028	52.55
54	4.22	<20	<0.02	321.13	<10	<1	109.31	17.00	66.67	53.27	0.049	14.72
55	<1	<20	<0.02	342.99	<10	<1	119.78	22.36	82.50	64.99	0.109	263.62
56	<1	41.05	<0.02	421.34	<10	<1	115.22	14.33	54.92	131.82	0.145	236.61
57	<1	111.77	0.02	432.02	<10	<1	115.25	14.48	38.91	152.83	0.195	163.11
58	<1	<10	0.02	355.00	<10	<1	113.82	17.25	51.16	62.30	0.073	268.89
59	<1	136.53	0.04	417.59	<10	<1	114.62	16.24	43.52	294.40	0.211	258.68
60	<1	<10	<0.02	361.15	<10	<1	112.36	15.73	68.18	64.49	0.059	20.32
61	<1	114.42	0.04	445.11	10.18	<1	117.10	14.21	56.45	134.78	0.200	245.65
62	<1	<10	<0.02	245.35	<10	<1	106.87	18.70	79.88	29.22	<0.015	185.29
63	<1	43.13	0.02	426.05	<10	<1	115.76	14.09	53.33	102.01	0.140	238.53
64	<1	<20	<0.02	385.84	12.31	<1	120.10	18.91	76.47	75.01	0.197	161.53
65	<1	<20	<0.02	343.29	<10	<1	109.53	15.46	50.59	46.91	<0.015	133.42
66	<1	118.09	0.04	479.73	<10	<1	122.69	14.81	40.68	154.43	0.251	138.69
67	<1	154.65	0.06	506.90	<10	<1	126.21	15.16	43.36	140.75	0.240	177.31
68	<1	<20	<0.02	301.54	<10	<1	112.23	16.45	76.51	18.83	<0.015	184.79

Muestra	Ag	As	Au	Ba	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Hg	La
69	<1	125.85	0.06	516.15	10.49	<1	130.47	16.93	84.07	182.86	0.290	90.66
70	<1	171.02	0.08	509.37	<10	<1	129.01	15.88	65.37	111.45	0.293	158.75
71	<1	167.46	0.08	542.10	<10	<1	134.81	16.23	56.82	96.24	0.367	227.75
72	<1	<20	<0.02	358.48	<10	<1	112.86	14.62	43.30	26.90	0.035	189.05
73	0.59	<20	<0.02	377.78	<10	<1	115.75	14.39	30.16	30.45	<0.015	52.77
74	1.68	<20	<0.02	376.24	<10	<1	111.62	12.67	46.13	18.77	<0.015	32.71
75	0.87	<20	<0.02	366.62	<10	<1	111.67	12.92	44.68	16.92	<0.015	33.40
76	<1	82.71	<0.02	320.71	<10	<1	109.15	20.43	30.06	137.57	0.061	53.07
77	2.05	<20	<0.02	358.84	<10	<1	115.10	16.96	35.49	45.57	0.034	49.66
78	1.98	<20	<0.02	371.63	<10	<1	115.05	14.54	39.97	33.74	0.045	49.55
79	<1	263.95	<0.02	879.38	11.58	<1	183.49	13.30	65.82	42.39	1.162	85.29
80	<1	158.60	0.1	592.02	10.57	<1	137.32	14.13	60.57	53.29	0.394	187.39
81	<1	<20	0.16	389.07	<10	<1	116.34	16.58	59.22	48.54	0.064	177.31
82	<1	33.63	<0.02	295.02	<10	<1	115.82	19.68	38.23	24.36	0.081	163.31
83	<1	<20	<0.02	218.82	<10	<1	108.60	17.39	52.68	12.94	0.019	240.98
84	<1	<20	<0.02	262.23	<10	<1	108.93	15.61	52.61	15.06	0.016	204.51
85	<1	<20	<0.02	296.92	<10	<1	110.26	16.59	72.41	15.47	<0.015	132.98
86	<1	<20	<0.02	326.86	<10	<1	111.95	15.64	50.64	16.34	<0.015	249.22
87	<1	<20	<0.02	424.19	<10	<1	134.31	20.65	25.60	18.29	0.016	207.26
88	<1	25.04	<0.02	439.85	<10	<1	133.25	20.54	24.88	17.42	0.017	180.71
89	<1	49.03	<0.02	360.86	<10	<1	126.24	21.03	33.76	15.59	0.039	302.42
90	<1	71.91	<0.02	367.75	<10	<1	127.04	22.62	30.01	17.55	0.022	199.12
91	<1	<20	<0.02	248.62	<10	<1	106.03	19.87	56.18	76.43	0.022	75.69
92	<1	<20	<0.02	228.54	<10	<1	106.16	19.44	63.46	67.11	0.018	96.41
93	<1	<20	<0.02	258.81	<10	<1	108.88	19.43	46.62	62.53	0.019	118.41
94	<1	<20	<0.02	226.26	<10	<1	105.99	17.84	58.70	54.14	<0.015	96.94
95	<1	<20	<0.02	207.12	<10	<1	105.81	18.93	57.55	57.33	0.024	105.86
96	<1	<20	<0.02	398.28	11.59	<1	104.36	9.30	92.35	17.58	0.050	53.16
97	<1	<20	<0.02	205.72	12.55	<1	100.47	15.79	104.00	15.42	0.048	64.34
98	<1	<20	<0.02	<20	<10	1.00	97.27	25.04	124.15	13.65	0.037	30.94
99	<1	<20	<0.02	79.44	<10	<1	96.01	19.65	98.29	14.91	0.044	51.19
100	<1	<20	<0.02	<20	11.63	3.00	97.25	26.21	104.51	10.81	0.047	39.65
101	<1	<20	<0.02	<20	9.75	1.00	94.93	25.27	145.17	12.45	0.021	64.29
102	<1	<20	<0.02	303.51	16.55	<2	101.86	13.11	79.45	17.13	0.047	31.59
103	<1	<20	<0.02	320.31	<10	<1	96.77	12.65	70.34	58.36	0.018	38.37
104	<1	<20	0.02	363.07	9.70	<1	85.93	6.24	16.80	10.80	0.179	45.75
105	2.09	<20	<0.02	530.00	<10	2.18	63.48	13.06	66.43	22.04	0.04117	41.65
106	2.68	<20	1	487.00	<10	<1	65.70	20.49	94.87	27.48	0.02764	81.32
107	2.32	<20	<0.02	543.00	<10	1.94	61.14	10.20	76.49	16.27	<0.015	19.83
108	1.45	<20	<0.02	426.00	<10	1.87	59.45	19.55	77.14	65.48	0.05629	61.03
109	1.87	<20	<0.02	327.00	27.93	<1	57.43	23.17	77.89	80.79	0.14443	77.83
110	3.86	<20	<0.02	333.00	24.87	<1	57.35	18.89	93.86	86.95	0.02071	40.11
111	2.01	<20	<0.02	250.00	11.67	<1	59.40	20.54	127.06	24.26	0.05647	93.41
112	2.45	<20	<0.02	650.00	<10	<1	65.66	14.50	73.19	45.37	0.03391	40.00
113	1.65	<20	<0.02	495.00	<10	<1	60.91	16.39	89.44	34.30	<0.015	90.33
114	4.27	<20	<0.02	589.00	24.35	<1	64.46	15.86	95.81	34.31	<0.015	52.80
115	2.12	<20	<0.02	615.00	20.58	0.69	64.87	14.23	84.57	32.39	<0.015	76.95
116	5.44	<20	<0.02	326.00	16.15	<1	60.49	25.72	107.15	65.97	0.01784	37.00
117	1.43	<20	<0.02	412.00	<10	2.80	59.73	23.71	99.15	85.39	0.03788	51.56
118	4.14	<20	<0.02	375.00	26.31	<1	59.10	19.71	87.50	78.24	0.0225	61.13
119	1.54	<20	<0.02	415.00	19.91	0.70	57.63	19.38	69.14	154.10	0.02476	20.40
120	2.79	<20	<0.02	508.00	23.59	<1	46.70	22.59	29.55	5734.56	0.07434	43.46
121	0.99	<20	<0.02	287.00	<10	<1	57.47	27.16	62.81	96.92	<0.015	53.97
122	3.09	<20	<0.02	452.00	<10	<1	60.20	18.99	50.51	128.02	0.02467	38.31
123	4.33	<20	<0.02	286.00	26.55	<1	58.29	23.61	83.48	58.96	<0.015	46.78
124	1.59	<20	<0.02	416.00	16.93	<1	57.70	14.61	111.35	22.64	<0.015	54.28
125	2.29	<20	<0.02	352.00	14.22	<1	54.60	8.45	39.41	9.47	<0.015	100.00
126	<1	<20	<0.02	502.00	<10	<1	65.41	18.26	107.63	43.83	0.01559	81.77
127	<1	<20	<0.02	288.00	22.54	1.75	58.44	26.82	75.31	57.11	0.0719	77.53
128	2.96	<20	<0.02	326.00	10.34	<1	59.97	22.61	165.79	36.44	0.01952	80.67
129	2.66	<20	<0.02	635.00	13.53	<1	67.92	17.96	91.13	31.93	0.081	52.73
130	4.42	<20	<0.02	540.00	23.44	<1	64.36	12.05	77.25	22.16	<0.015	66.46
131	<20	<0.02	0.035	17.26	2.79	75.47	14.97	75.38	26.99	80.42	0.035	<5

Muestra	Nb	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	V	W	Y	Zn	Zr
1	<10	47.37	<10	<10	<20	870.07	<10	<10	<10	<5	90.91
2	<10	61.17	<10	11.52	<20	402.32	188.94	<10	11.07	67.82	386.32
3	<10	63.22	<10	<10	<20	433.88	101.80	<10	<10	209.70	245.76
4	<10	13.00	17.00	<10	<20	405.00	31.00	<10	15.00	181.00	80.00
5	<10	48.13	<10	<10	<20	897.96	<10	<10	<10	<5	96.32
6	<10	64.62	<10	<10	<20	356.03	122.43	<10	<10	205.61	286.31
7	<10	70.57	<10	<10	<20	388.09	86.12	<10	<10	263.33	200.47
8	<10	66.04	<10	21.57	<20	373.98	162.54	<10	10.88	251.09	295.95
9	<10	66.00	30.00	<10	<20	261.00	30.00	<10	20.00	1680.00	80.00
10	<10	73.97	10.21	<10	<20	477.71	109.88	<10	10.93	398.03	333.12
11	<10	58.70	<10	23.69	<20	390.02	66.80	<10	<10	118.34	212.39
12	<10	71.99	<10	<10	<20	422.79	117.82	<10	12.59	375.35	316.57
13	<10	76.77	<10	11.81	<20	360.65	100.37	<10	13.01	609.54	258.34
14	<10	59.55	<10	<10	<20	321.48	107.91	<10	11.31	332.57	233.05
15	<10	66.69	<10	<10	<20	377.28	132.12	<10	11.72	475.27	249.26
16	<10	93.59	16.12	<10	<20	417.35	86.04	<10	17.32	1854.53	279.85
17	<10	105.71	23.44	<10	<20	382.44	69.48	<10	21.11	3221.80	149.91
18	<10	85.08	<10	<10	<20	425.96	84.07	<10	10.12	505.00	148.27
19	<10	81.61	27.69	<10	<20	466.56	99.64	<10	13.76	956.05	191.47
20	<10	68.35	25.77	<10	<20	401.23	71.23	<10	11.82	603.11	121.96
21	<10	71.96	25.52	<10	<20	421.07	86.04	<10	13.50	638.59	191.92
22	<10	70.63	17.10	<10	<20	509.56	87.32	<10	12.09	522.72	208.16
23	<10	68.38	10.66	<10	<20	485.69	113.41	<10	10.17	267.89	260.93
24	<10	77.49	19.68	<10	<20	454.74	89.38	<10	13.26	839.27	175.57
25	<10	72.30	16.05	<10	<20	510.90	117.40	<10	11.30	261.79	210.49
26	<10	76.18	20.23	<10	<20	380.94	93.73	<10	11.97	193.85	204.93
27	<10	85.72	12.41	<10	19.66	460.72	93.08	<10	14.94	1412.93	243.94
28	<10	96.01	19.23	<10	24.44	433.13	91.44	<10	16.96	1764.64	239.97
29	<10	106.98	21.33	<10	<20	379.02	93.64	<10	19.21	2652.57	209.63
30	10.00	84.27	18.61	<10	<20	415.04	95.09	<10	16.80	1760.13	194.78
31	10.28	60.92	35.39	<10	<20	544.45	59.69	<10	10.72	796.09	119.66
32	<10	63.05	11.50	24.00	<20	326.37	75.59	<10	14.49	286.83	184.14
33	<10	88.85	16.54	<10	<20	461.10	79.08	<10	16.00	1654.26	179.89
34	<10	58.42	<10	<10	<20	368.53	140.43	<10	9.89	107.78	183.22
35	22.00	100.37	58.31	18.95	<20	460.65	67.70	<10	19.61	3208.99	111.08
36	<10	73.01	10.05	<10	<20	537.02	85.97	<10	13.00	582.92	250.35
37	<10	66.70	<10	<10	<20	339.49	84.58	<10	13.36	429.77	161.51
38	<10	65.19	11.34	<10	<20	348.47	83.79	<10	14.88	356.10	259.19
39	<10	67.05	<10	<10	<20	577.28	117.35	<10	10.13	88.59	227.75
40	<10	63.57	<10	<10	<20	693.49	130.39	<10	<10	96.92	274.14
41	<10	63.29	<10	<10	<20	316.35	138.39	<10	13.23	123.08	307.32
42	<10	59.66	<10	<10	22.18	382.07	91.59	<10	10.39	107.06	154.32
43	<10	57.82	<10	<10	<20	229.76	229.57	<10	<10	313.80	188.11
44	<10	69.15	<10	11.81	<20	424.50	82.32	<10	12.47	555.34	138.01
45	25.85	365.29	80.12	18.27	<20	473.92	84.81	<10	24.11	391.79	125.24
46	<10	68.82	16.71	15.72	<20	694.07	92.92	<10	11.65	429.73	200.01
47	<10	71.79	21.30	<10	<20	621.04	105.64	<10	12.26	559.82	251.17
48	<10	90.88	37.18	<10	<20	432.44	90.87	<10	17.27	1488.48	198.93
49	<10	75.54	21.20	<10	<20	522.21	111.65	<10	12.89	670.97	303.70
50	<10	78.28	29.29	<10	<20	510.96	99.38	<10	15.14	954.84	163.99
51	<10	81.94	37.12	<10	<20	506.41	96.97	<10	17.01	1168.88	169.25
52	<10	68.40	18.95	<10	<20	612.99	76.48	<10	10.67	452.07	224.00
53	<10	67.18	<10	14.75	<20	436.76	145.68	<10	9.90	167.10	415.02
54	<10	74.20	18.58	<10	<20	523.45	99.75	<10	11.79	569.27	223.70
55	<10	65.58	16.02	<10	<20	376.56	127.61	<10	12.61	461.96	384.50
56	12.48	74.25	38.84	12.62	<20	540.07	71.80	<10	12.87	1338.27	186.48
57	15.28	75.78	54.94	17.85	<20	539.54	65.35	<10	12.70	1597.17	132.62
58	<10	67.75	13.41	<10	<20	510.71	110.71	<10	12.41	480.19	292.52
59	22.80	103.90	59.64	19.38	<20	469.18	72.69	<10	20.24	3879.61	115.33
60	<10	74.74	16.13	<10	<20	570.87	89.91	<10	12.76	676.77	282.91
61	14.92	65.76	53.28	17.32	<20	544.59	79.78	<10	11.75	1097.27	150.50
62	<10	68.01	<10	<10	<20	739.05	119.11	<10	10.38	198.32	266.08
63	11.62	62.65	37.25	12.11	<20	522.56	72.11	<10	10.81	646.00	178.03
64	<10	61.80	18.96	<10	<20	400.47	106.56	<10	12.03	331.63	347.51
65	27.78	73.88	22.07	<10	<20	443.84	91.79	<10	14.22	371.06	177.50
66	11.05	59.44	54.47	17.70	<20	541.02	72.77	<10	10.45	1282.92	210.20
67	9.75	57.58	63.63	20.68	<20	537.45	85.68	<10	10.06	1008.58	241.54
68	<10	71.93	<10	<10	<20	1113.97	123.76	<10	10.84	93.80	272.19
69	10.61	56.81	57.48	18.68	<20	503.89	82.67	<10	10.92	1214.48	320.24

70	<10	54.54	68.20	22.17	<20	544.37	76.01	<10	10.15	586.05	252.16
71	<10	54.93	66.02	21.46	<20	540.83	80.47	<10	<10	485.61	290.16
72	<10	65.65	20.81	<10	<20	710.90	98.93	<10	12.56	430.10	216.75
Muestra	Nb	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	V	W	Y	Zn	Zr
73	<10	65.25	13.07	<10	<20	665.66	91.62	<10	11.74	376.07	175.86
74	<10	60.50	9.51	<10	<20	788.10	76.90	<10	11.21	184.38	206.75
75	<10	61.94	<10	11.59	<20	792.16	90.80	<10	10.73	162.66	216.36
76	<10	107.12	46.70	<10	<20	376.26	86.91	<10	20.74	2046.82	156.50
77	<10	71.45	22.98	<10	<20	555.92	98.99	<10	13.85	622.50	164.36
78	<10	68.83	20.65	<10	<20	661.08	89.24	<10	13.07	494.34	178.45
79	<10	52.87	88.08	28.63	<20	550.07	81.60	<10	<10	210.60	233.45
80	<10	52.66	64.68	21.02	<20	576.12	67.26	<10	<10	238.61	249.28
81	10.98	60.01	9.54	<10	<20	438.91	97.94	<10	11.77	90.79	183.03
82	<10	60.89	35.78	11.63	<20	569.19	134.83	<10	12.01	326.87	239.71
83	<10	60.13	<10	<10	<20	288.82	158.29	<10	14.20	101.91	274.71
84	<10	60.20	<10	<10	<20	325.93	130.92	<10	14.21	99.94	230.27
85	<10	59.59	<10	<10	<20	727.88	112.67	<10	10.84	148.97	335.83
86	<10	60.32	<10	<10	<20	731.17	109.07	<10	11.32	163.50	299.73
87	<10	53.05	32.98	10.72	<20	322.29	139.28	<10	14.75	205.15	231.44
88	<10	52.65	34.04	11.06	<20	322.42	122.34	<10	15.57	221.31	214.08
89	<10	53.09	40.18	13.06	<20	322.22	148.34	<10	14.16	158.81	202.71
90	<10	52.82	44.06	14.32	<20	304.98	135.96	<10	14.83	171.31	182.03
91	<10	59.84	30.08	9.78	<20	570.15	121.46	<10	<10	380.07	163.07
92	<10	57.95	30.39	9.88	<20	527.42	131.60	<10	<10	324.21	168.68
93	<10	59.84	30.93	10.05	<20	450.68	128.02	<10	11.50	411.93	152.70
94	9.57	58.60	25.61	<10	<20	464.36	133.19	<10	10.34	340.00	164.17
95	<10	57.91	26.97	<10	<20	460.08	146.72	<10	10.21	349.33	180.64
96	<10	62.50	<10	<10	<20	447.45	56.46	<10	10.07	62.27	119.14
97	<10	64.99	<10	21.06	<20	436.68	125.45	<10	10.98	85.11	240.05
98	<10	65.06	<10	21.90	<20	371.07	243.06	<10	12.40	100.68	453.15
99	<10	66.10	<10	17.98	<20	446.41	186.50	<10	12.11	98.20	234.81
100	<10	60.99	<10	<10	<20	337.06	301.51	<10	10.88	93.33	396.27
101	<10	65.53	<10	<10	<20	417.72	278.94	<10	12.31	90.68	308.07
102	<10	62.96	<10	<10	<20	433.32	85.51	<10	11.04	75.78	236.52
103	<10	60.17	<10	<10	<20	487.15	66.62	<10	<10	114.81	169.19
104	<10	50.16	<10	<10	<20	725.83	15.45	<10	<10	12.14	98.50
105	<10	32.41	10.00	<10	<20	309.00	97.00	<10	27.20	73.00	235.00
106	<10	31.29	20.00	23.04	<20	218.00	221.00	<10	35.00	89.00	425.00
107	<10	29.68	<10	17.54	<20	338.00	86.00	<10	22.25	49.00	212.00
108	<10	31.63	<10	<10	<20	212.00	200.00	<10	23.27	68.00	202.00
109	<10	31.27	10.00	17.40	<20	196.00	291.00	<10	18.91	92.00	232.00
110	<10	34.09	<10	<10	<20	181.00	168.00	<10	36.00	76.00	223.00
111	<10	35.60	<10	<10	<20	147.00	300.00	<10	32.00	95.00	448.00
112	<10	34.95	20.00	<10	<20	295.00	127.00	<10	25.98	109.00	165.00
113	<10	31.68	10.00	32.93	<20	215.00	189.00	<10	24.07	102.00	419.00
114	<10	31.82	20.00	<10	<20	232.00	168.00	<10	26.17	99.00	401.00
115	<10	32.99	20.00	19.76	<20	266.00	134.00	<10	27.23	107.00	242.00
116	<10	31.54	10.00	<10	<20	287.00	274.00	<10	32.00	109.00	304.00
117	<10	32.53	10.00	26.06	<20	291.00	252.00	<10	22.00	152.00	254.00
118	<10	30.34	10.00	21.64	<20	219.00	216.00	<10	26.59	103.00	677.00
119	<10	29.08	20.00	12.18	<20	309.00	287.00	<10	21.00	133.00	264.00
120	<10	41.77	<10	20.07	<20	526.00	65.00	<10	<10	57.00	58.00
121	<10	28.97	30.00	<10	<20	388.00	487.00	<10	32.00	185.00	400.00
122	<10	29.98	40.00	40.53	<20	297.00	202.00	<10	19.51	214.00	203.00
123	<10	29.36	20.00	<10	<20	342.00	369.00	<10	35.00	106.00	411.00
124	<10	45.92	<10	<10	<20	339.00	145.00	<10	23.00	78.00	197.00
125	<10	28.68	<10	<10	<20	286.00	69.00	<10	25.00	58.00	223.00
126	<10	43.12	20.00	13.08	<20	315.00	152.00	<10	22.05	113.00	408.00
127	<10	28.96	30.00	<10	<20	374.00	364.00	<10	26.00	98.00	481.00
128	<10	55.07	<10	20.85	<20	215.00	225.00	<10	21.46	96.00	205.00
129	<10	34.55	12.00	<10	<20	147.00	124.00	<10	34.41	128.00	346.00
130	<10	35.08	15.00	22.41	<20	195.00	120.00	<10	30.40	89.00	194.00
131	31.90	20.00	<10	<20	194.00	122.00	<10	27.78	99.00	405.00	2.63

ANEXO C.

Coeficientes de la matriz de Pearson para valores de muestras de sedimentos activos.

Anexo C1. Matriz de Pearson de las concentraciones óxidos o elementos trazas en muestras de sedimentos activos.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ag	As	Au	Ba	Bi	Cd	Ce
SiO ₂	1,00	0,58	0,10	0,08	-0,93	-0,03	-0,06	0,41	0,63	-0,09	0,11	0,45	0,20	0,03	-0,12	0,36	0,40
Al ₂ O ₃	0,58	1,00	0,06	0,05	-0,75	0,10	0,14	0,16	0,56	-0,06	0,22	-0,13	0,27	0,33	0,08	0,36	0,04
TiO ₂	0,10	0,06	1,00	0,73	-0,18	0,54	0,43	0,47	0,11	0,62	0,30	-0,50	0,48	-0,33	0,16	-0,38	-0,44
Fe ₂ O ₃	0,08	0,05	0,73	1,00	-0,15	0,48	0,25	0,22	-0,10	0,26	0,27	-0,43	0,41	-0,36	0,37	-0,34	-0,37
CaO	-0,93	-0,75	-0,18	-0,15	1,00	-0,09	-0,08	-0,41	-0,71	-0,04	-0,19	0,18	-0,18	-0,09	0,03	-0,45	-0,33
MgO	-0,03	0,10	0,54	0,48	-0,09	1,00	0,40	0,52	0,12	0,54	0,14	-0,48	0,47	0,02	0,43	-0,28	-0,57
MnO	-0,06	0,14	0,43	0,25	-0,08	0,40	1,00	0,20	0,25	0,76	0,23	-0,07	-0,21	0,17	0,26	0,26	-0,25
Na ₂ O	0,41	0,16	0,47	0,22	-0,41	0,52	0,20	1,00	0,24	0,40	0,05	0,29	0,56	0,04	0,06	-0,46	-0,24
K ₂ O	0,63	0,56	0,11	-0,10	-0,71	0,12	0,25	0,24	1,00	0,21	0,19	-0,50	0,24	0,28	-0,02	0,42	0,31
P ₂ O ₅	-0,09	-0,06	0,62	0,26	-0,04	0,54	0,76	0,40	0,21	1,00	0,14	-0,51	0,28	0,13	0,36	-0,20	-0,40
Ag	0,11	0,22	0,30	0,27	-0,19	0,14	0,23	0,05	0,19	0,14	1,00	-1,00	-0,30	-0,03	0,31	-0,42	-0,11
As	0,45	-0,13	-0,50	-0,43	0,18	-0,48	-0,07	0,29	-0,50	-0,51	-1,00	1,00	0,87	0,82	0,99	-	0,69
Au	0,20	0,27	0,48	0,41	-0,18	0,47	-0,21	0,56	0,24	0,28	-0,30	0,87	1,00	0,06	-0,48	-	-0,52
Ba	0,03	0,33	-0,33	-0,36	-0,09	0,02	0,17	0,04	0,28	0,13	-0,03	0,82	0,06	1,00	0,17	0,07	-0,06
Bi	-0,12	0,08	0,16	0,37	0,03	0,43	0,26	0,06	-0,02	0,36	0,31	0,99	-0,48	0,17	1,00	-0,51	-0,65
Cd	0,36	0,36	-0,38	-0,34	-0,45	-0,28	0,26	-0,46	0,42	-0,20	-0,42	-	-	0,07	-0,51	1,00	0,47
Ce	0,40	0,04	-0,44	-0,37	-0,33	-0,57	-0,25	-0,24	0,31	-0,40	-0,11	0,69	-0,52	-0,06	-0,65	0,47	1,00
Co	0,22	0,12	0,53	0,76	-0,32	0,22	0,10	0,12	-0,06	0,11	0,31	-0,42	0,11	-0,40	0,22	-0,19	-0,07
Cr	0,20	0,11	0,63	0,42	-0,20	0,35	0,09	0,48	0,00	0,25	0,27	0,47	0,49	-0,20	-0,08	-0,31	-0,34
Hg	-0,02	-0,16	-0,18	-0,17	0,06	-0,13	-0,10	-0,05	-0,15	-0,01	-0,22	0,83	0,37	0,09	-0,22	0,09	0,18
Cu	-0,11	-0,21	-0,13	0,18	0,17	-0,10	-0,02	-0,23	-0,31	-0,07	0,03	0,23	-0,12	0,11	0,24	0,68	-0,17
La	0,23	0,21	-0,20	-0,12	-0,24	-0,20	-0,10	-0,15	0,28	-0,11	-0,04	0,06	-0,14	0,08	-0,30	-0,14	0,38
Mo	0,38	0,64	0,55	0,63	-0,48	0,51	0,55	0,08	0,45	-0,15	1,00	0,72	1,00	-0,18	0,72	-	0,38
Nb	-0,91	0,69	0,04	0,13	0,26	0,33	0,27	-0,73	0,22	-0,06	-	0,38	-0,08	-0,16	-0,63	-	-0,48
Ni	0,16	0,08	-0,23	-0,17	-0,11	-0,25	0,01	-0,22	0,14	-0,24	-0,08	-0,15	-0,27	-0,14	-0,69	0,33	0,36
Pb	0,20	0,14	-0,35	-0,19	-0,25	-0,38	-0,10	-0,21	0,01	-0,22	0,06	1,00	-0,24	0,34	-0,56	0,12	0,51
Sb	-0,24	-0,05	0,20	0,09	0,26	0,29	0,30	0,32	-0,16	0,25	0,12	1,00	0,41	0,33	-0,01	-0,27	-0,25
Sn	0,87	0,18	-0,60	-1,00	-0,33	-0,51	0,49	0,37	0,45	-0,71	-	-	-	0,96	-	-	0,66

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ag	As	Au	Ba	Bi	Cd	Ce
Sr	-0,07	-0,27	-0,50	-0,50	0,19	-0,40	-0,29	-0,17	-0,24	-0,26	-0,29	0,39	-0,58	-0,07	-0,42	0,33	0,44
V	0,10	0,17	0,77	0,79	-0,20	0,46	0,16	0,41	-0,08	0,31	0,11	-0,40	0,63	-0,27	0,39	-0,39	-0,50
Y	-0,02	0,49	0,42	0,31	-0,18	0,57	0,46	0,29	0,22	0,39	0,30	-0,49	0,60	0,30	0,54	0,01	-0,65
Zn	0,10	0,35	-0,33	-0,15	-0,19	-0,25	0,34	-0,27	0,09	-0,19	-0,05	0,07	-0,21	0,07	-0,29	0,75	0,32
Zr	0,22	0,16	0,61	0,45	-0,22	0,29	0,13	0,50	0,09	0,29	0,34	0,32	0,48	-0,08	0,25	-0,34	-0,28

	Co	Cr	Cu	Hg	La	Mo	Nb	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	V	Y	Zn	Zr
SiO₂	0,22	0,20	-0,11	-0,02	0,23	0,38	-0,91	0,16	0,20	-0,24	0,87	-0,07	0,10	-0,02	0,10	0,22
Al₂O₃	0,12	0,11	-0,21	-0,16	0,21	0,64	0,69	0,08	0,14	-0,05	0,18	-0,27	0,17	0,49	0,35	0,16
TiO₂	0,53	0,63	-0,13	-0,18	-0,20	0,55	0,04	-0,23	-0,35	0,20	-0,60	-0,50	0,77	0,42	-0,33	0,61
Fe₂O₃	0,76	0,42	0,18	-0,17	-0,12	0,63	0,13	-0,17	-0,19	0,09	-1,00	-0,50	0,79	0,31	-0,15	0,45
CaO	-0,32	-0,20	0,17	0,06	-0,24	-0,48	0,26	-0,11	-0,25	0,26	-0,33	0,19	-0,20	-0,18	-0,19	-0,22
MgO	0,22	0,35	-0,10	-0,13	-0,20	0,51	0,33	-0,25	-0,38	0,29	-0,51	-0,40	0,46	0,57	-0,25	0,29
MnO	0,10	0,09	-0,02	-0,10	-0,10	0,55	0,27	0,01	-0,10	0,30	0,49	-0,29	0,16	0,46	0,34	0,13
Na₂O	0,12	0,48	-0,23	-0,05	-0,15	0,08	-0,73	-0,22	-0,21	0,32	0,37	-0,17	0,41	0,29	-0,27	0,50
K₂O	-0,06	0,00	-0,31	-0,15	0,28	0,45	0,22	0,14	0,01	-0,16	0,45	-0,24	-0,08	0,22	0,09	0,09
P₂O₅	0,11	0,25	-0,07	-0,01	-0,11	-0,15	-0,06	-0,24	-0,22	0,25	-0,71	-0,26	0,31	0,39	-0,19	0,29
Ag	0,31	0,27	0,03	-0,22	-0,04	1,00	-	-0,08	0,06	0,12	-	-0,29	0,11	0,30	-0,05	0,34
As	-0,42	0,47	0,23	0,83	0,06	0,72	0,38	-0,15	1,00	1,00	-	0,39	-0,40	-0,49	0,07	0,32
Au	0,11	0,49	-0,12	0,37	-0,14	1,00	-0,08	-0,27	-0,24	0,41	-	-0,58	0,63	0,60	-0,21	0,48
Ba	-0,40	-0,20	0,11	0,09	0,08	-0,18	-0,16	-0,14	0,34	0,33	0,96	-0,07	-0,27	0,30	0,07	-0,08
Bi	0,22	-0,08	0,24	-0,22	-0,30	0,72	-0,63	-0,69	-0,56	-0,01	-	-0,42	0,39	0,54	-0,29	0,25
Cd	-0,19	-0,31	0,68	0,09	-0,14	-	-	0,33	0,12	-0,27	-	0,33	-0,39	0,01	0,75	-0,34
Ce	-0,07	-0,34	-0,17	0,18	0,38	0,38	-0,48	0,36	0,51	-0,25	0,66	0,44	-0,50	-0,65	0,32	-0,28
Co	1,00	0,28	0,09	0,06	-0,02	0,59	-0,17	-0,18	-0,16	-0,09	-0,57	-0,39	0,62	0,17	-0,06	0,34
Cr	0,28	1,00	-0,13	-0,09	-0,27	0,22	0,33	0,15	-0,06	0,22	-0,66	-0,42	0,49	0,31	-0,28	0,47
Hg	0,06	-0,09	-0,00	1,00	-0,01	-0,32	-0,27	-0,05	0,40	0,26	0,13	0,06	-0,16	-0,20	0,02	-0,09
Cu	0,09	-0,13	1,00	-0,00	-0,06	0,55	0,17	-0,01	0,18	0,05	0,18	0,02	-0,11	-0,09	0,08	-0,21
La	-0,02	-0,27	-0,06	-0,01	1,00	0,41	0,21	0,08	0,31	-0,21	-0,51	0,14	-0,16	-0,16	0,21	-0,05
Mo	0,59	0,22	0,55	-0,32	0,41	1,00	0,87	0,28	0,01	0,76	-	-0,62	0,55	0,69	0,56	0,16
Nb	-0,17	0,33	0,17	-0,27	0,21	0,87	1,00	0,58	0,33	0,29	-	-0,35	-0,16	0,76	0,28	-0,49
Ni	-0,18	0,15	-0,01	-0,05	0,08	0,28	0,58	1,00	0,34	-0,11	0,24	0,21	-0,29	-0,15	0,39	-0,26
Pb	-0,16	-0,06	0,18	0,40	0,31	0,01	0,33	0,34	1,00	0,07	1,00	0,25	-0,21	-0,28	0,29	-0,26
Sb	-0,09	0,22	0,05	0,26	-0,21	0,76	0,29	-0,11	0,07	1,00	-	-0,30	0,15	0,25	-0,05	0,18

Sn	-0,57	-0,66	0,18	0,13	-0,51	-	-	0,24	1,00	-	1,00	-0,37	-0,92	0,27	0,17	-0,07
Sr	-0,39	-0,42	0,02	0,06	0,14	-0,62	-0,35	0,21	0,25	-0,30	-0,37	1,00	-0,43	-0,60	0,06	-0,29
V	0,62	0,49	-0,11	-0,16	-0,16	0,55	-0,16	-0,29	-0,21	0,15	-0,92	-0,43	1,00	0,49	-0,31	0,61
	Co	Cr	Cu	Hg	La	Mo	Nb	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	V	Y	Zn	Zr
Y	0,17	0,31	-0,09	-0,20	-0,16	0,69	0,76	-0,15	-0,28	0,25	0,27	-0,60	0,49	1,00	0,05	0,36
Zn	-0,06	-0,28	0,08	0,02	0,21	0,56	0,28	0,39	0,29	-0,05	0,17	0,06	-0,31	0,05	1,00	-0,29
Zr	0,34	0,47	-0,21	-0,09	-0,05	0,16	-0,49	-0,26	-0,26	0,18	-0,07	-0,29	0,61	0,36	-0,29	1,00

ANEXO D.

Parámetros físico químicos de calidad de aguas en la cuenca del río Huasco.

Anexo D1. . Parámetros físicos y químicos de calidad de aguas para estación de monitoreo Río del Carmen en Ramadillas (Fuente: DGA).

Valores Individuales Microbiológicos

PERÍODO: 01/10/2007-31/10/2008

Estación:	RÍO CARMEN EN RAMADILLAS				
Código BNA:	03815001-4	Latitud S:	28° 45' 00"	UTM Norte:	6818761 mts
Altitud:	825 msnm	Longitud W:	70° 29' 12"	UTM Este:	354837 mts
Cuenca:	RÍO HUASCO	Subcuenca:	Río del Carmen	Área de Drenaje:	2922.0 Km2

FECHA :	HORA:	PROF.:	Aluminio Total		Arsénico Total		Boro		Cloruro		Cadmio Total	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Manchas de bromuro de mercurio		Curcumin - Colorimetría		Potenciométrico - Argentométrico - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica	
			Mg/L Al	I	mg/l As	I	mg/l B	I	mg/l Cl	I	mg/l Cd	I
19-10-2007	17:30	0	0.3		0.005		1	<	12.001		0.01	<
14-02-2008	18:10	0	0.3		0.005		1	<	13.445		0.01	<
30-06-2008	14:20	0	0.3	<	0.004		1	<	10.691		0.01	<
14-10-2008	12:10	0	0.1	<	0.003		0.5	<	13		0.002	<

FECHA :	HORA:	PROF.:	Calcio disuelto		Cobalto Total		Cobre Total		Conductividad Específica		Cromo Hexavalente Total	
			Permanganato de Potasio - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Conductivímetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Ca	I	mg/l	I	mg/l Cu	I	mhos/cm	I	mg/l Cr	I
19-10-2007	17:30	0	174.116		0.01	<	0.01		816		0.01	<
14-02-2008	18:10	0	170.8		0.01	<	0.01		794		0.01	<
30-06-2008	14:20	0	163.795		0.01	<	0.01		806		0.01	<
14-10-2008	12:10	0	93.08		0.01	<	0.01	<	868		0.01	<

			Demanda Química de Oxígeno		Fierro Total		Fósforo de Ortofosfato		Magnesio disuelto		Manganeso Total	
			Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría		Espectrofotometría de absorción atómica		Kjeldahl - Colorimetría		Gravimétrico		Colorimetría - Persulfato	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l O2	l	mg/l Fe	l	mg/l PO4	l	mg/l Mg	l	mg/l Mn	l
19-10-2007	17:30	0	6.317		0.08		0.003	<	24.025		0.03	
14-02-2008	18:10	0	5.69		0.07		0.018		20.8		0.02	
30-06-2008	14:20	0	29.16		0.08		0.003		20.983		0.01	
14-10-2008	12:10	0	1	<	0.03	<	0.005	<	23.47		0.01	<

			Mercurio Total		Molibdeno Total		Nitrógeno de Nitrato		Níquel Total		Oxígeno Disuelto	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría Ultravioleta		Espectrofotometría de absorción atómica		Yodométrico (Azida) - Titulación	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Hg	l	mg/l Mo	l	mg/l NO3	l	mg/l Ni	l	mg/l O2	l
19-10-2007	17:30	0	0.001	<	0.05	<	1.123		0.02	<	8.99	
14-02-2008	18:10	0	0.001	<	0.05	<	0.353		0.02	<	7.63	
30-06-2008	14:20	0	0.001	<	0.05	<	0.537		0.02	<	9.78	
14-10-2008	12:10	0	0.001	<	0.01	<	0.37		0.02	<	9.21	

			PH		Plata Total		Plomo Total		Potasio disuelto		Razón de Absorción de Sodio (RAS)	
			Potenciométrico		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Fotometría de llama			
FECHA :	HORA:	PROF.:	unid. pH	l	mg/l Ag	l	mg/l Pb	l	mg/l K	l		l
19-10-2007	17:30	0	8.22		0.01	<	0.05	<	2.458		0.505	
14-02-2008	18:10	0	7.71		0.01	<	0.05	<	1.825		0.463	
30-06-2008	14:20	0	9.28		0.01	<	0.05	<	1.833		0.45	
14-10-2008	12:10	0	7.29		0.01	<	0.03	<	2.29		1.026	

			Selenio disuelto Diaminobencidina		Sodio disuelto Espectrofotometría de absorción atómica		Sulfato Turbidimétrico		Temperatura Termómetro		Zinc Total Espectrofotometría de absorción atómica	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Se	l	mg/l	l	mg/l	l	Grad. C	l	mg/l Zn	l
19-10-2007	17:30	0	0.001	<	26.812		300		24.06		0.01	
14-02-2008	18:10	0	0.001	<	24.078		350		25.26		0.01	
30-06-2008	14:20	0	0.001	<	22.993		362.5		15.4		0.02	
14-10-2008	12:10	0	0.001	<	42.76		264		18.04		0.01	<

INDICADOR: < : Medida Menor a la Sensibilidad del Instrumento
> : Medida mayor que la sensibilidad del instrumento
D : Medida dudosa
E : Medida errónea

Anexo D2. Parámetros físicos y químicos de calidad de aguas para estación de monitoreo Río Conay antes de río Chollay (Fuente: DGA).

Valores Individuales Microbiológicos

PERÍODO: 01/10/2007-31/10/2008

Estación:	RÍO CHOLLAY ANTES RÍO CONAY (CA)				
Código BNA:	03803001-9	Latitud S:	28° 59' 00"	UTM Norte:	6793254 mts
Altitud:	1455 msnm	Longitud W:	70° 10' 00"	UTM Este:	386339 mts
Cuenca:	RÍO HUASCO	Subcuenca:	Río Transito	Área de Drenaje:	800.0 Km2

FECHA :	HORA:	PROF.:	Aluminio Total		Arsénico Total		Boro		Cloruro		Cadmio Total	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Manchas de bromuro de mercurio		Curcumin - Colorimetría		Potenciométrico - Argentométrico - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica	
			Mg/L Al	I	mg/l As	I	mg/l B	I	mg/l Cl	I	mg/l Cd	I
19-10-2007	12:10	0	2.2		0.002		1	<	5.174		0.01	<
14-02-2008	12:00	0	5.8		0.003		1	<	6.437		0.01	<
17-06-2008	11:05	0	1.7		0.002		1	<	3.334		0.01	<
28-10-2008	13:10	0	2.6		0.001	<	0.5	<	7		0.002	<

FECHA :	HORA:	PROF.:	Calcio disuelto		Cobalto Total		Cobre Total		Conductividad Específica		Cromo Hexavalente Total	
			Permanganato de Potasio - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Conductivímetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Ca	I	mg/l	I	mg/l Cu	I	mhos/cm	I	mg/l Cr	I
19-10-2007	12:10	0	88.066		0.01	<	0.04		434		0.01	<
14-02-2008	12:00	0	101.7		0.02		0.05		493		0.01	<
17-06-2008	11:05	0	98.892		0.02		0.04		411		0.01	<
28-10-2008	13:10	0	53.59		0.01	<	0.01	<	489		0.01	<

			Demanda Química de Oxígeno		Fierro Total		Fósforo de Ortofosfato		Magnesio disuelto		Manganeso Total	
			Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría		Espectrofotometría de absorción atómica		Kjeldahl - Colorimetría		Gravimétrico		Colorimetría - Persulfato	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l O2	l	mg/l Fe	l	mg/l PO4	l	mg/l Mg	l	mg/l Mn	l
19-10-2007	12:10	0	5.691		0.76		0.003	<	9.239		0.4	
14-02-2008	12:00	0	8.51		0.64		0.005		13.5		0.9	
17-06-2008	11:05	0	17.9		0.33		0.003	<	10.637		0.81	
28-10-2008	13:10	0	1	<	0.03	<	0.005	<	11.75		0.01	<

			Mercurio Total		Molibdeno Total		Nitrógeno de Nitrato		Níquel Total		Oxígeno Disuelto	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría Ultravioleta		Espectrofotometría de absorción atómica		Yodométrico (Azida) - Titulación	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Hg	l	mg/l Mo	l	mg/l NO3	l	mg/l Ni	l	mg/l O2	l
19-10-2007	12:10	0	0.001	<	0.05	<	0.734		0.02	<	8.53	
14-02-2008	12:00	0	0.001	<	0.05	<	0.359		0.02		9.09	
17-06-2008	11:05	0	0.001	<	0.05	<	0.326		0.02	<	10.11	
28-10-2008	13:10	0	0.001	<	0.01	<	0.374		0.02	<	7.94	

			PH		Plata Total		Plomo Total		Potasio disuelto		Razón de Absorción de Sodio (RAS)	
			Potenciométrico		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Fotometría de llama			
FECHA :	HORA:	PROF.:	unid. pH	l	mg/l Ag	l	mg/l Pb	l	mg/l K	l	l	
19-10-2007	12:10	0	7.69		0.01	<	0.05	<	1.206		0.192	
14-02-2008	12:00	0	7.38		0.01	<	0.05	<	1.006		0.187	
17-06-2008	11:05	0	7.82		0.01	<	0.05	<	0.947		0.193	
28-10-2008	13:10	0	7.91		0.01	<	0.03	<	1.3		0.257	

			Selenio disuelto		Sodio disuelto		Sulfato		Temperatura		Zinc Total	
			Diaminobencidina		Espectrofotometría de absorción atómica		Turbidimétrico		Termómetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Se	l	mg/l	l	mg/l	l	Grad. C	l	mg/l Zn	l
19-10-2007	12:10	0	0.001	<	7.079		162.5		14.78		0.16	
14-02-2008	12:00	0	0.001	<	7.561		262.5		16.37		0.37	
17-06-2008	11:05	0	0.001	<	7.571		237.5		7.91		0.35	
28-10-2008	13:10	0	0.001	<	7.96		149		17.71		0.01	<

INDICADOR: < : Medida Menor a la Sensibilidad del Instrumento
> : Medida mayor que la sensibilidad del instrumento
D : Medida dudosa
E : Medida errónea

Anexo D3. Parámetros físicos y químicos de calidad de aguas para estación de monitoreo Río Conay en Las Lozas (Fuente: DGA).

Valores Individuales Microbiológicos

PERÍODO: 01/10/2007-31/10/2008

Estación:	RÍO CONAY EN LAS LOZAS			
Código BNA:	03802001-3	Latitud S:	28° 56' 55"	UTM Norte: 6797160 mts
Altitud:	1570 msnm	Longitud W:	70° 06' 12"	UTM Este: 392474 mts
Cuenca:	RÍO HUASCO	Subcuenca:	Río Transito	Área de Drenaje: 0.0 Km2

FECHA :	HORA:	PROF.:	Aluminio Total		Arsénico Total		Boro		Cloruro		Cadmio Total	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Manchas de bromuro de mercurio		Curcumin - Colorimetría		Potenciométrico - Argentométrico - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica	
			Mg/L Al	I	mg/l As	I	mg/l B	I	mg/l Cl	I	mg/l Cd	I
19-10-2007	13:25	0	5		0.011		1	<	15.569		0.01	<
14-02-2008	14:10	0	2.6		0.006		1	<	15.878		0.01	<
17-06-2008	12:20	0	2.5		0.006		1	<	16.036		0.01	<
28-10-2008	14:02	0	0.7		0.001	<	0.5	<	17		0.002	<

FECHA :	HORA:	PROF.:	Calcio disuelto		Cobalto Total		Cobre Total		Conductividad Específica		Cromo Hexavalente Total	
			Permanganato de Potasio - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Conductivímetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Ca	I	mg/l	I	mg/l Cu	I	mhos/cm	I	mg/l Cr	I
19-10-2007	13:25	0	95.12		0.01	<	0.12		516		0.01	<
14-02-2008	14:10	0	100.1		0.01		0.06		486		0.01	
17-06-2008	12:20	0	91.268		0.01	<	0.08		506		0.01	<
28-10-2008	14:02	0	48		0.01	<	0.01	<	487		0.01	<

			Demanda Química de Oxígeno		Fierro Total		Fósforo de Ortofosfato		Magnesio disuelto		Manganeso Total	
			Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría		Espectrofotometría de absorción atómica		Kjeldahl - Colorimetría		Gravimétrico		Colorimetría - Persulfato	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l O2	l	mg/l Fe	l	mg/l PO4	l	mg/l Mg	l	mg/l Mn	l
19-10-2007	13:25	0	25.718		2.27		0.009		10.546		0.35	
14-02-2008	14:10	0	17.27		0.84		0.008		10.2		0.24	
17-06-2008	12:20	0	24.47		0.93		0.008		10.384		0.33	
28-10-2008	14:02	0	9		0.03	<	0.005	<	9.46		0.01	<

			Mercurio Total		Molibdeno Total		Nitrógeno de Nitrato		Níquel Total		Oxígeno Disuelto	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría Ultravioleta		Espectrofotometría de absorción atómica		Yodométrico (Azida) - Titulación	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Hg	l	mg/l Mo	l	mg/l NO3	l	mg/l Ni	l	mg/l O2	l
19-10-2007	13:25	0	0.001	<	0.05	<	0.845		0.02	<	8.39	
14-02-2008	14:10	0	0.001	<	0.05	<	0.417		0.02	<	8.03	
17-06-2008	12:20	0	0.001	<	0.05	<	0.444		0.02	<	10.39	
28-10-2008	14:02	0	0.001	<	0.01	<	0.526		0.02	<	8.65	

			PH		Plata Total		Plomo Total		Potasio disuelto		Razón de Absorción de Sodio (RAS)	
			Potenciométrico		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Fotometría de llama			
FECHA :	HORA:	PROF.:	unid. pH	l	mg/l Ag	l	mg/l Pb	l	mg/l K	l		l
19-10-2007	13:25	0	7.79		0.01	<	0.05	<	1.974		0.524	
14-02-2008	14:10	0	7.68		0.01	<	0.05	<	1.21		0.459	
17-06-2008	12:20	0	7.59		0.01	<	0.05	<	1.311		0.553	
28-10-2008	14:02	0	7.91		0.01	<	0.03	<	1.54		1.036	

FECHA :	HORA:	PROF.:	Selenio disuelto Diaminobencidina		Sodio disuelto Espectrofotometría de absorción atómica		Sulfato Turbidimétrico		Temperatura Termómetro		Zinc Total Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Se	l	mg/l	l	mg/l	l	Grad. C	l	mg/l Zn	l
19-10-2007	13:25	0	0.001	<	20.184		175		15.18		0.2	
14-02-2008	14:10	0	0.001	<	18.015		162.5		17.84		0.13	
17-06-2008	12:20	0	0.001	<	20.913		187.5		8.07		0.17	
28-10-2008	14:02	0	0.001	<	30		140		13.75		0.01	<

INDICADOR: < : Medida Menor a la Sensibilidad del Instrumento
> : Medida mayor que la sensibilidad del instrumento
D : Medida dudosa
E : Medida errónea

Anexo D4. Parámetros físicos y químicos de calidad de aguas para estación de monitoreo Río Huasco en Huasco Bajo (Fuente: DGA).

Valores Individuales Microbiológicos

PERÍODO: 01/10/2007-31/10/2008

Estación:	RÍO HUASCO EN HUASCO BAJO				
Código BNA:	03826001-4	Latitud S:	28° 27' 53"	UTM Norte:	6849338 mts
Altitud:	0 msnm	Longitud W:	71° 10' 42"	UTM Este:	286712 mts
Cuenca:	RÍO HUASCO	Subcuenca:	Río Huasco	Área de Drenaje:	0.0 Km2

FECHA :	HORA:	PROF.:	Aluminio Total		Arsénico Total		Boro		Cloruro		Cadmio Total	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Manchas de bromuro de mercurio		Curcumin - Colorimetría		Potenciométrico - Argentométrico - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica	
			Mg/L Al	I	mg/l As	I	mg/l B	I	mg/l Cl	I	mg/l Cd	I
29-10-2007	19:15	0	0.3		0.005		1		317.905		0.01	<
27-02-2008	20:05	0	0.3		0.006		1		399.635		0.01	<
30-06-2008	18:20	0	0.5		0.007		1		285.272		0.01	<
27-10-2008	19:10	0	0.4		0.001	<	1.29		3.7		0.002	<

FECHA :	HORA:	PROF.:	Calcio disuelto		Cobalto Total		Cobre Total		Conductividad Específica		Cromo Hexavalente Total	
			Permanganato de Potasio - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Conductivímetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Ca	I	mg/l	I	mg/l Cu	I	mhos/cm	I	mg/l Cr	I
29-10-2007	19:15	0	259.446		0.01	<	0.01		2610		0.01	<
27-02-2008	20:05	0	398.7		0.01	<	0.01		3150		0.01	<
30-06-2008	18:20	0	365.11		0.01	<	0.02		2300		0.01	<
27-10-2008	19:10	0	170.44		0.01	<	0.01	<	2850		0.01	<

			Demanda Química de Oxígeno		Fierro Total		Fósforo de Ortofosfato		Magnesio disuelto		Manganeso Total	
			Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría		Espectrofotometría de absorción atómica		Kjeldahl - Colorimetría		Gravimétrico		Colorimetría - Persulfato	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l O2	l	mg/l Fe	l	mg/l PO4	l	mg/l Mg	l	mg/l Mn	l
29-10-2007	19:15	0	10.698		0.13		0.018		58.044		0.03	
27-02-2008	20:05	0	1	<	0.29		0.008		61.1		0.11	
30-06-2008	18:20	0	1	<	2.85		0.018		51.232		0.67	
27-10-2008	19:10	0	5		0.03	<	0.005	<	61.77		0.01	<

			Mercurio Total		Molibdeno Total		Nitrógeno de Nitrato		Níquel Total		Oxígeno Disuelto	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría Ultravioleta		Espectrofotometría de absorción atómica		Yodométrico (Azida) - Titulación	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Hg	l	mg/l Mo	l	mg/l NO3	l	mg/l Ni	l	mg/l O2	l
29-10-2007	19:15	0	0.001	<	0.05	<	0.485		0.02	<	10.66	
27-02-2008	20:05	0	0.001	<	0.05		0.215		0.02	<	6.67	
30-06-2008	18:20	0	0.001	<	0.05	<	1.171		0.02	<	9.04	
27-10-2008	19:10	0	0.001	<	0.01	<	0.066		0.02	<	8.85	

			PH		Plata Total		Plomo Total		Potasio disuelto		Razón de Absorción de Sodio (RAS)	
			Potenciométrico		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Fotometría de llama			
FECHA :	HORA:	PROF.:	unid. pH	l	mg/l Ag	l	mg/l Pb	l	mg/l K	l		
29-10-2007	19:15	0	8.62		0.01	<	0.05	<	6.672		0.315	
27-02-2008	20:05	0	7.65		0.01	<	0.05	<	7.947		4.8	
30-06-2008	18:20	0	9.2		0.01	<	0.05	<	5.733		3.359	
27-10-2008	19:10	0	8.53		0.01	<	0.03	<	7.43		5.596	

FECHA :	HORA:	PROF.:	Selenio disuelto		Sodio disuelto		Sulfato		Temperatura		Zinc Total	
			Diaminobencidina		Espectrofotometría de absorción atómica		Turbidimétrico		Termómetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Se	I	mg/l	I	mg/l	I	Grad. C	I	mg/l Zn	I
29-10-2007	19:15	0	0.001	<	21.529		750		20.04		0.03	
27-02-2008	20:05	0	0.001	<	389.547		950		23.98		0.02	
30-06-2008	18:20	0	0.001		258.658		800		14.81		0.01	
27-10-2008	19:10	0	0.001	<	335.35		712		21.63		0.01	<

INDICADOR: < : Medida Menor a la Sensibilidad del Instrumento
> : Medida mayor que la sensibilidad del instrumento
D : Medida dudosa
E : Medida errónea

Anexo D5. Parámetros físicos y químicos de calidad de aguas para estación de monitoreo Río Huasco en Panamericana (Fuente: DGA).

Valores Individuales Microbiológicos

PERÍODO: 01/10/2007-31/10/2008

Estación:	RÍO HUASCO EN PANAMERICANA (CA)				
Código BNA:	03823001-8	Latitud S:	28° 34' 19"	UTM Norte:	6838075 mts
Altitud:	0 msnm	Longitud W:	70° 47' 46"	UTM Este:	324319 mts
Cuenca:	RÍO HUASCO	Subcuenca:	Río Huasco	Área de Drenaje:	0.0 Km2

FECHA :	HORA:	PROF.:	Aluminio Total		Arsénico Total		Boro		Cloruro		Cadmio Total	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Manchas de bromuro de mercurio		Curcumin - Colorimetría		Potenciométrico - Argentométrico - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica	
			Mg/L Al	I	mg/l As	I	mg/l B	I	mg/l Cl	I	mg/l Cd	I
29-10-2007	15:50	0	0.3		0.004		1	<	37.913		0.01	<
27-02-2008	16:00	0	0.3	<	0.004		1	<	53.254		0.01	<
30-06-2008	17:20	0	0.3	<	0.004		1		42.765		0.01	<
13-10-2008	15:45	0	0.1	<	0.002		0.72		42		0.002	<

FECHA :	HORA:	PROF.:	Calcio disuelto		Cobalto Total		Cobre Total		Conductividad Específica		Cromo Hexavalente Total	
			Permanganato de Potasio - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Conductivímetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Ca	I	mg/l	I	mg/l Cu	I	mhos/cm	I	mg/l Cr	I
29-10-2007	15:50	0	136.105		0.01	<	0.01		1012		0.01	<
27-02-2008	16:00	0	168.9		0.01	<	0.02		957		0.01	<
30-06-2008	17:20	0	167.744		0.01	<	0.01	<	1158		0.01	<
13-10-2008	15:45	0	90.39		0.01	<	0.01	<	1114		0.01	<

			Demanda Química de Oxígeno		Fierro Total		Fósforo de Ortofosfato		Magnesio disuelto		Manganeso Total	
			Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría		Espectrofotometría de absorción atómica		Kjeldahl - Colorimetría		Gravimétrico		Colorimetría - Persulfato	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l O2	l	mg/l Fe	l	mg/l PO4	l	mg/l Mg	l	mg/l Mn	l
29-10-2007	15:50	0	16.956		0.02		0.005		21.352		0.02	
27-02-2008	16:00	0	18.83		0.02		0.013		19.1		0.01	
30-06-2008	17:20	0	25.72		0.03		0.007		23.826		0.02	
13-10-2008	15:45	0	10		0.03	<	0.005	<	23.7		0.01	<

			Mercurio Total		Molibdeno Total		Nitrógeno de Nitrato		Níquel Total		Oxígeno Disuelto	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría Ultravioleta		Espectrofotometría de absorción atómica		Yodométrico (Azida) - Titulación	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Hg	l	mg/l Mo	l	mg/l NO3	l	mg/l Ni	l	mg/l O2	l
29-10-2007	15:50	0	0.001	<	0.05	<	1.028		0.02	<	12.85	
27-02-2008	16:00	0	0.001	<	0.05	<	0.237		0.02	<	12.13	
30-06-2008	17:20	0	0.001	<	0.05	<	0.594		0.02	<	10.97	
13-10-2008	15:45	0	0.001	<	0.01	<	0.488		0.02	<	10.39	

			PH		Plata Total		Plomo Total		Potasio disuelto		Razón de Absorción de Sodio (RAS)	
			Potenciométrico		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Fotometría de llama			
FECHA :	HORA:	PROF.:	unid. pH	l	mg/l Ag	l	mg/l Pb	l	mg/l K	l		l
29-10-2007	15:50	0	8.86		0.01	<	0.05	<	3.199		2.006	
27-02-2008	16:00	0	8.15		0.01	<	0.05	<	2.849		1.578	
30-06-2008	17:20	0	9.35		0.01	<	0.05	<	2.964		1.778	
13-10-2008	15:45	0	7.76		0.01	<	0.03	<	3.57		3.163	

FECHA :	HORA:	PROF.:	Selenio disuelto		Sodio disuelto		Sulfato		Temperatura		Zinc Total	
			Diaminobencidina	mg/l Se	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/l	Turbidimétrico	mg/l	Termómetro	Grad. C	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/l Zn
29-10-2007	15:50	0	0.001	<	95.348		362.5		24.81		0.01	
27-02-2008	16:00	0	0.001	<	81.116		375		24.99		0.02	
30-06-2008	17:20	0	0.001	<	92.88		475		16.43		0.01	
13-10-2008	15:45	0	0.001	<	130.68		354		23.91		0.01	<

INDICADOR: < : Medida Menor a la Sensibilidad del Instrumento
> : Medida mayor que la sensibilidad del instrumento
D : Medida dudosa
E : Medida errónea

Anexo D6. Parámetros físicos y químicos de calidad de aguas para estación de monitoreo Río Tránsito antes de Junta Río Carmen (Fuente: DGA).

Valores Individuales Microbiológicos

PERÍODO: 01/10/2007-31/10/2008

Estación:	RÍO TRANSITO ANTES JUNTA RÍO CARMEN				
Código BNA:	03806001-5	Latitud S:	28° 45' 01"	UTM Norte:	6818734 mts
Altitud:	812 msnm	Longitud W:	70° 28' 58"	UTM Este:	355217 mts
Cuenca:	RÍO HUASCO	Subcuenca:	Río Tránsito	Área de Drenaje:	4153.0 Km2

FECHA :	HORA:	PROF.:	Aluminio Total		Arsénico Total		Boro		Cloruro		Cadmio Total	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Manchas de bromuro de mercurio		Curcumin - Colorimetría		Potenciométrico - Argentométrico - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica	
			Mg/L Al	I	mg/l As	I	mg/l B	I	mg/l Cl	I	mg/l Cd	I
19-10-2007	17:25	0	0.8		0.002		1	<	13.596		0.01	<
14-02-2008	17:50	0	0.9		0.002		1	<	14.465		0.01	<
30-06-2008	14:00	0	0.8		0.002		1	<	13.337		0.01	<
14-10-2008	11:45	0	1.3		0.003		0.5	<	16		0.002	<

FECHA :	HORA:	PROF.:	Calcio disuelto		Cobalto Total		Cobre Total		Conductividad Específica		Cromo Hexavalente Total	
			Permanganato de Potasio - Titulación		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Conductivímetro		Espectrofotometría de absorción atómica	
			mg/l Ca	I	mg/l	I	mg/l Cu	I	mhos/cm	I	mg/l Cr	I
19-10-2007	17:25	0	111.246		0.01	<	0.01		591		0.01	<
14-02-2008	17:50	0	122.8		0.01	<	0.02		600		0.01	<
30-06-2008	14:00	0	108.309		0.01	<	0.03		587		0.01	<
14-10-2008	11:45	0	61.85		0.01	<	0.01	<	610		0.01	<

			Demanda Química de Oxígeno		Fierro Total		Fósforo de Ortofosfato		Magnesio disuelto		Manganeso Total	
			Reflujo Dicromato de Potasio - Colorimetría		Espectrofotometría de absorción atómica		Kjeldahl - Colorimetría		Gravimétrico		Colorimetría - Persulfato	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l O2	l	mg/l Fe	l	mg/l PO4	l	mg/l Mg	l	mg/l Mn	l
19-10-2007	17:25	0	11.637		0.1		0.003		13.915		0.02	
14-02-2008	17:50	0	11.64		0.27		0.014		13.2		0.08	
30-06-2008	14:00	0	1	<	0.28		0.049		12.771		0.09	
14-10-2008	11:45	0	7		0.03	<	0.005	<	11.66		0.01	<

			Mercurio Total		Molibdeno Total		Nitrógeno de Nitrato		Níquel Total		Oxígeno Disuelto	
			Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría Ultravioleta		Espectrofotometría de absorción atómica		Yodométrico (Azida) - Titulación	
FECHA :	HORA:	PROF.:	mg/l Hg	l	mg/l Mo	l	mg/l NO3	l	mg/l Ni	l	mg/l O2	l
19-10-2007	17:25	0	0.001	<	0.05	<	1.352		0.02	<	9.83	
14-02-2008	17:50	0	0.001	<	0.05	<	0.373		0.02	<	7.8	
30-06-2008	14:00	0	0.001	<	0.05	<	0.632		0.02	<	10.58	
14-10-2008	11:45	0	0.001	<	0.01	<	0.693		0.02	<	9.49	

			PH		Plata Total		Plomo Total		Potasio disuelto		Razón de Absorción de Sodio (RAS)	
			Potenciométrico		Espectrofotometría de absorción atómica		Espectrofotometría de absorción atómica		Fotometría de llama			
FECHA :	HORA:	PROF.:	unid. pH	l	mg/l Ag	l	mg/l Pb	l	mg/l K	l		l
19-10-2007	17:25	0	8.35		0.01	<	0.05	<	2.174		0.578	
14-02-2008	17:50	0	7.55		0.01	<	0.05	<	1.661		0.455	
30-06-2008	14:00	0	9.4		0.01	<	0.05	<	1.809		0.471	
14-10-2008	11:45	0	7.05		0.01	<	0.03	<	2.15		1.132	

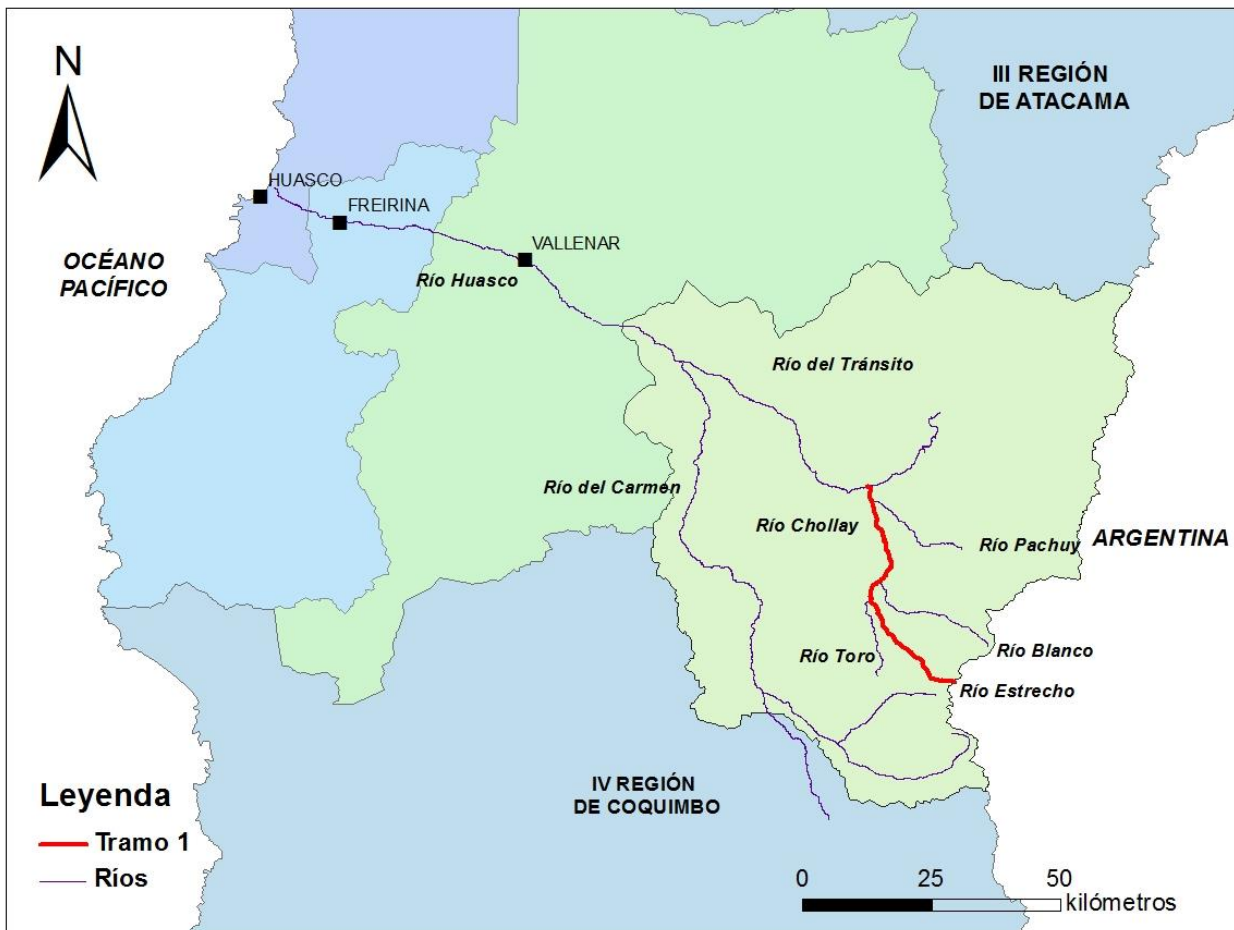
FECHA :	HORA:	PROF.:	Selenio disuelto		Sodio disuelto		Sulfato		Temperatura		Zinc Total	
			Diaminobencidina	mg/l Se	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/l	Turbidimétrico	mg/l	Termómetro	Grad. C	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/l Zn
19-10-2007	17:25	0	0.001	<	24.313		200		22.86		0.02	
14-02-2008	17:50	0	0.001	<	19.874		212.5		24.77		0.04	
30-06-2008	14:00	0	0.001	<	19.44		225		11.65		0.08	
14-10-2008	11:45	0	0.001	<	37		150		15.51		0.01	<

INDICADOR: < : Medida Menor a la Sensibilidad del Instrumento
> : Medida mayor que la sensibilidad del instrumento
D : Medida dudosa
E : Medida errónea

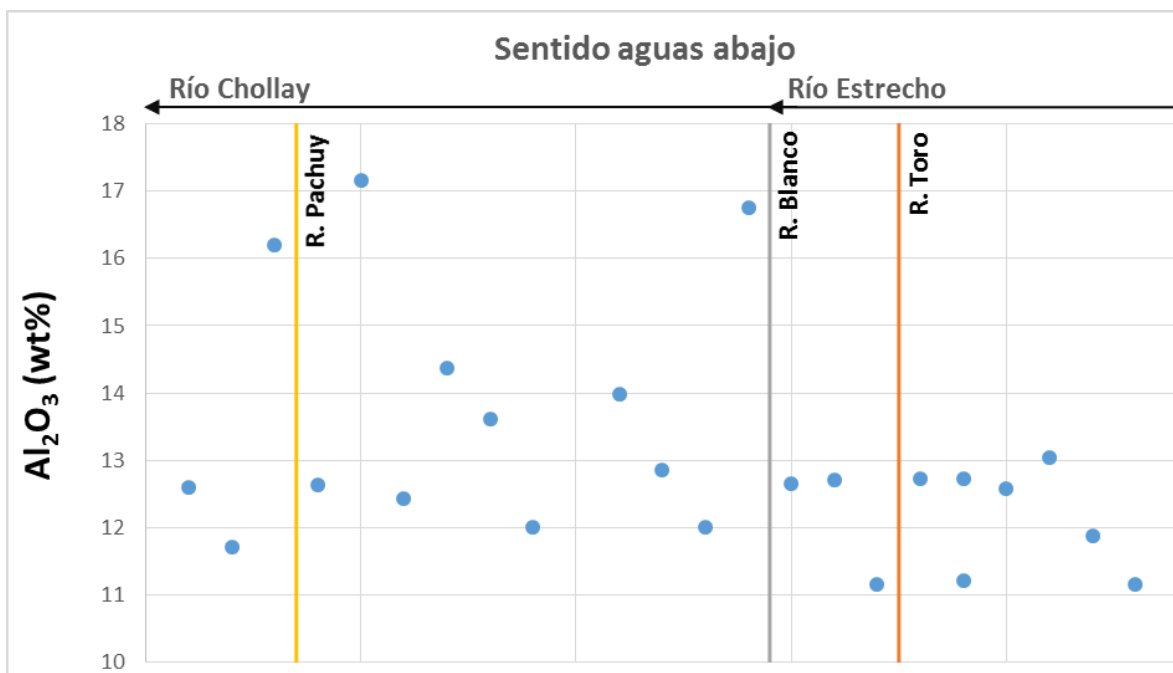
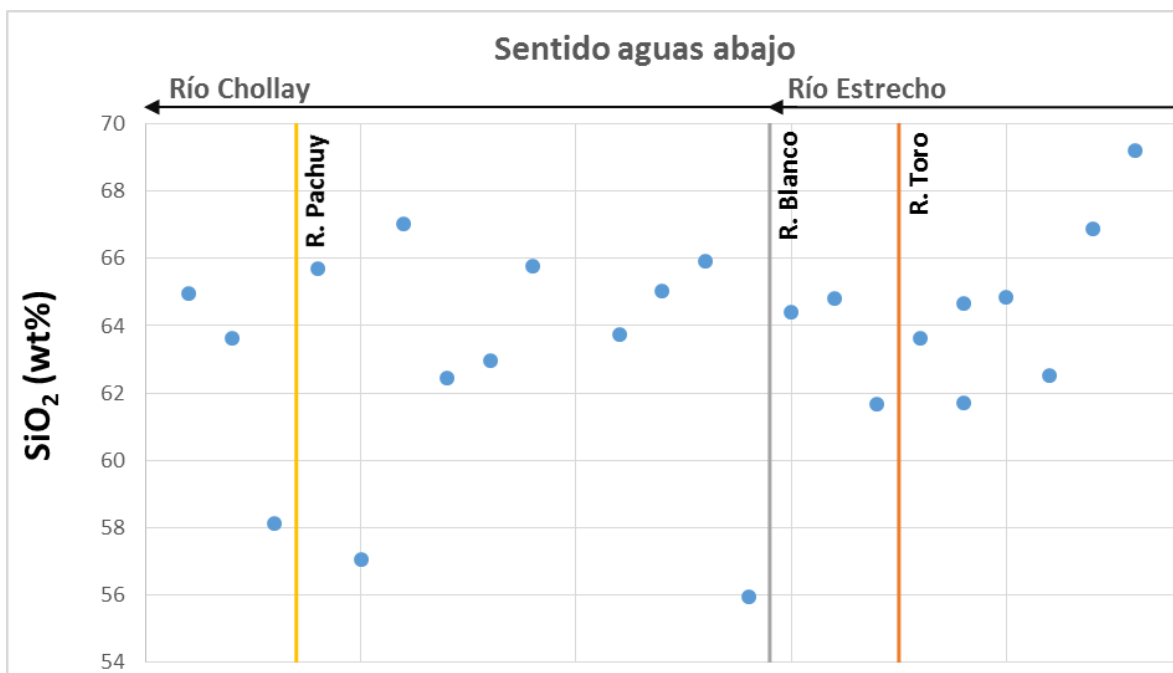
ANEXO E.

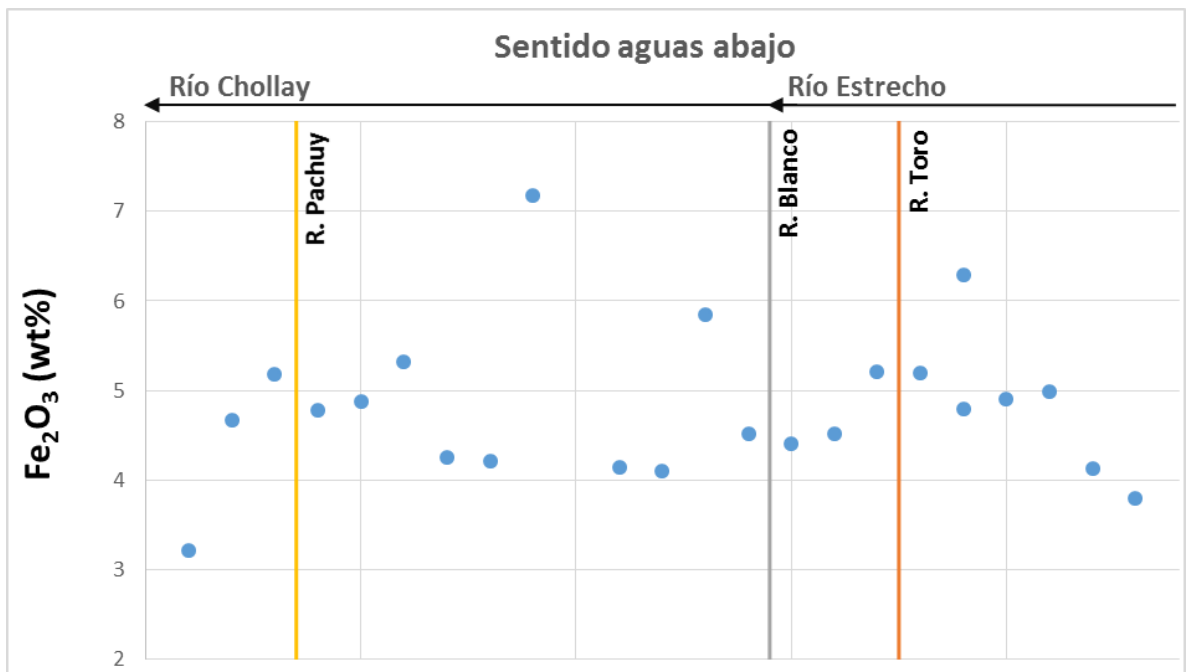
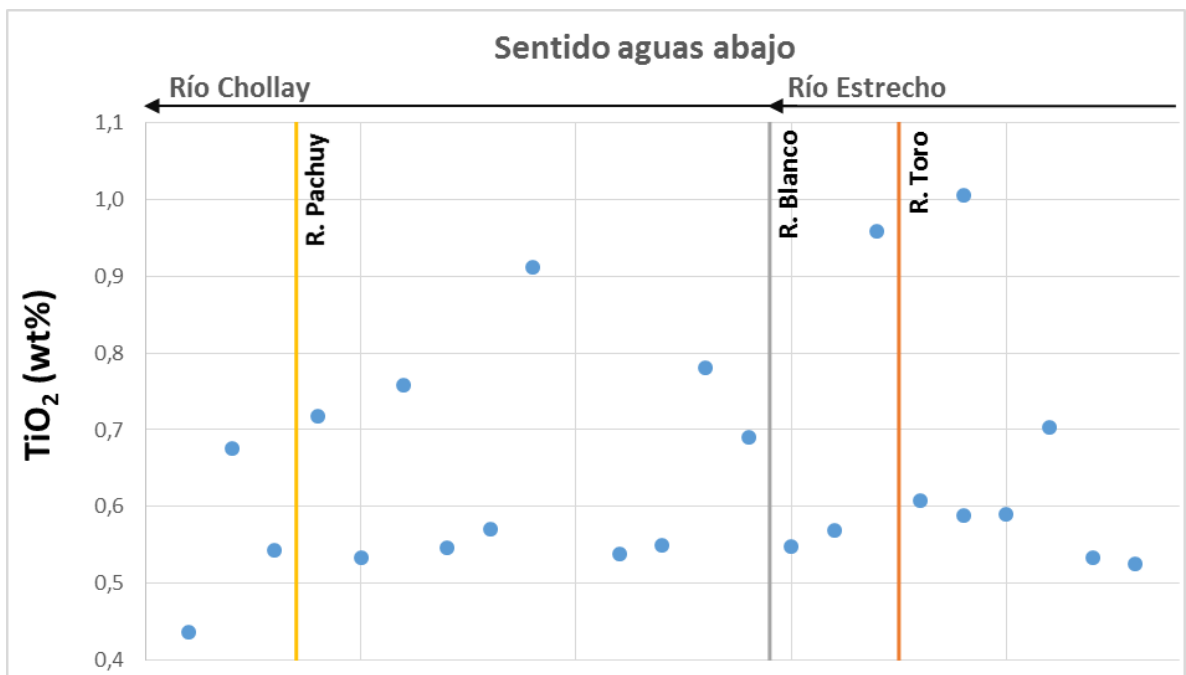
Gráficos de variación geográfica de las concentraciones de elementos mayores y trazas por tramos fluviales en sedimentos activos de la cuenca del río Huasco.

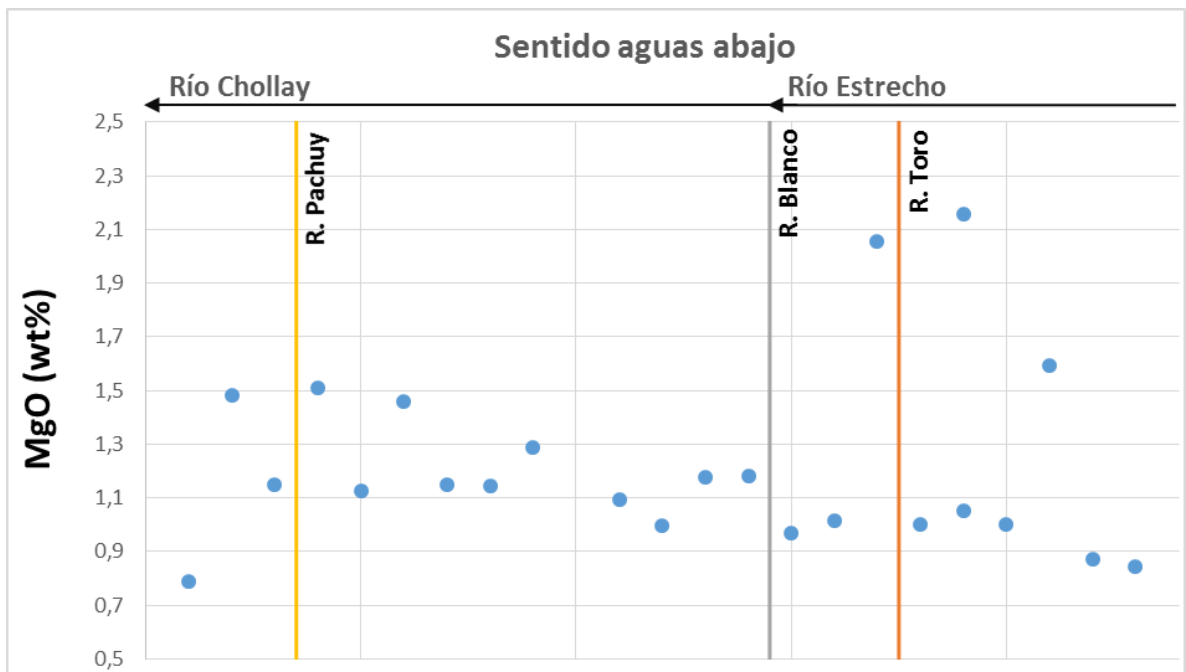
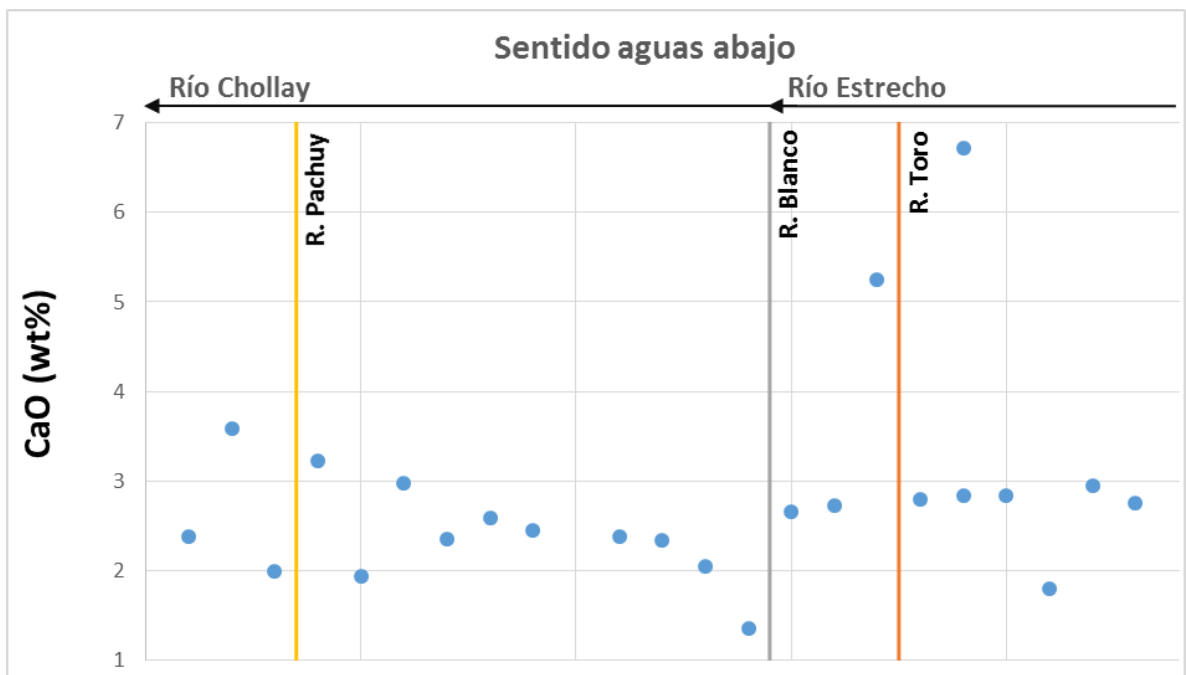
Anexo E1.1 Mapa de Tramo 1 (en rojo), corresponde a los ríos Estrecho y Chollay.

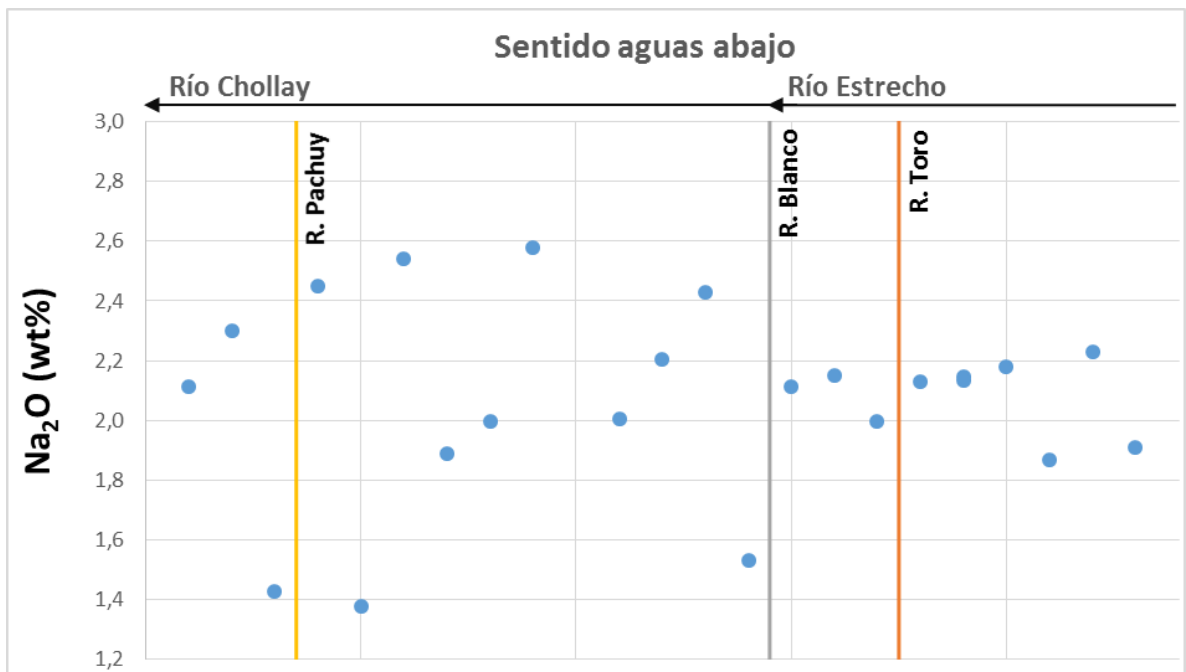
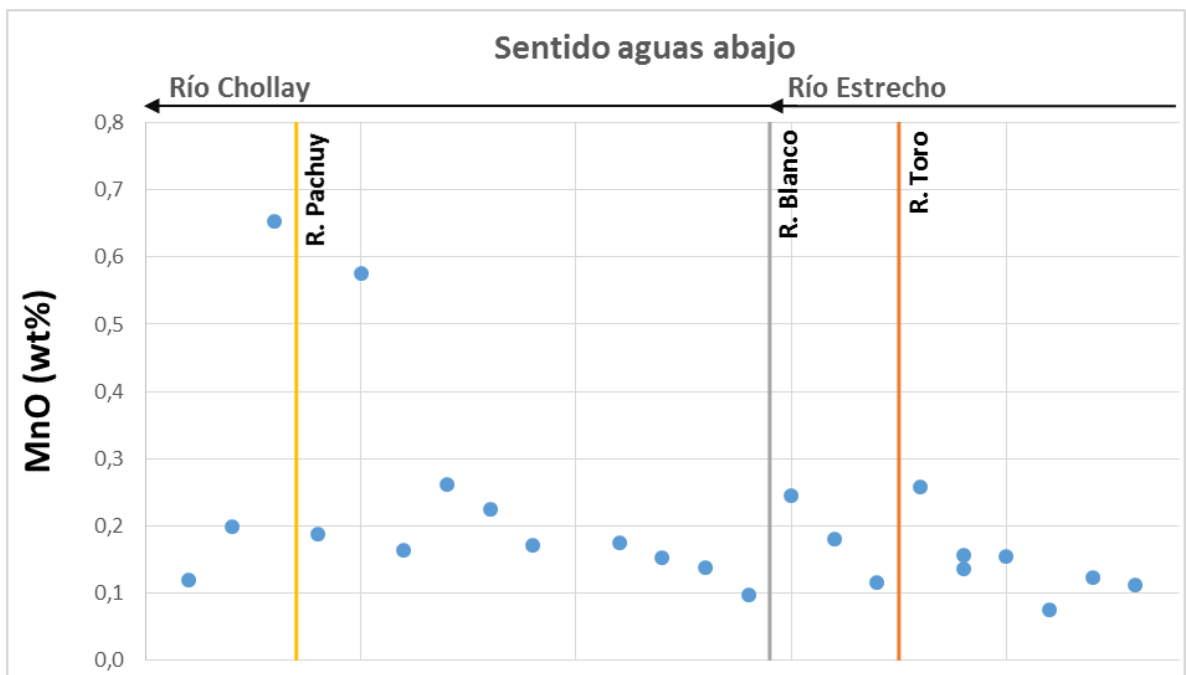


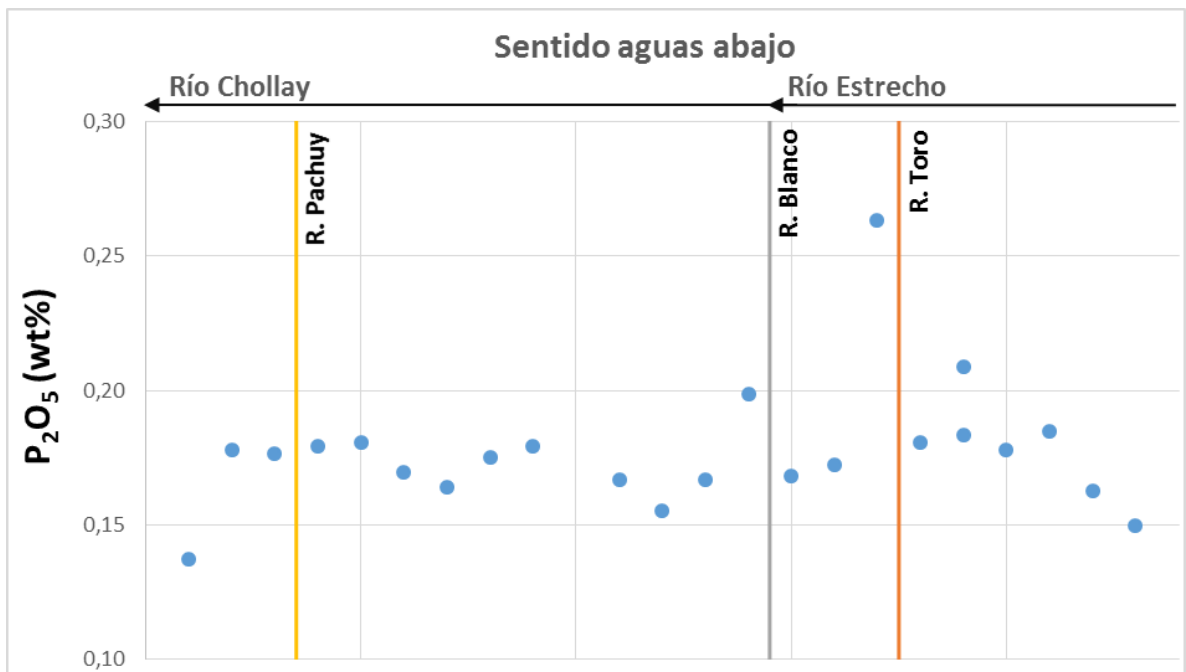
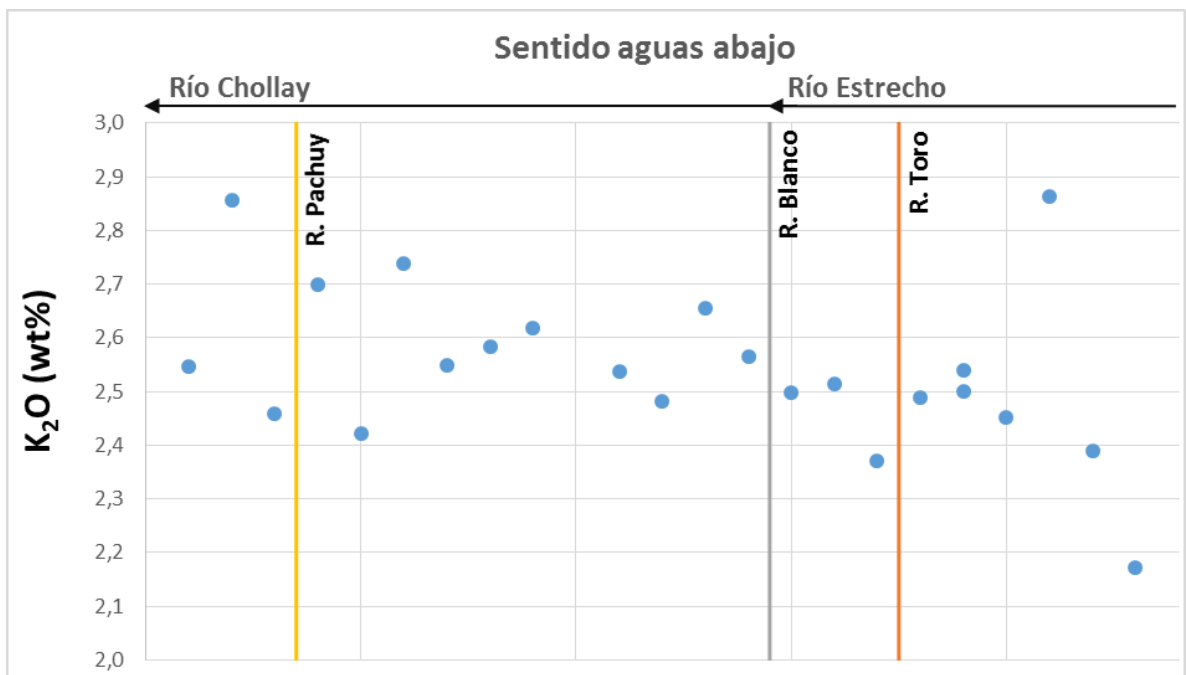
Anexo E1.2 Gráficos de variación geográfica de concentraciones de elementos u óxidos en el Tramo 1 (ver en Anexo E1.1). El sentido aguas abajo se indica por el sentido de las flechas. Los círculos sin pintar corresponden a valores bajo el límite de detección.

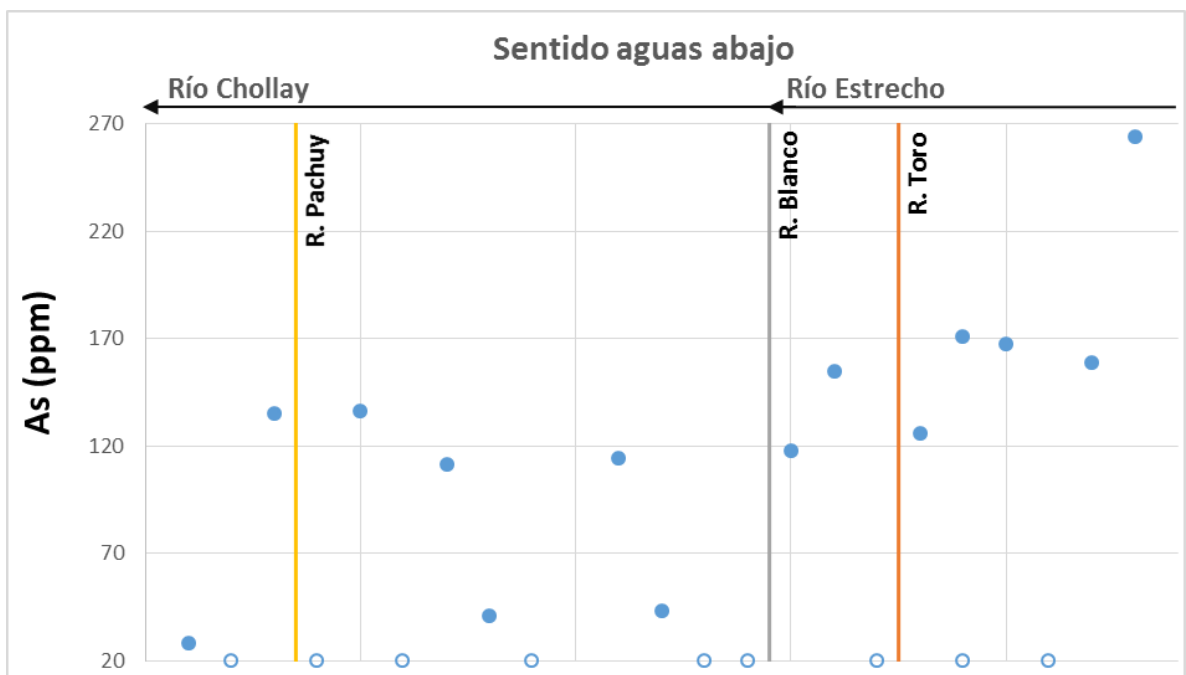
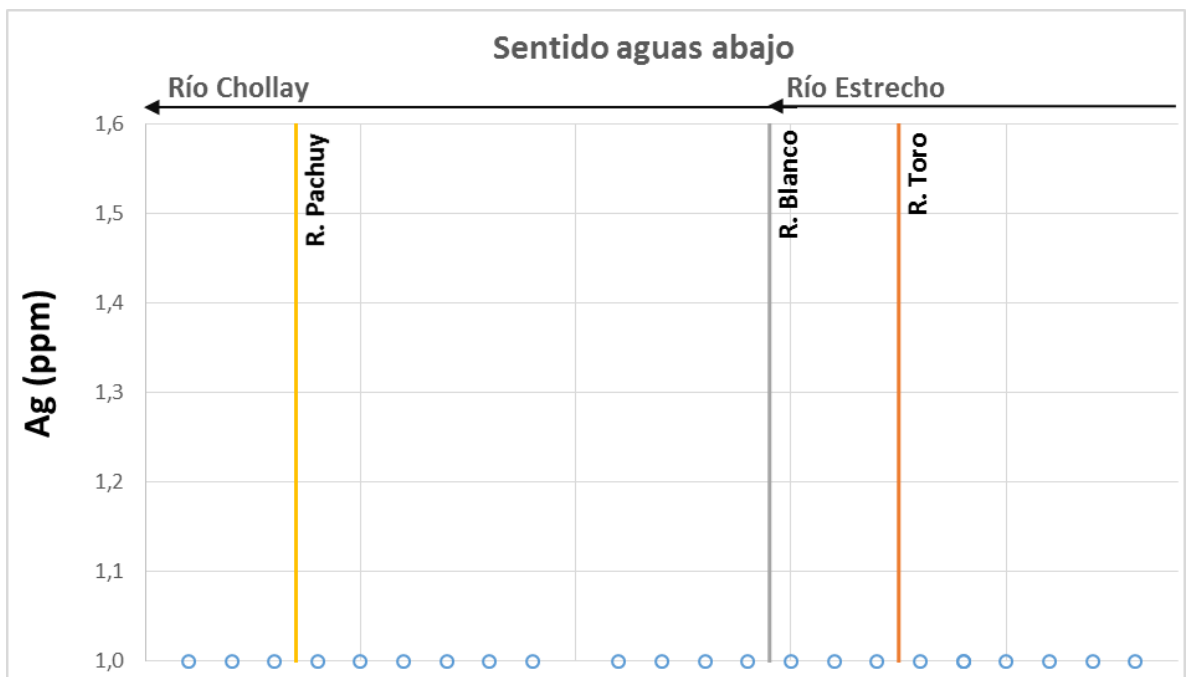


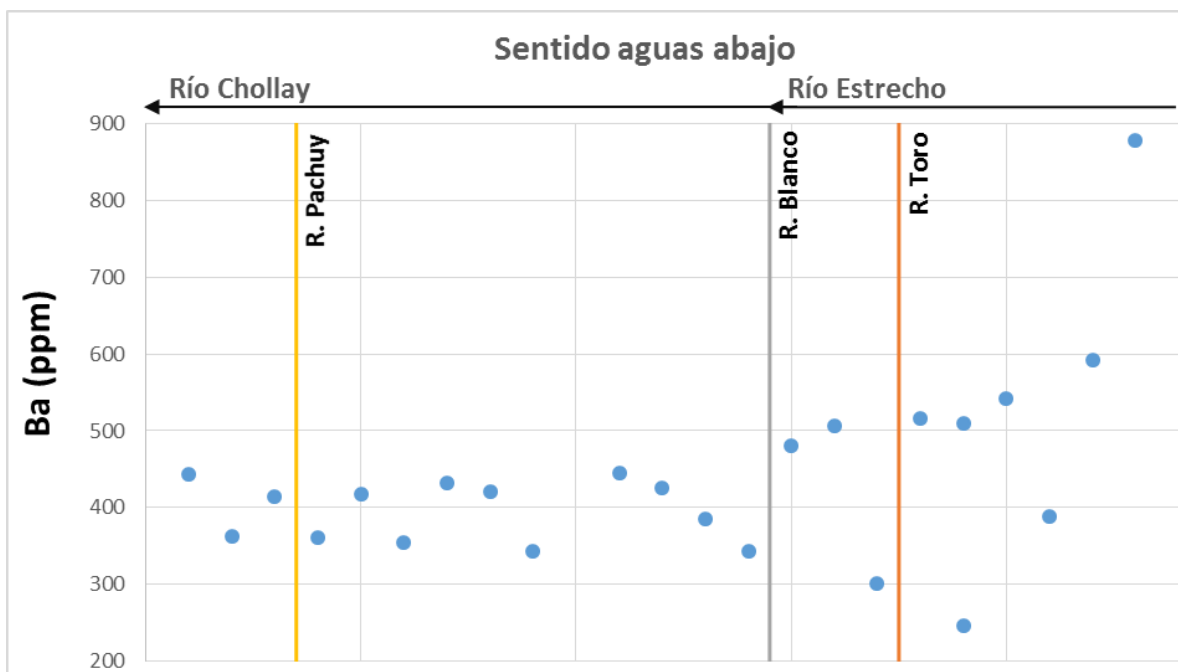
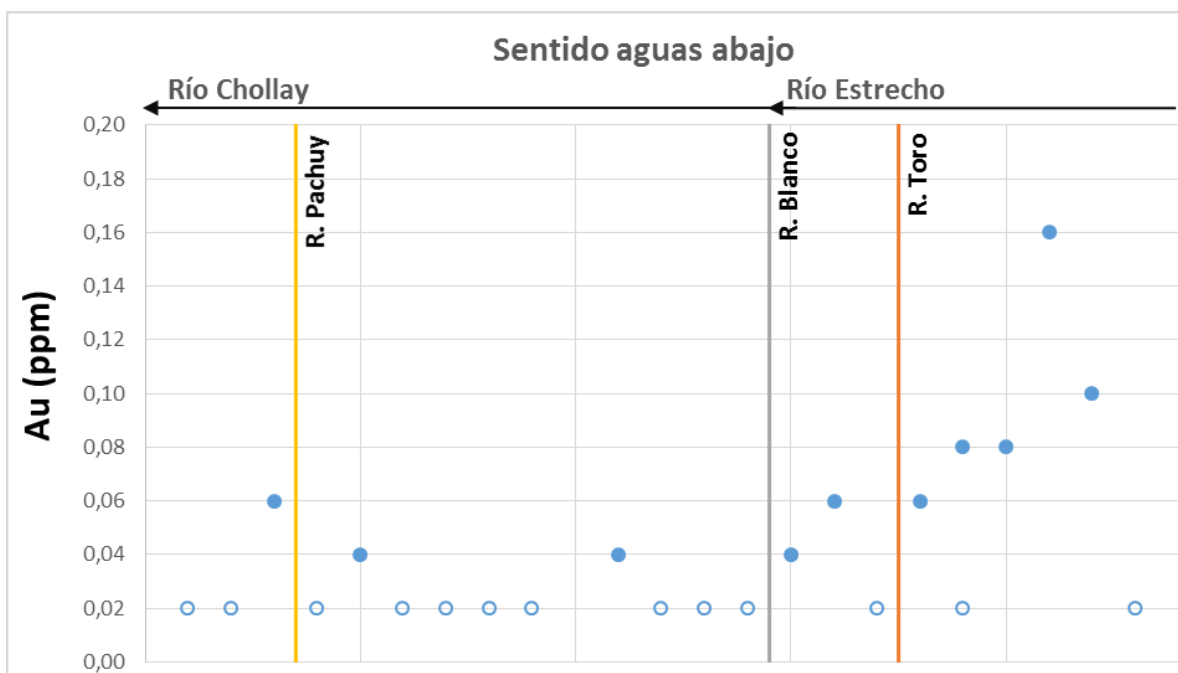


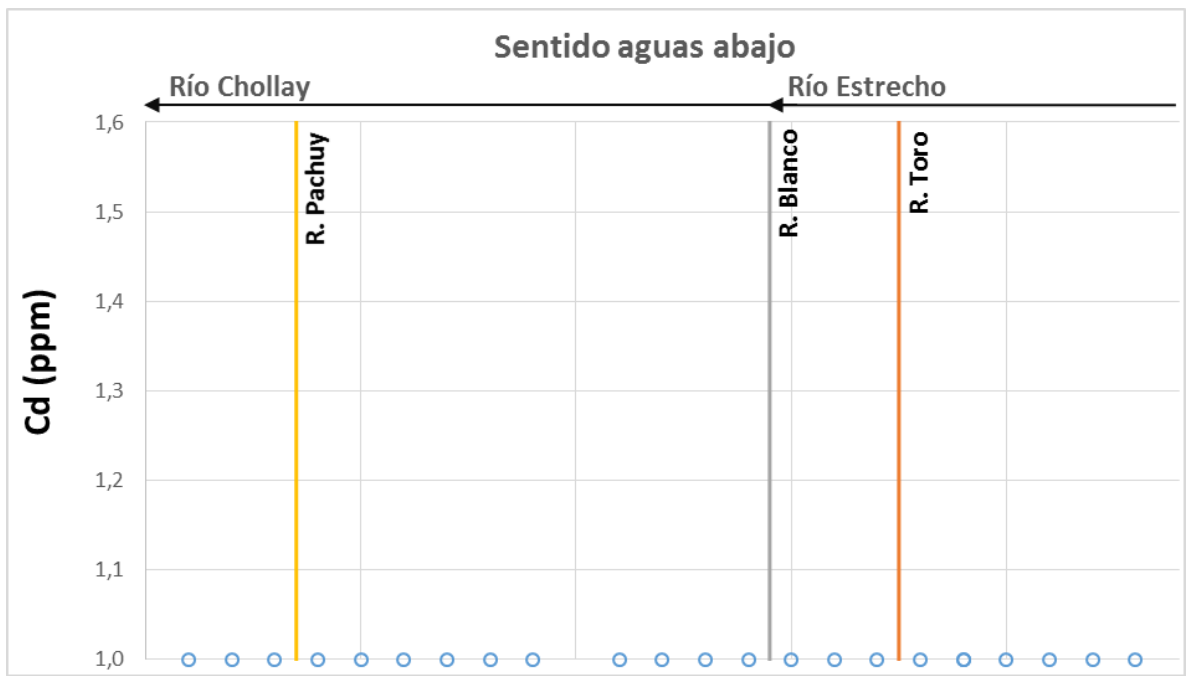
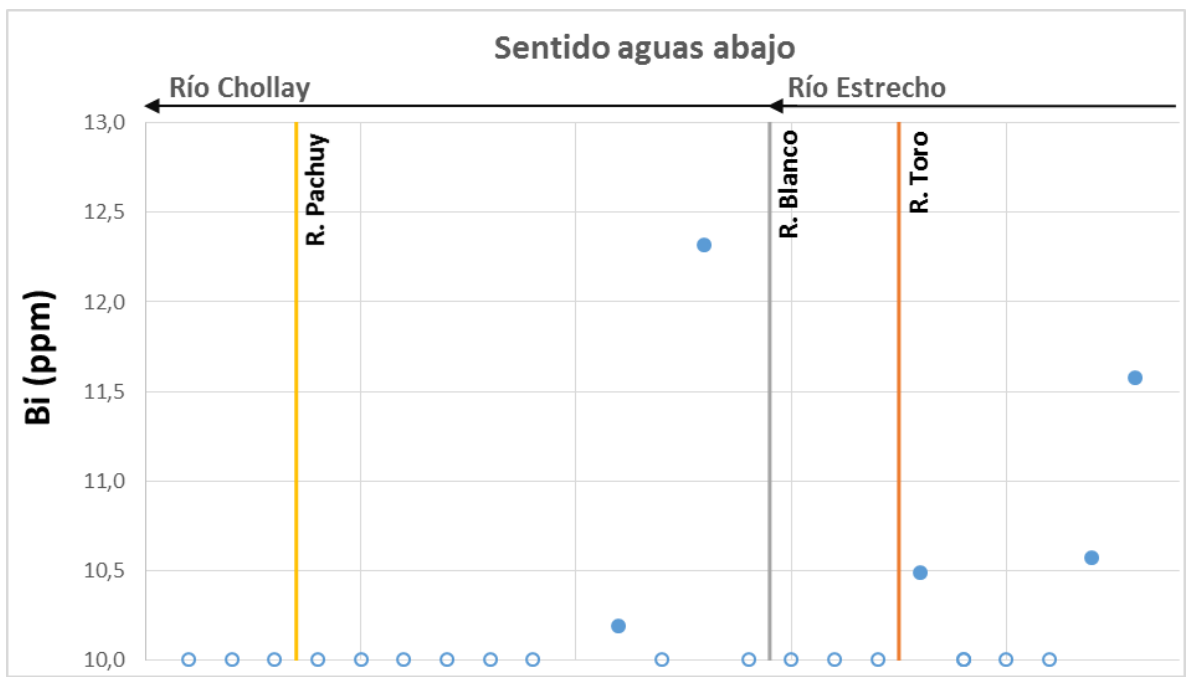


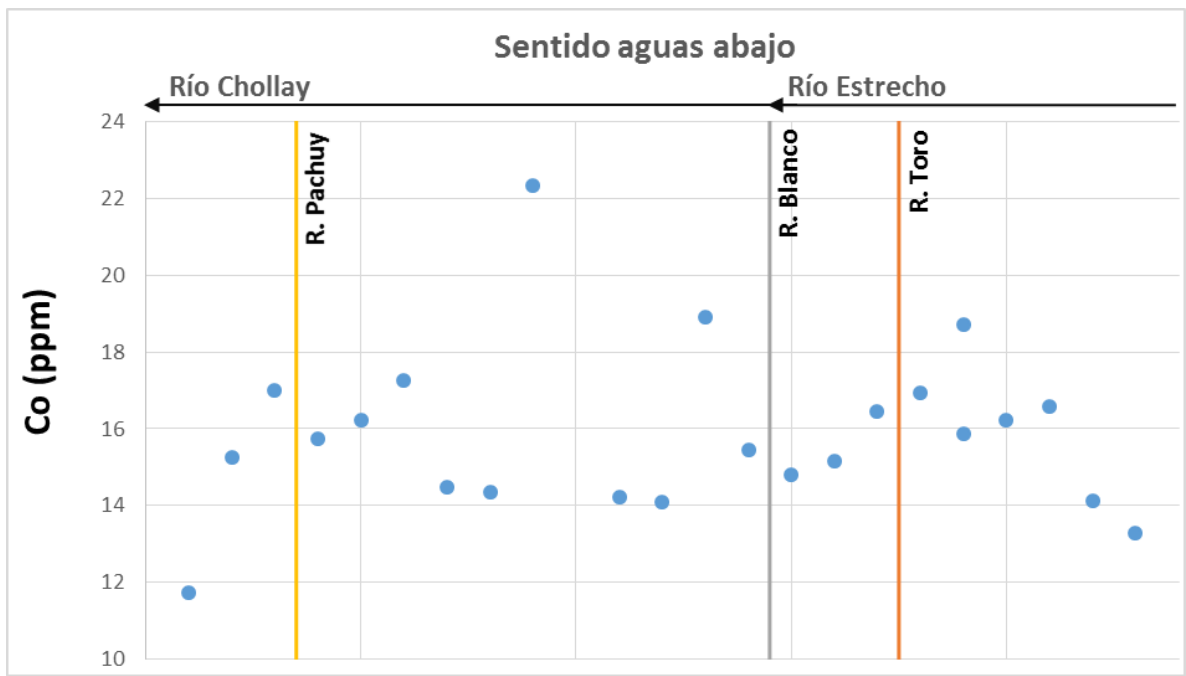
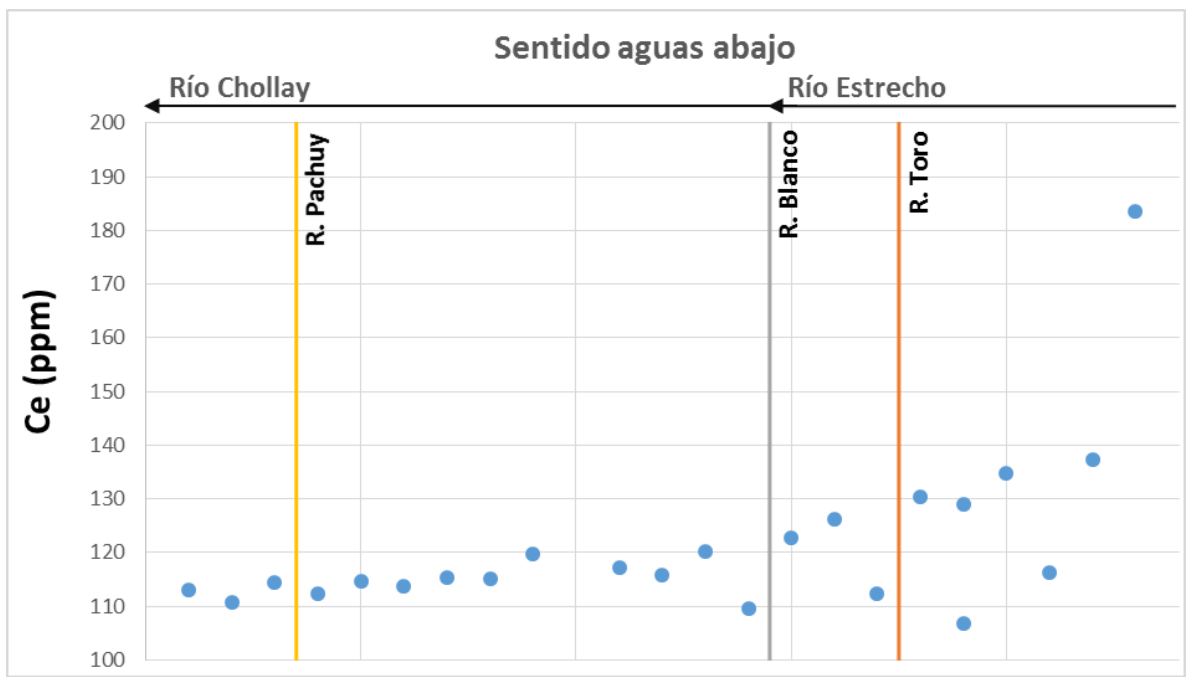


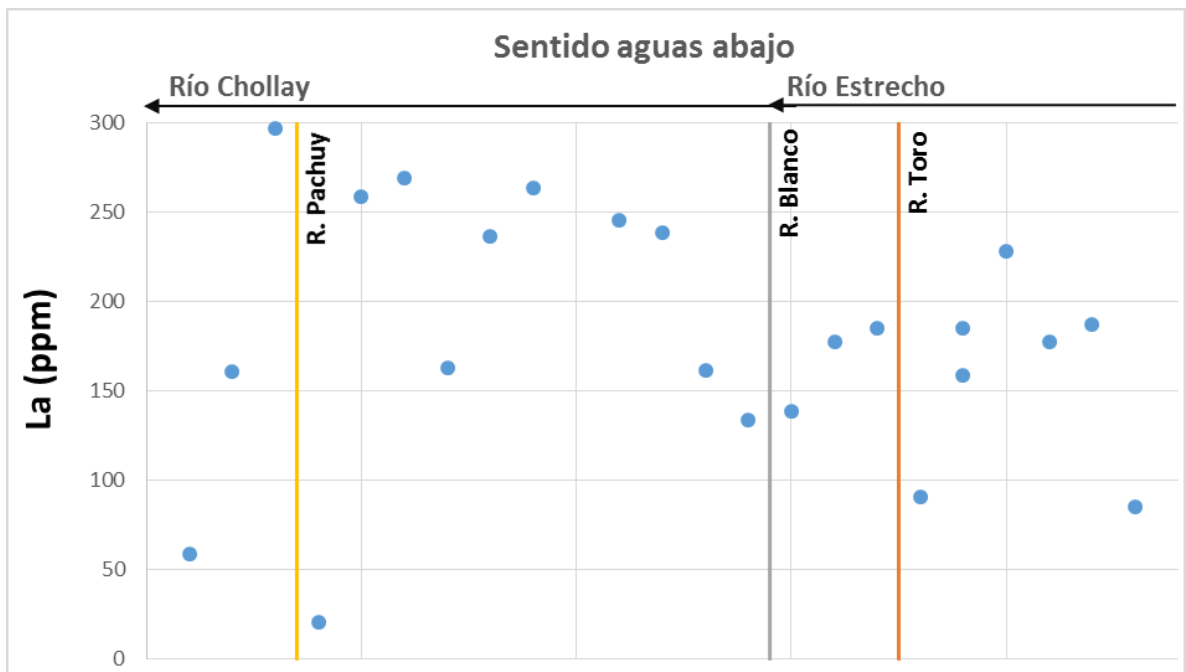
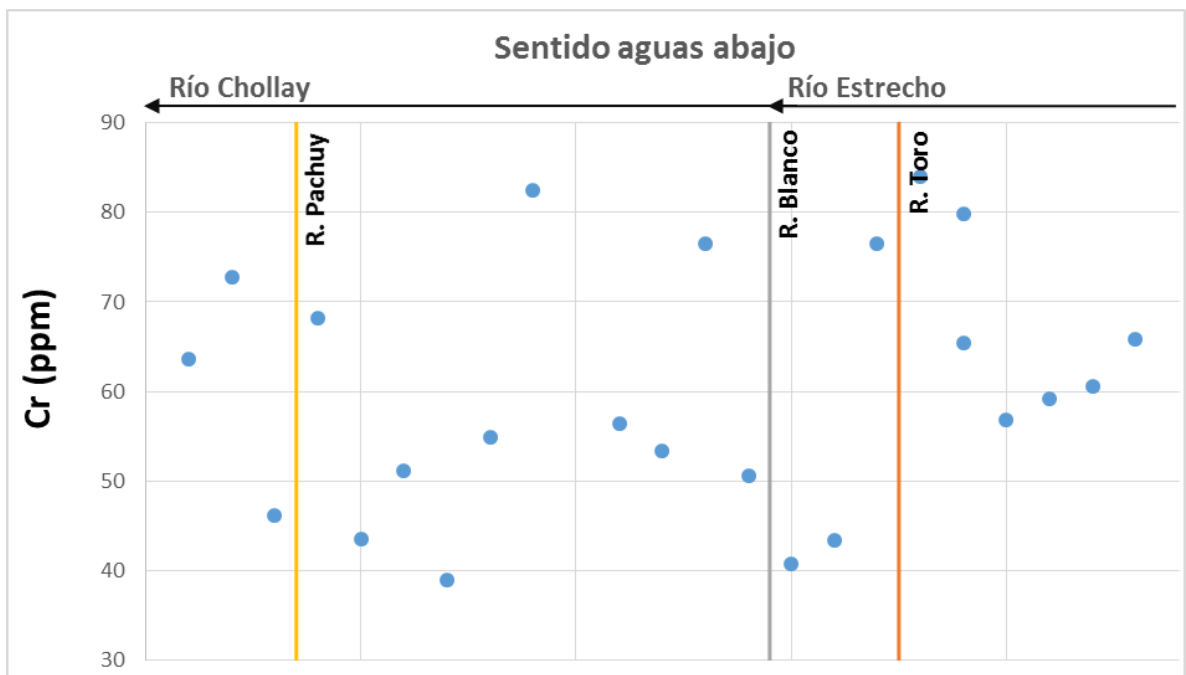


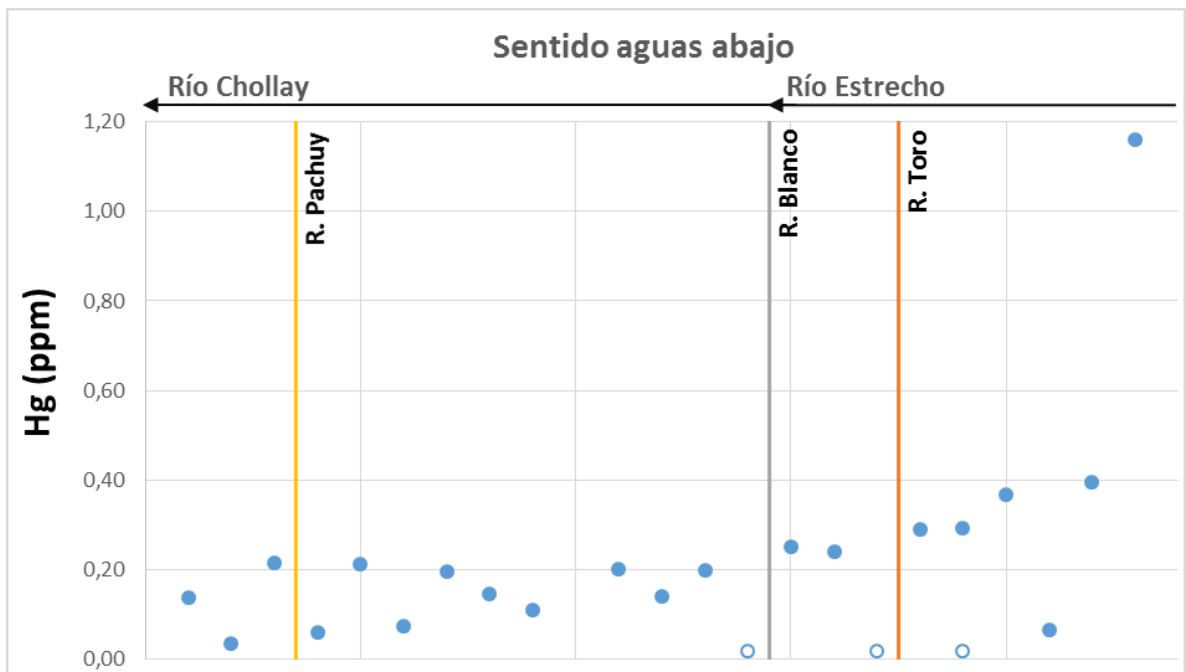
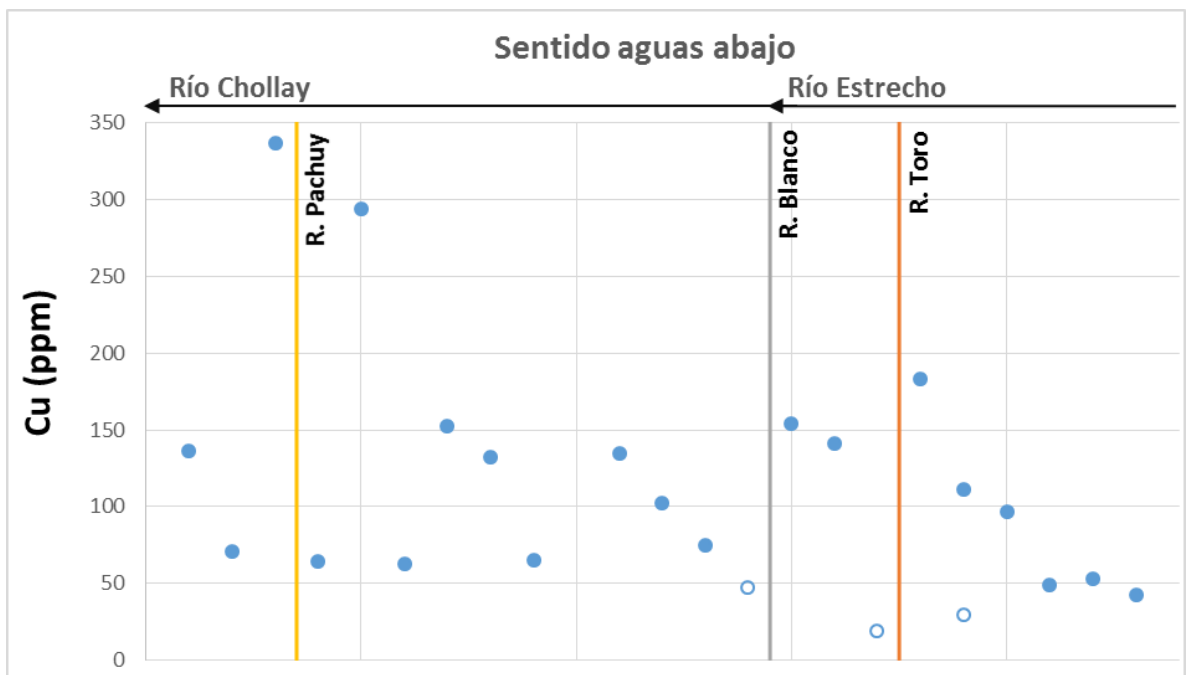


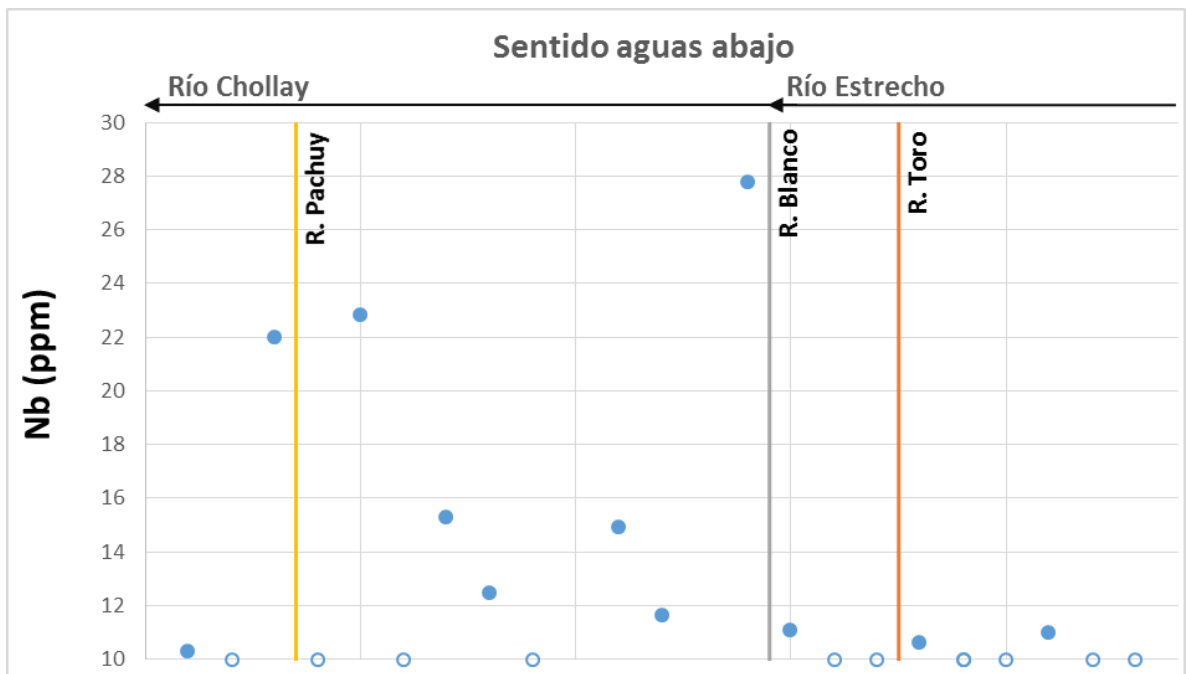
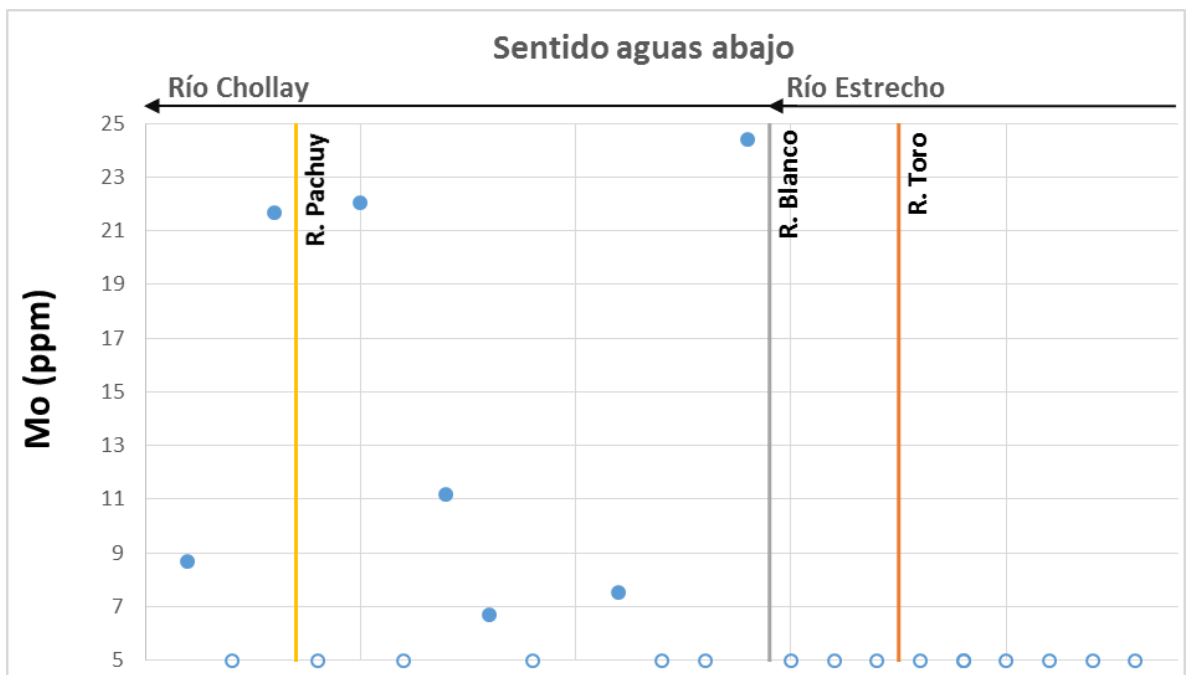


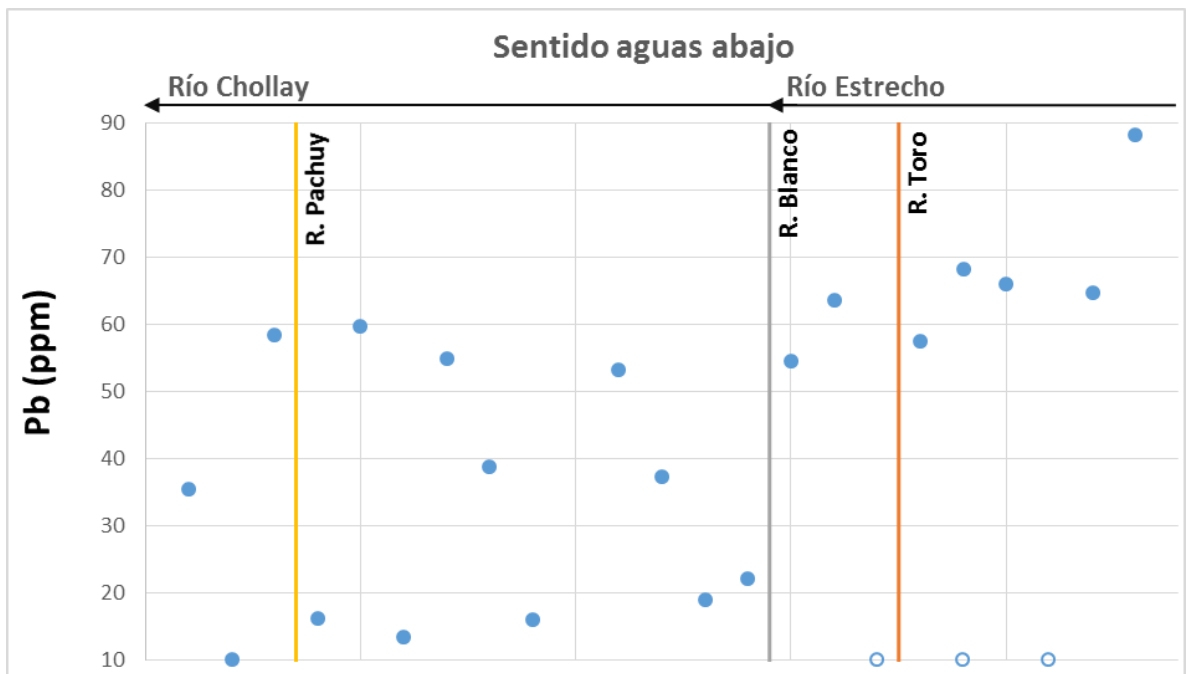
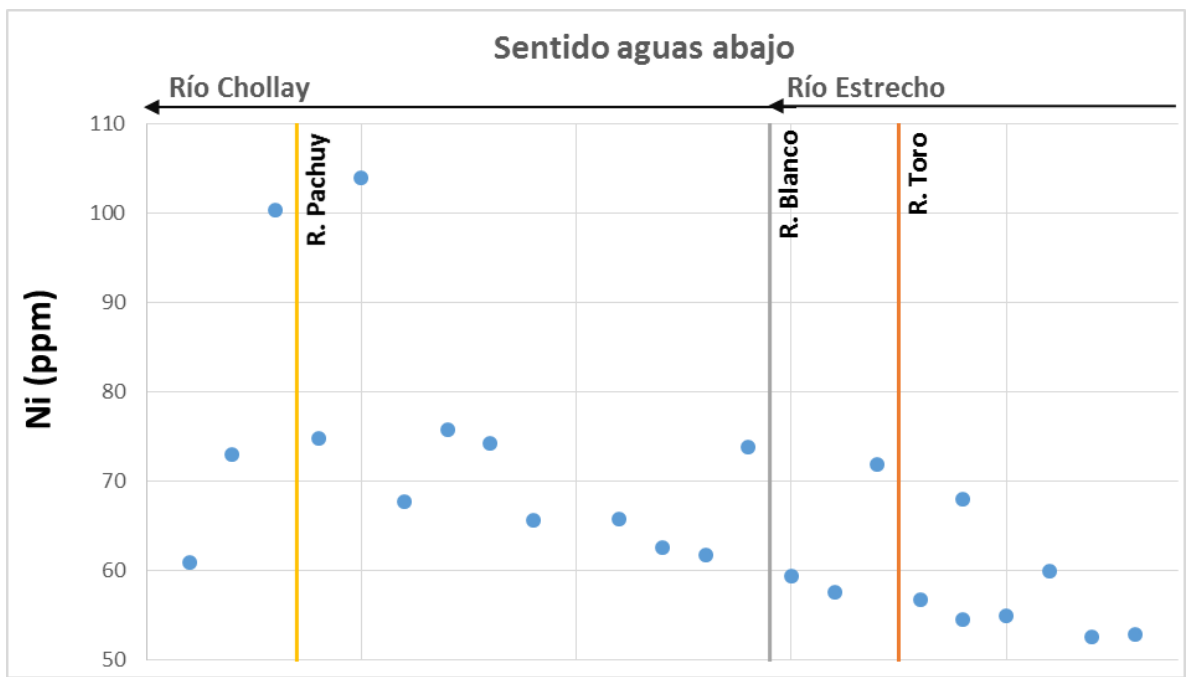


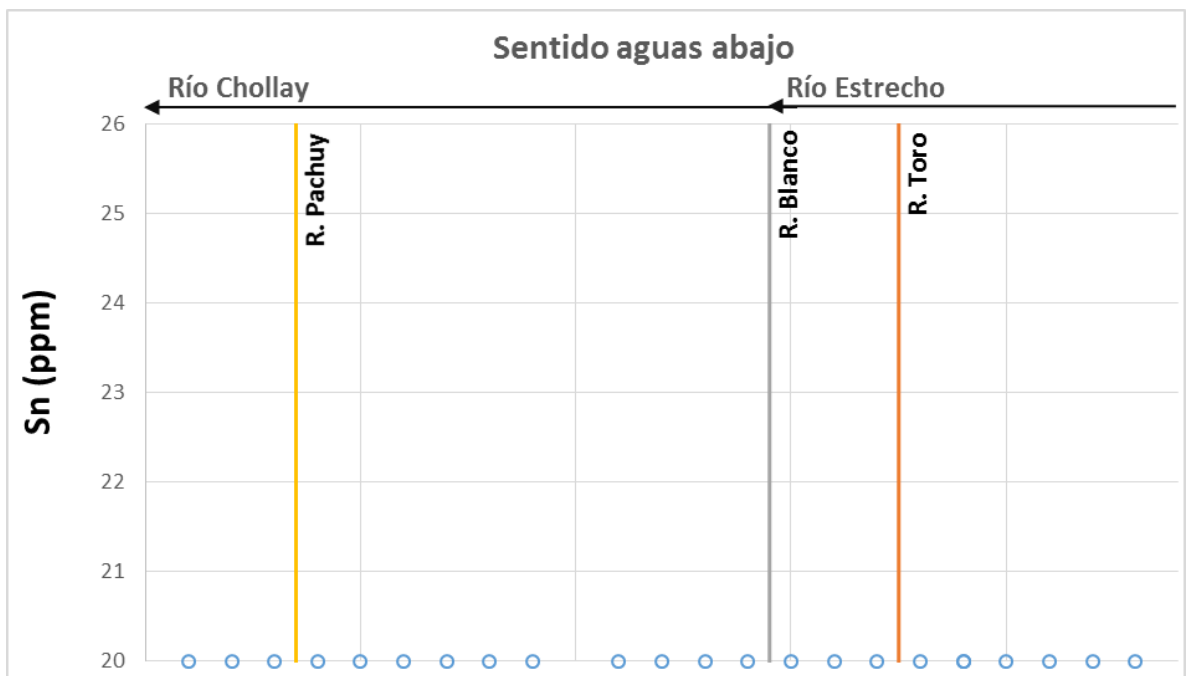
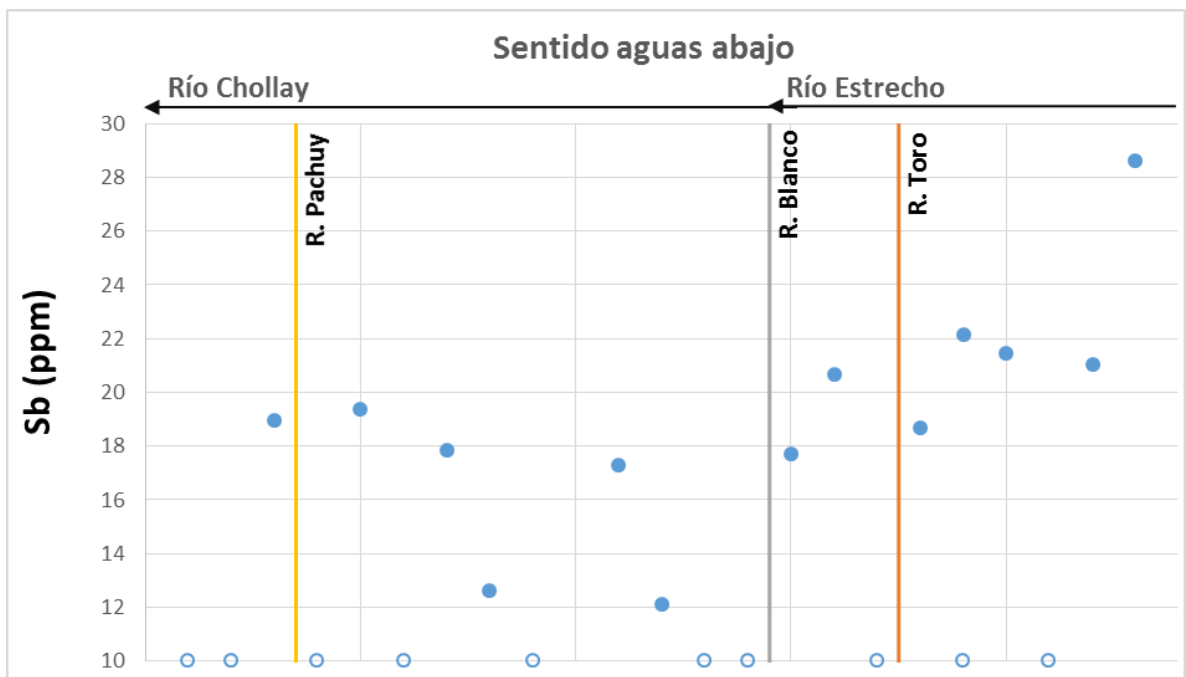


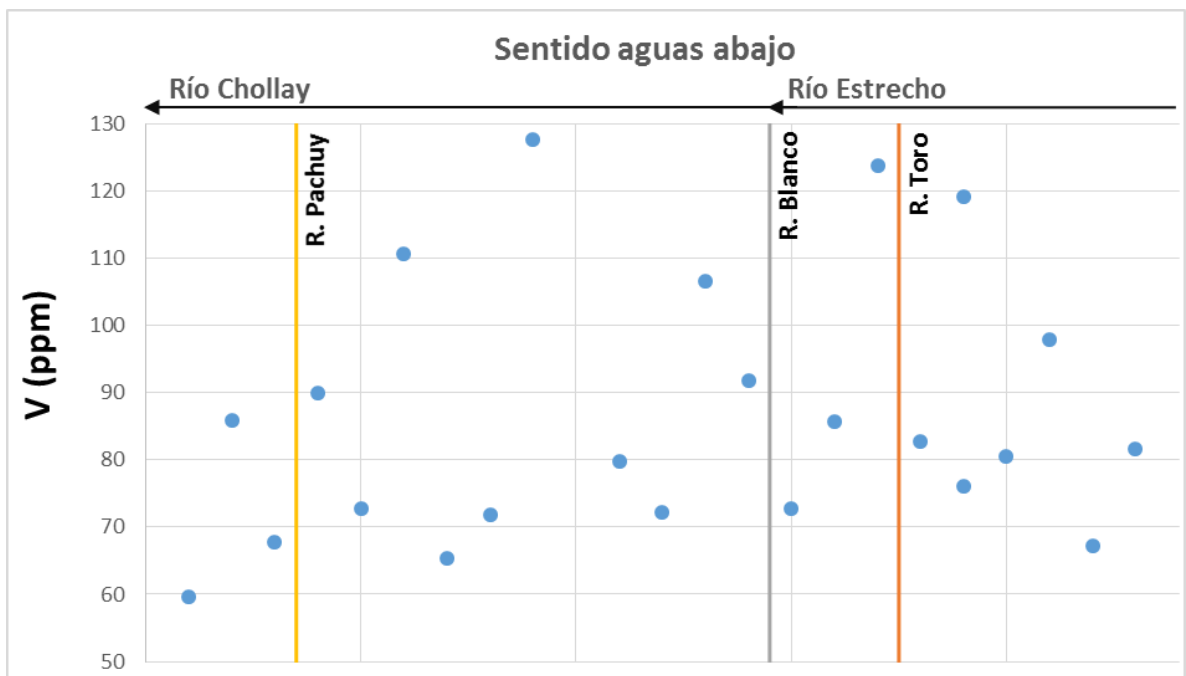
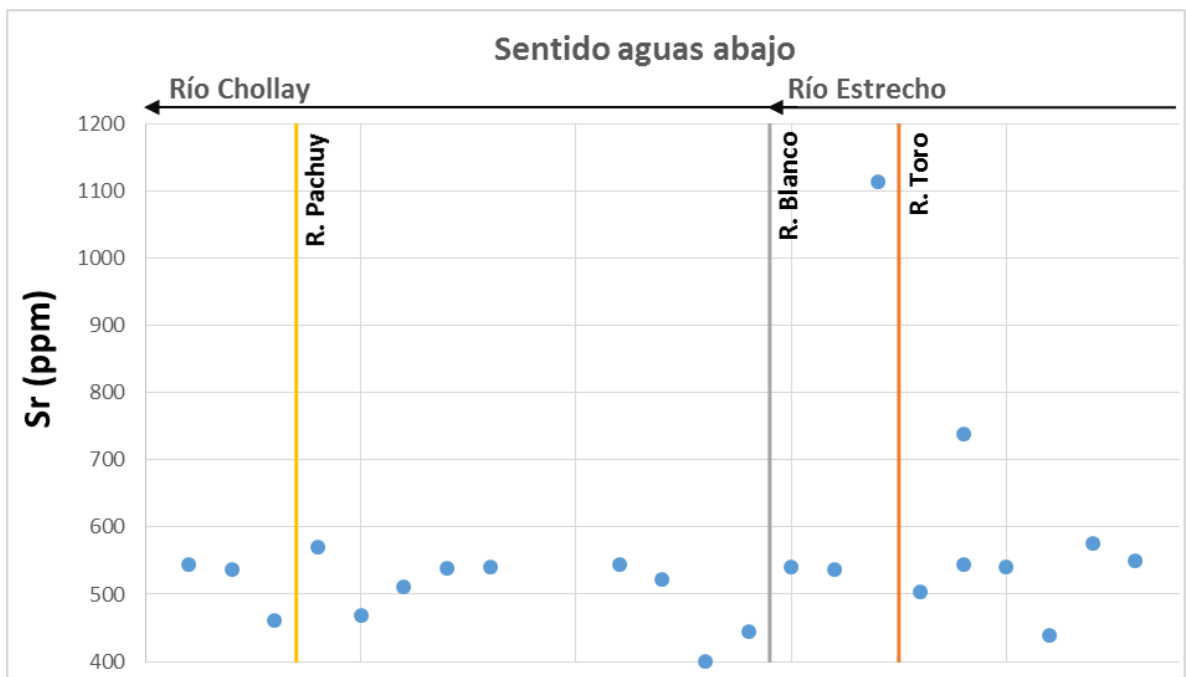


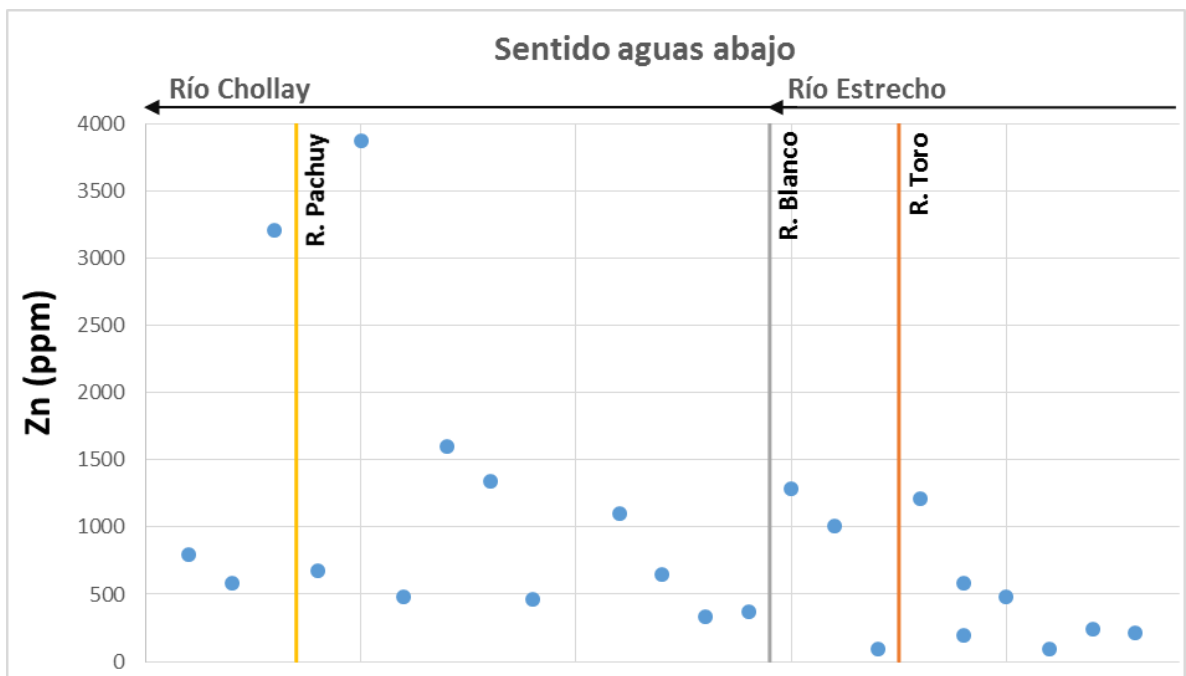
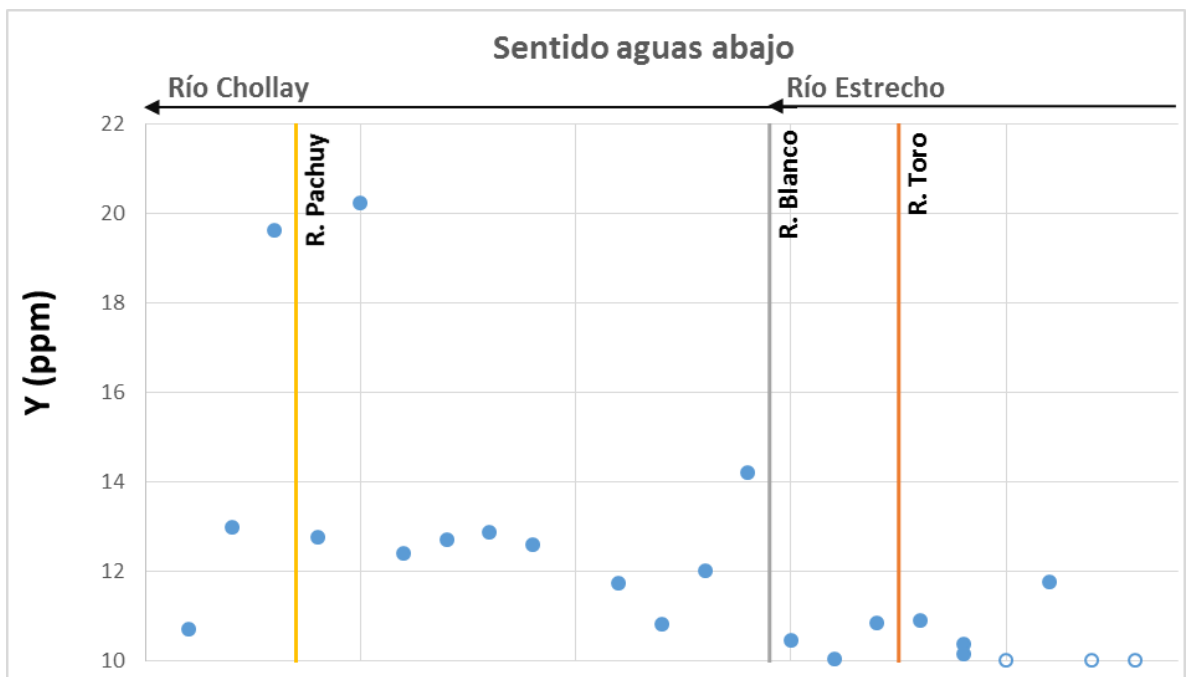


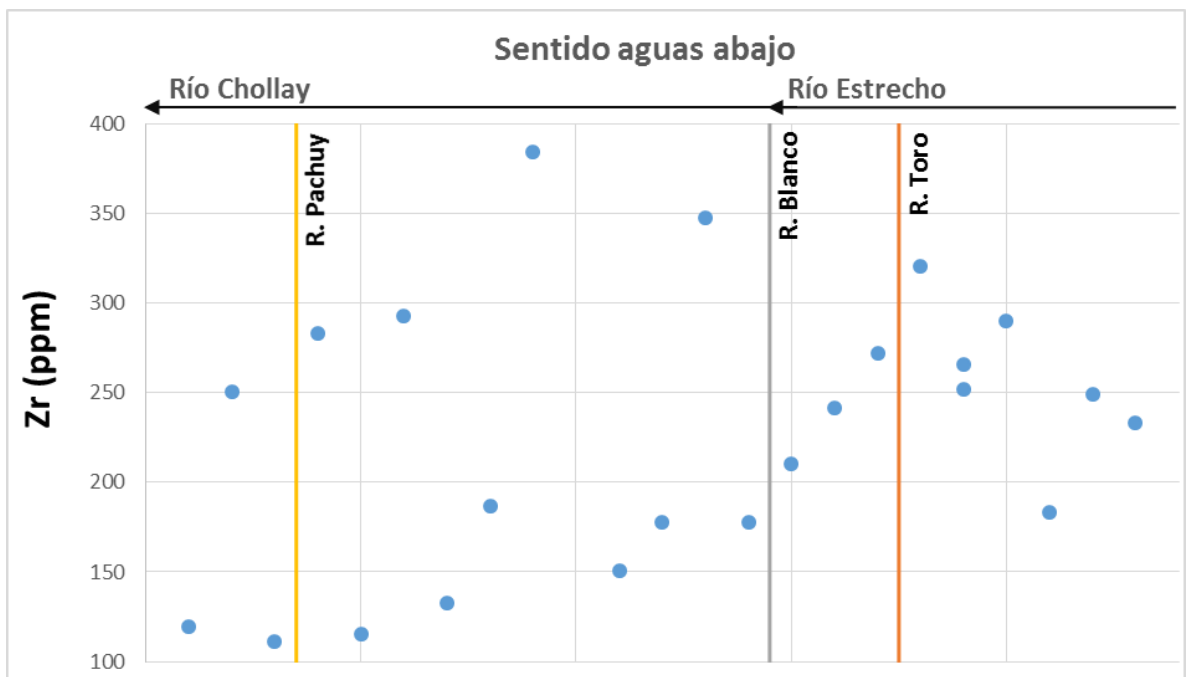




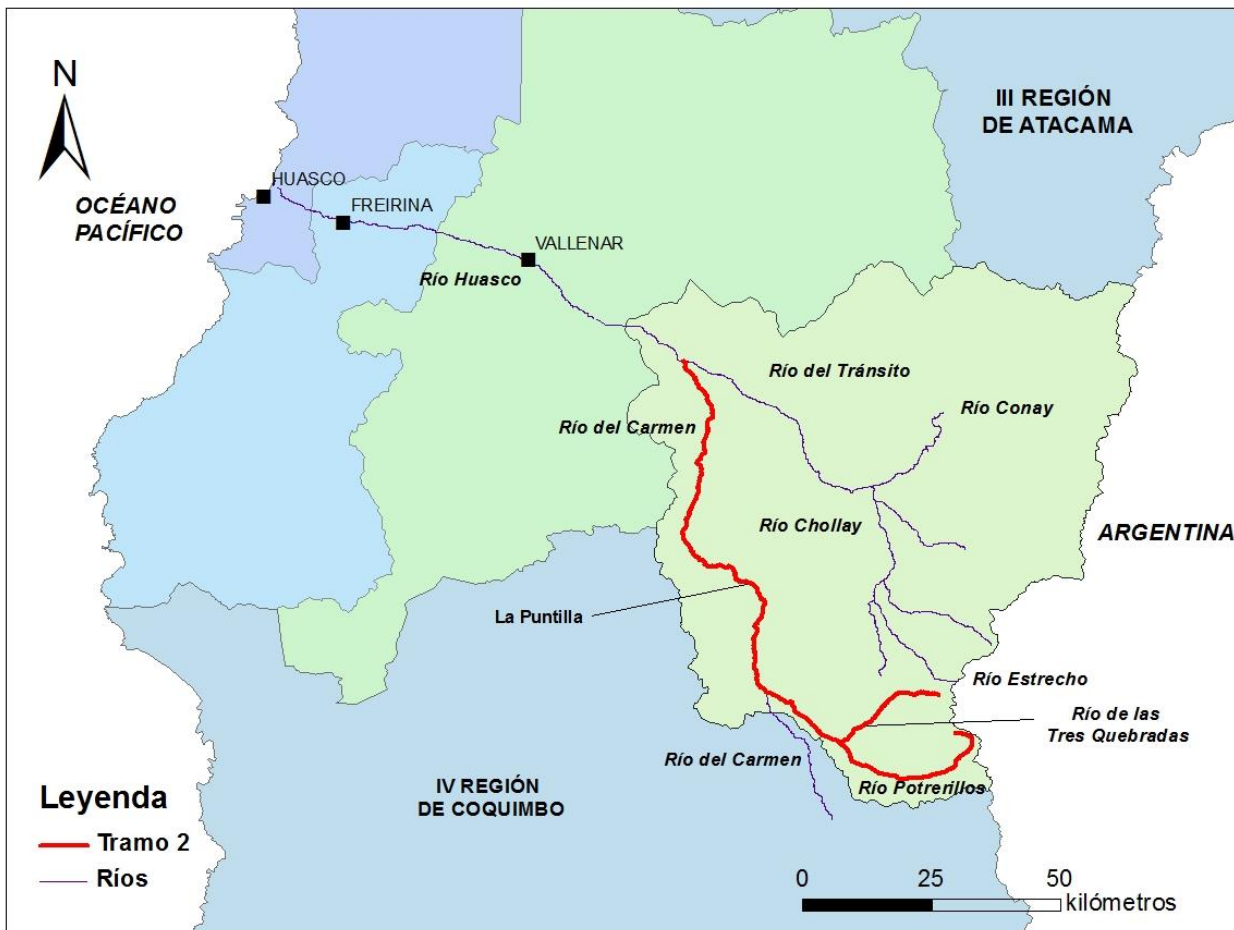


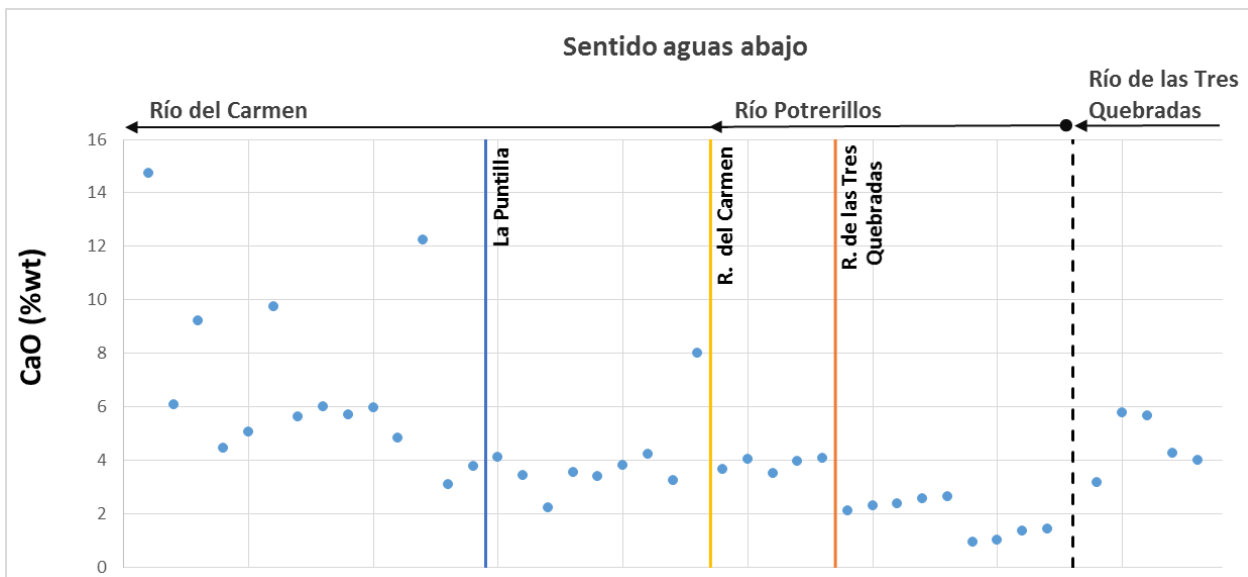
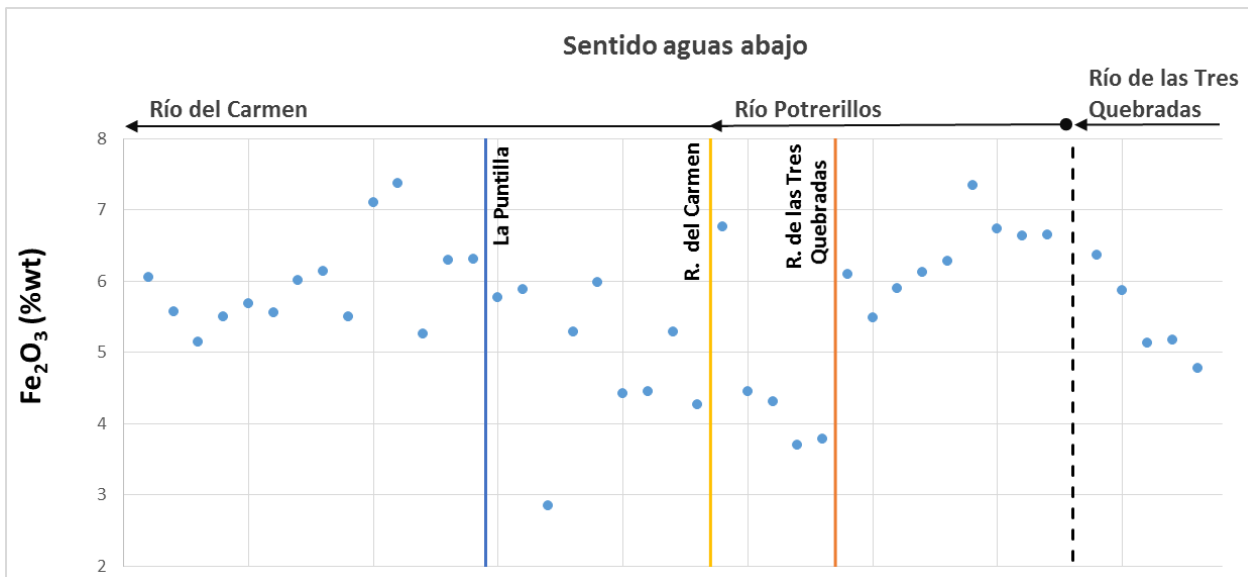
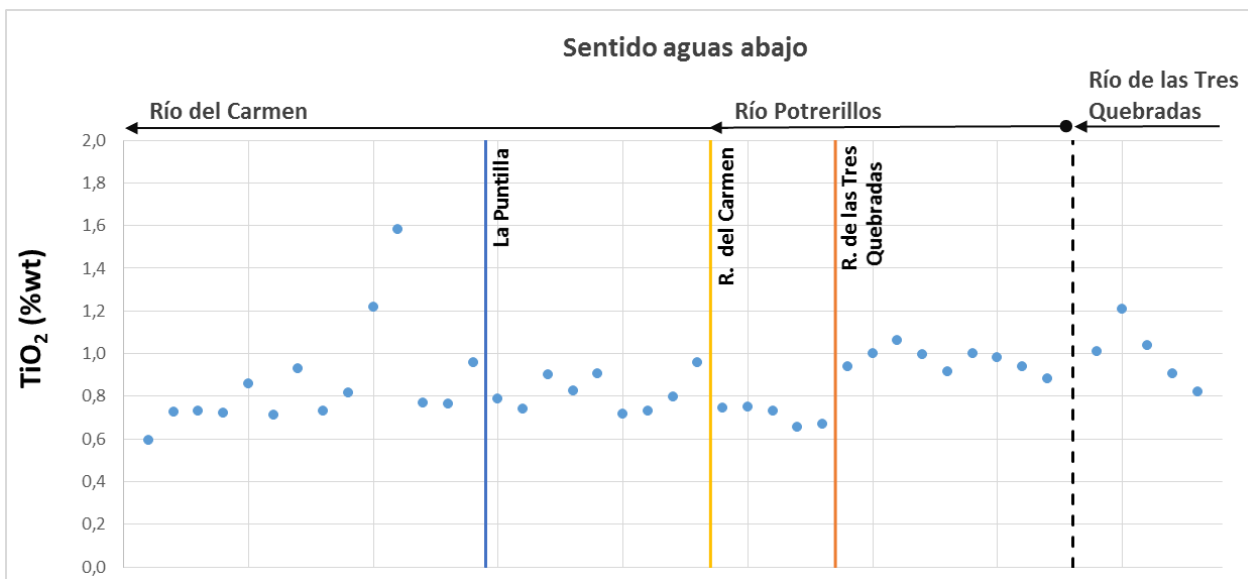


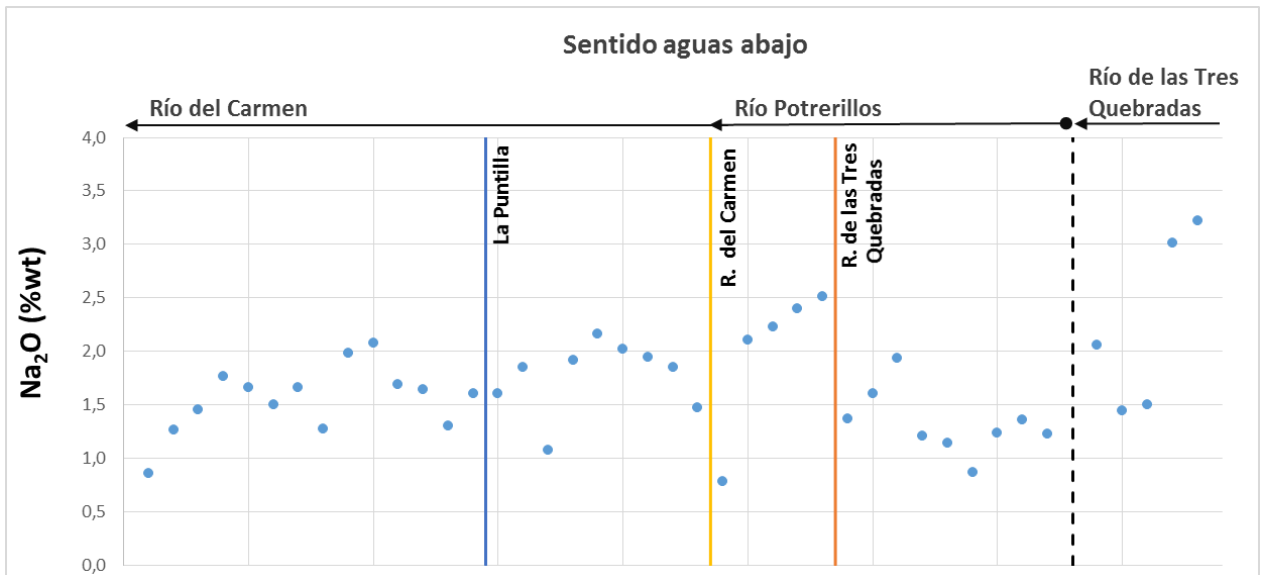
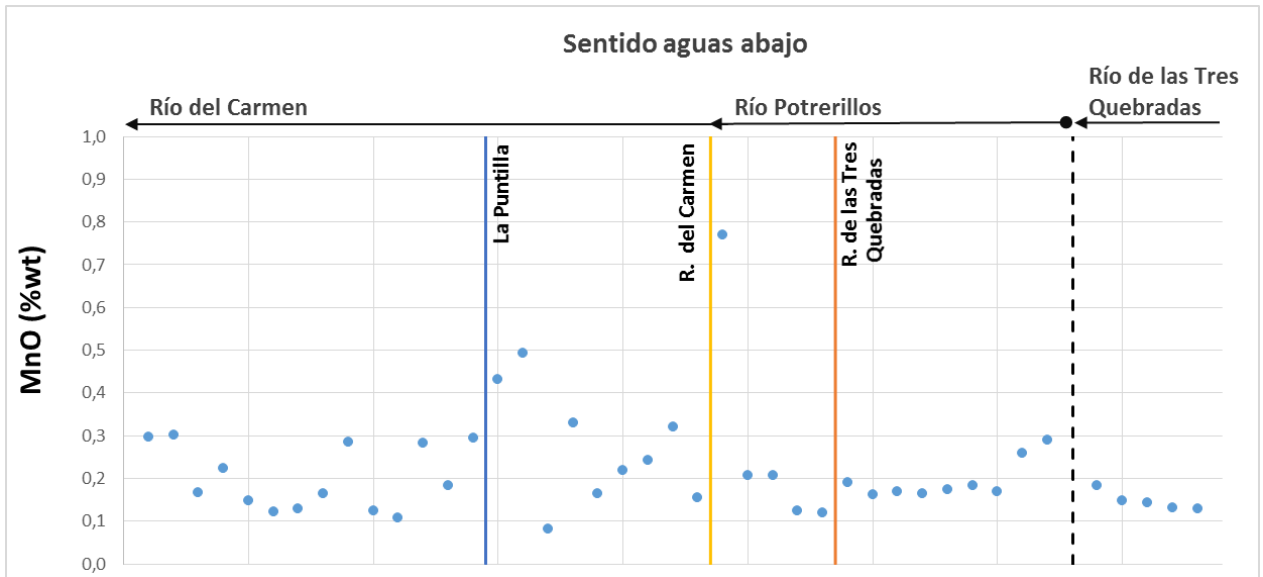
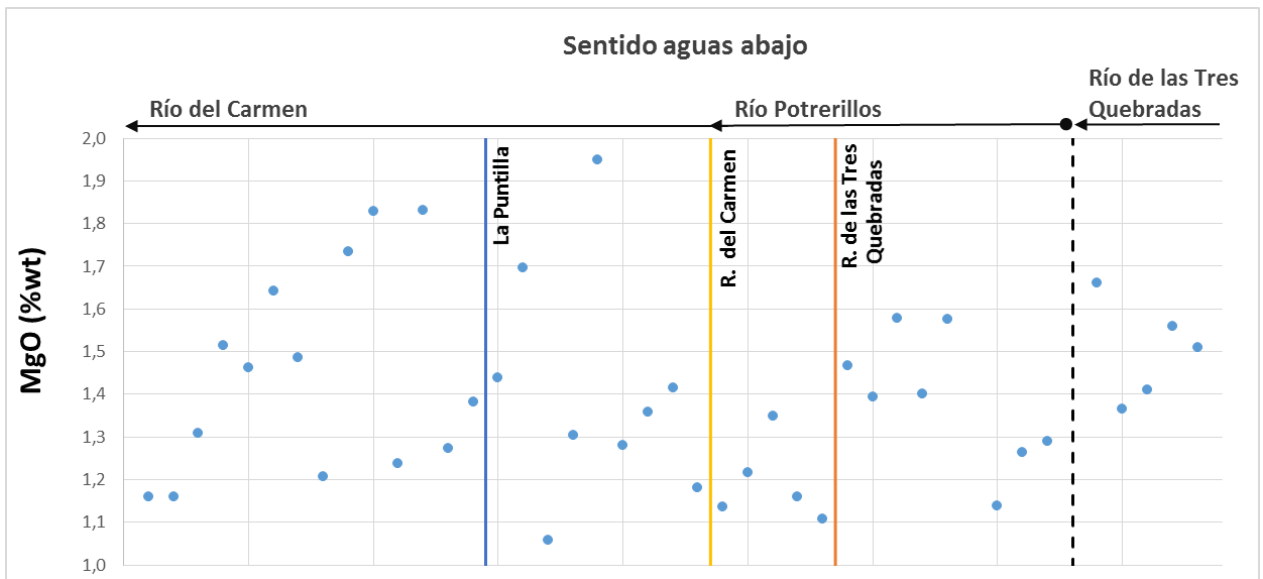


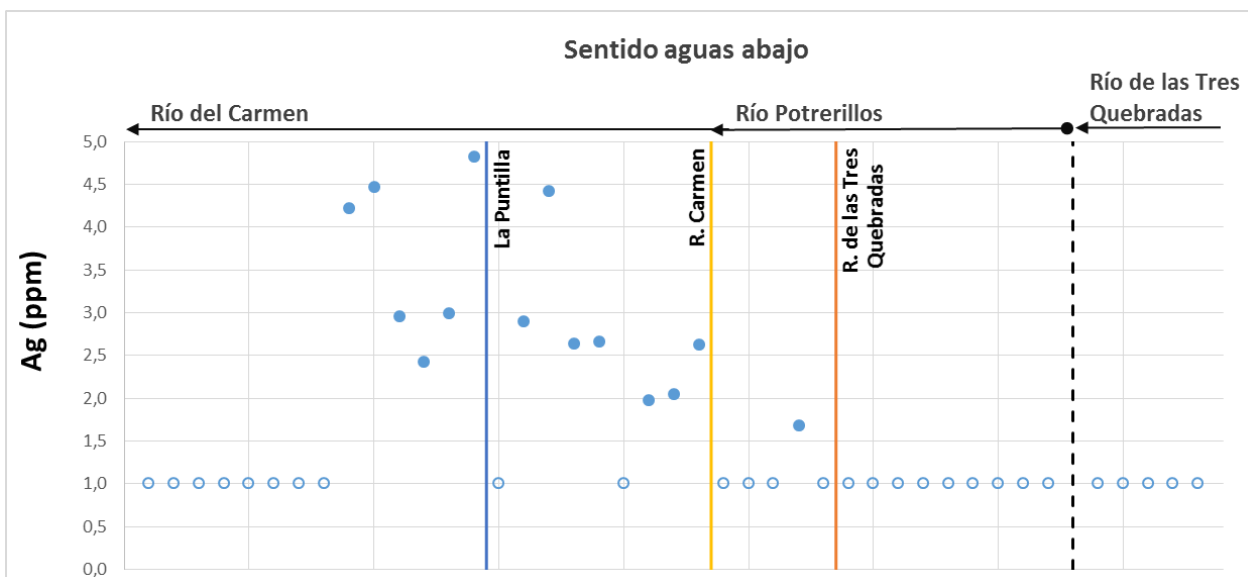
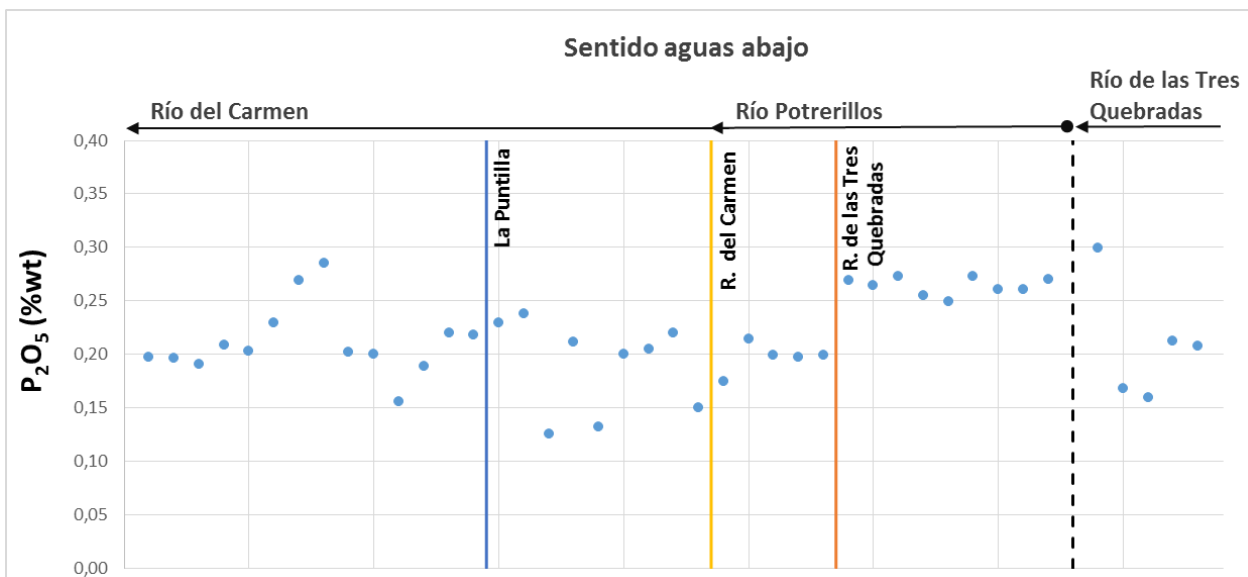
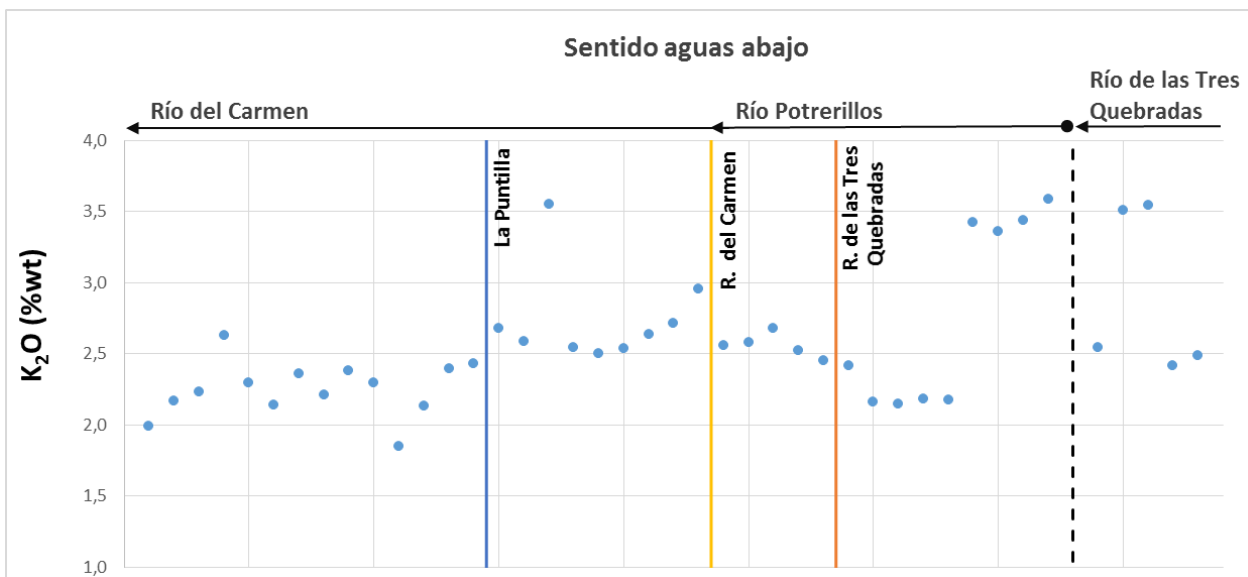


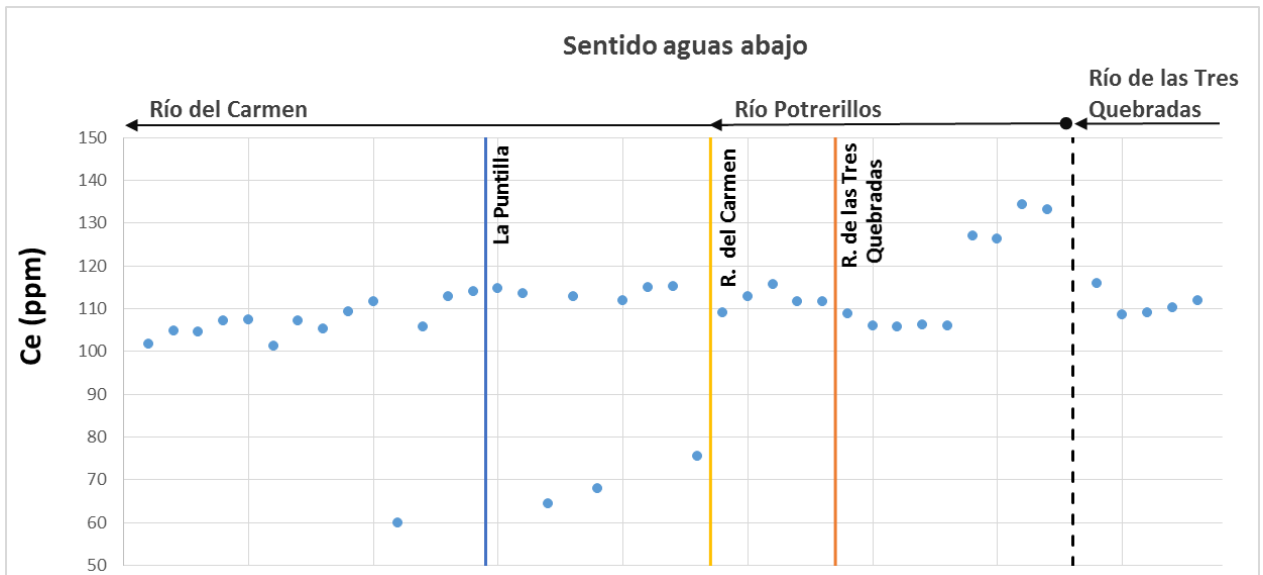
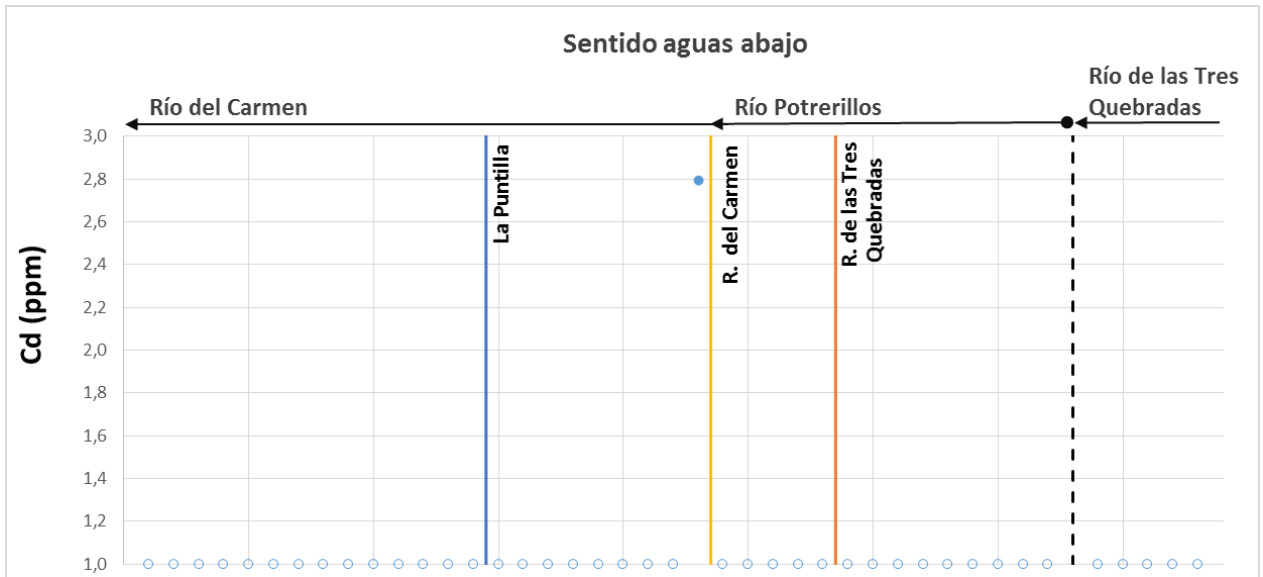
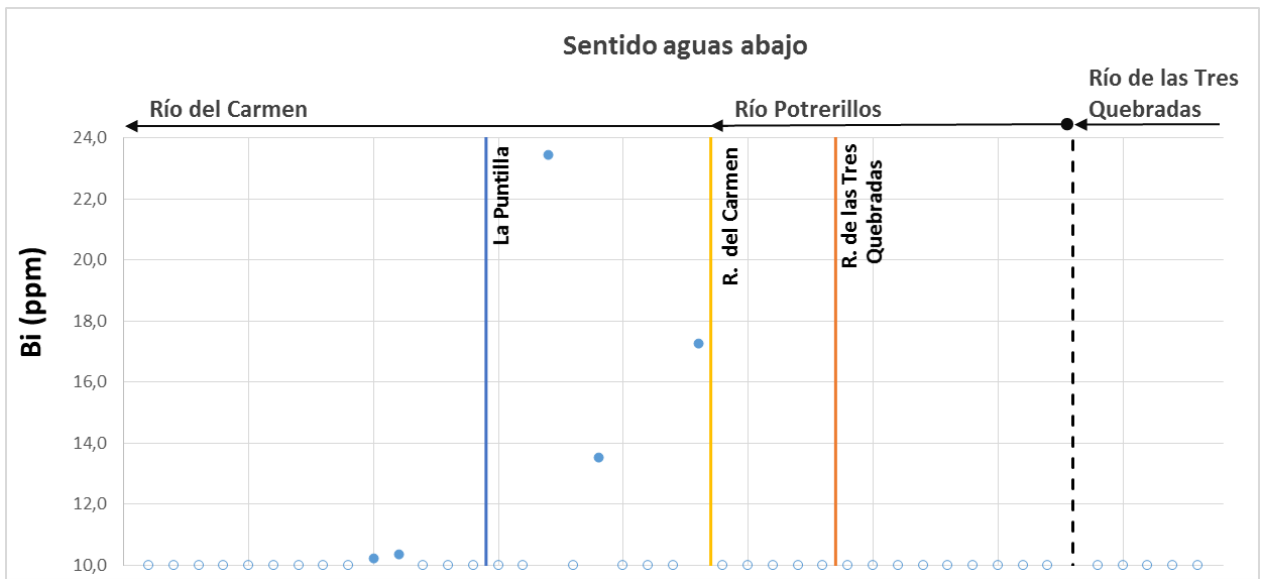
Anexo E2.1 Mapa de Tramo 2 (en rojo), corresponde a los ríos de las Tres Quebradas, Potrerillos y del Carmen.

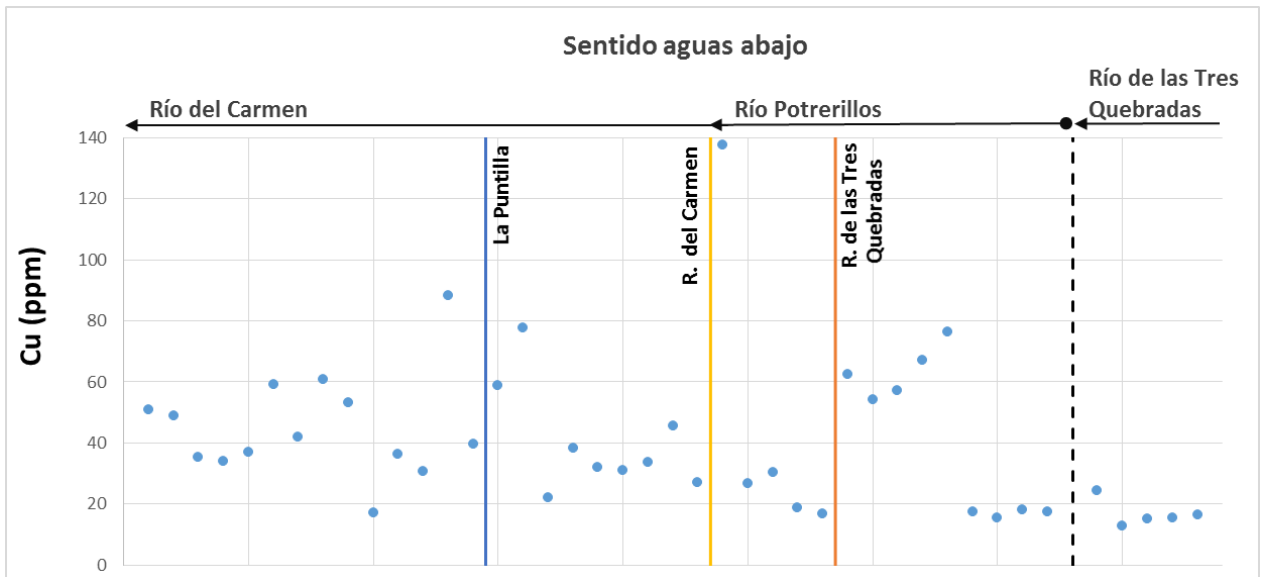
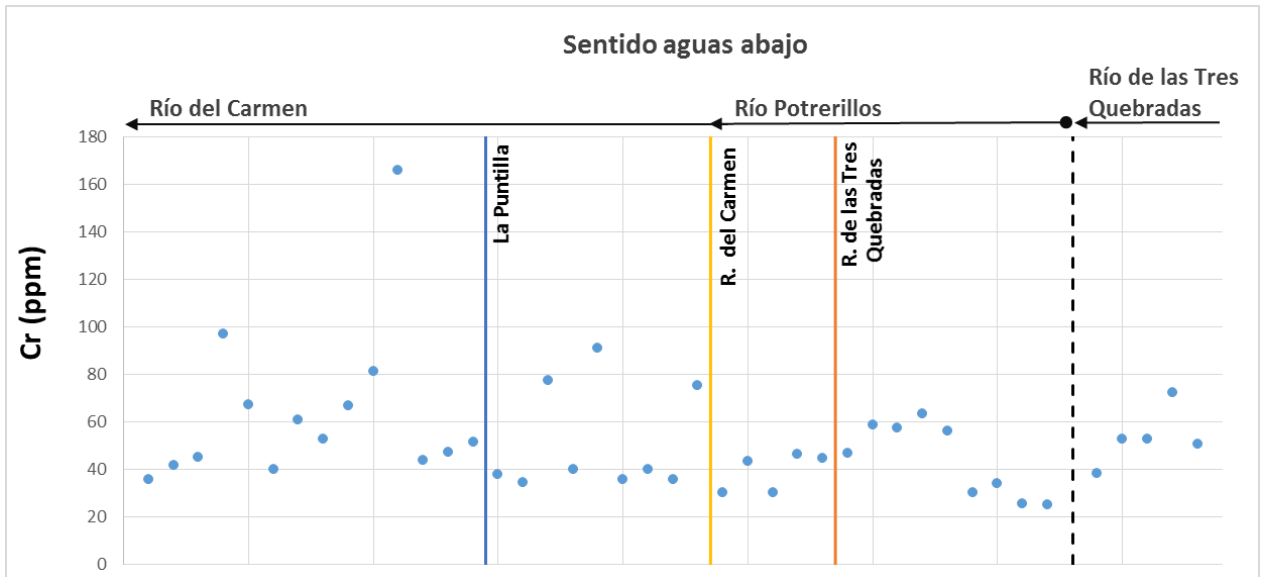
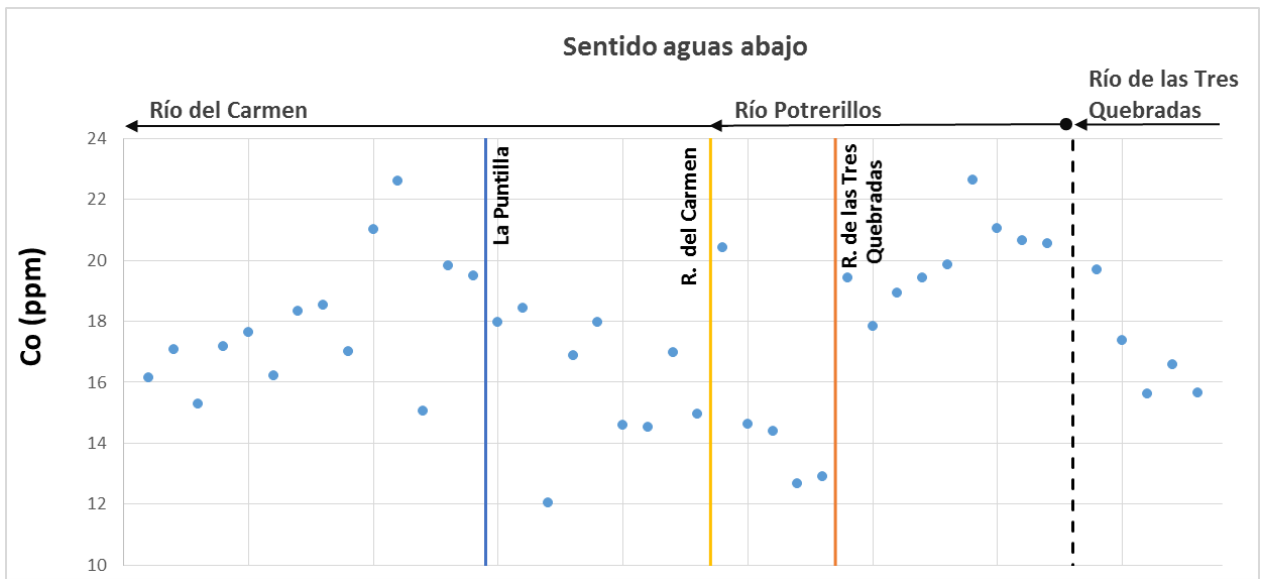


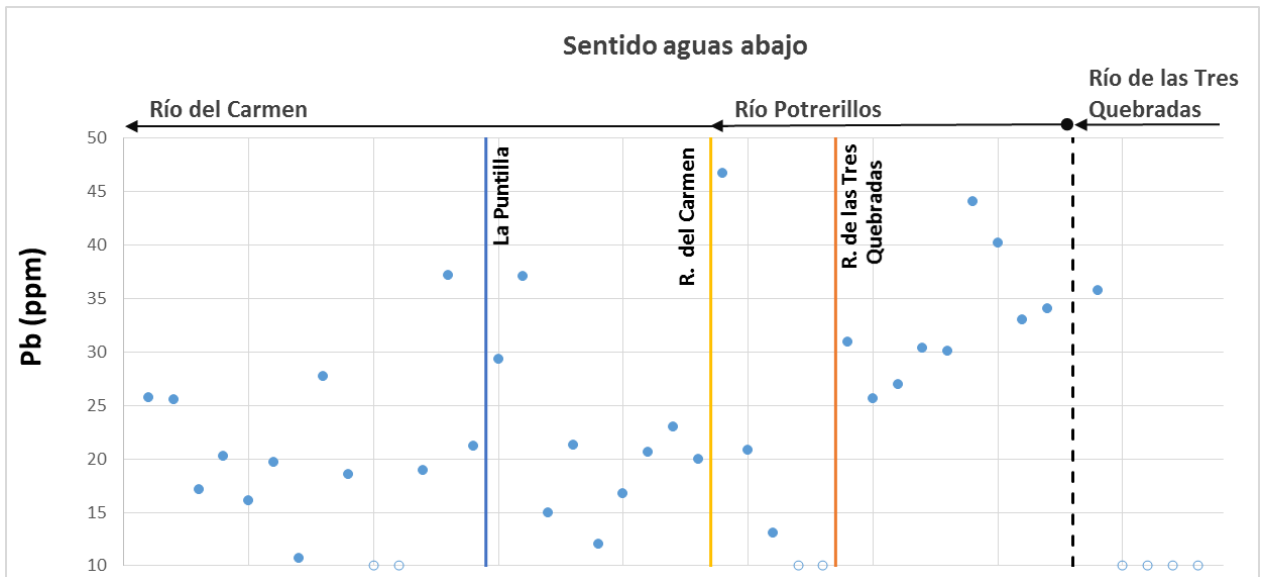
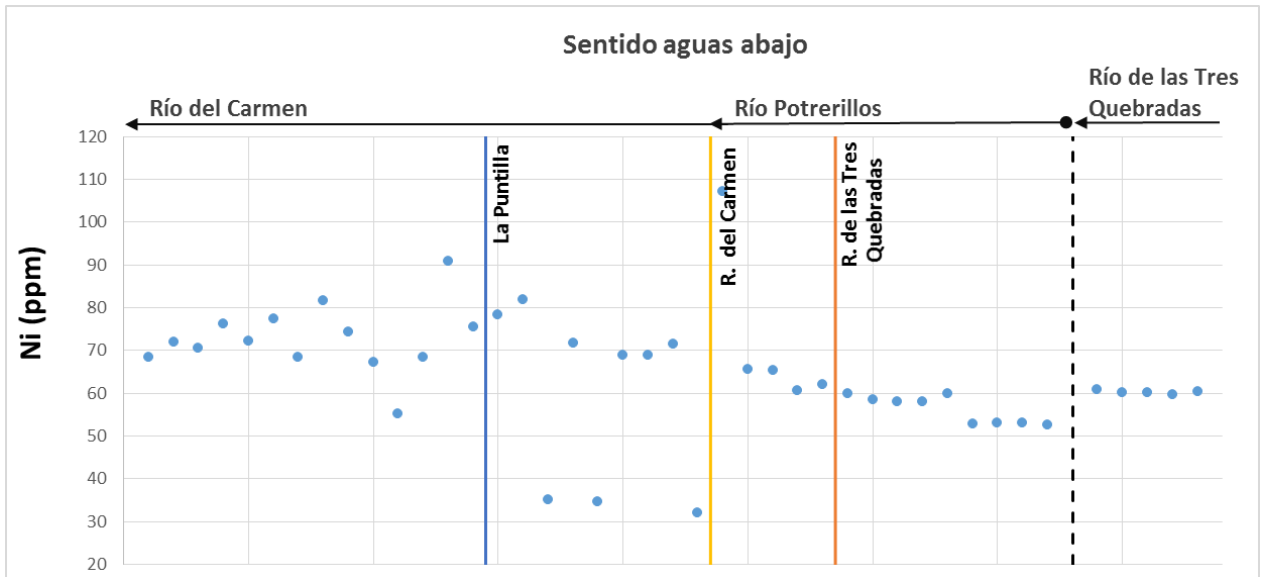
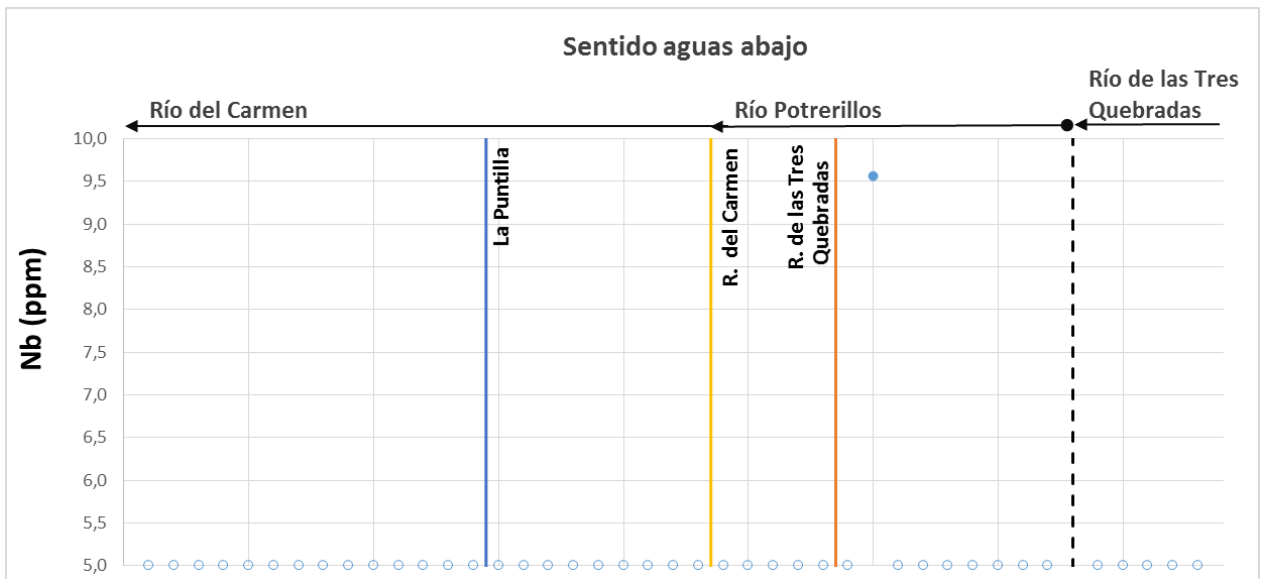


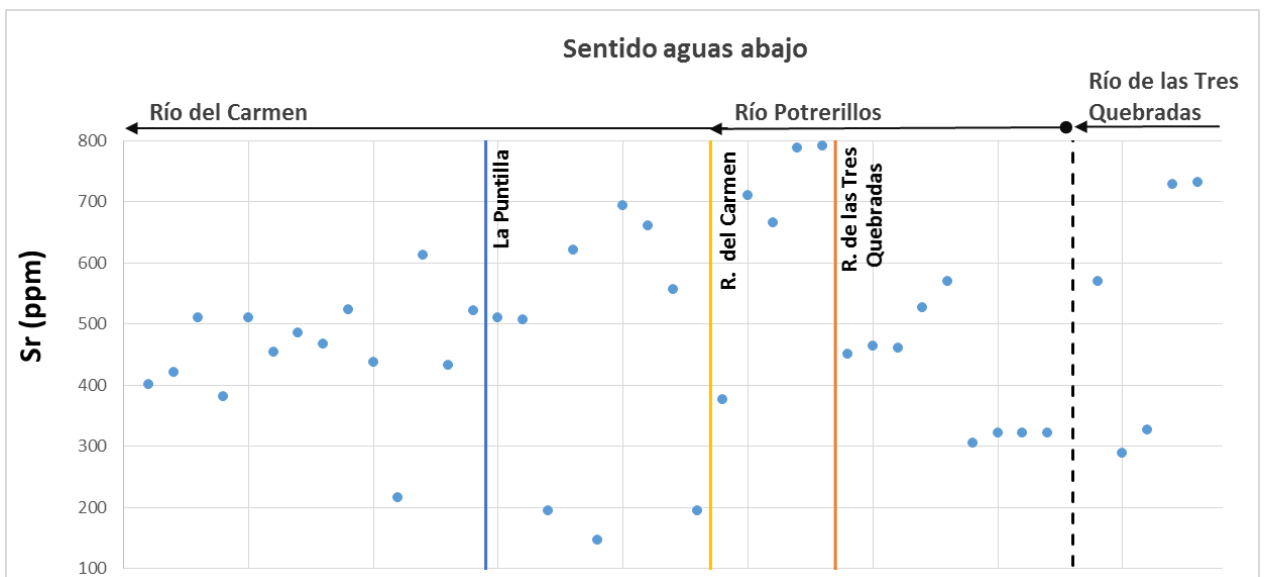
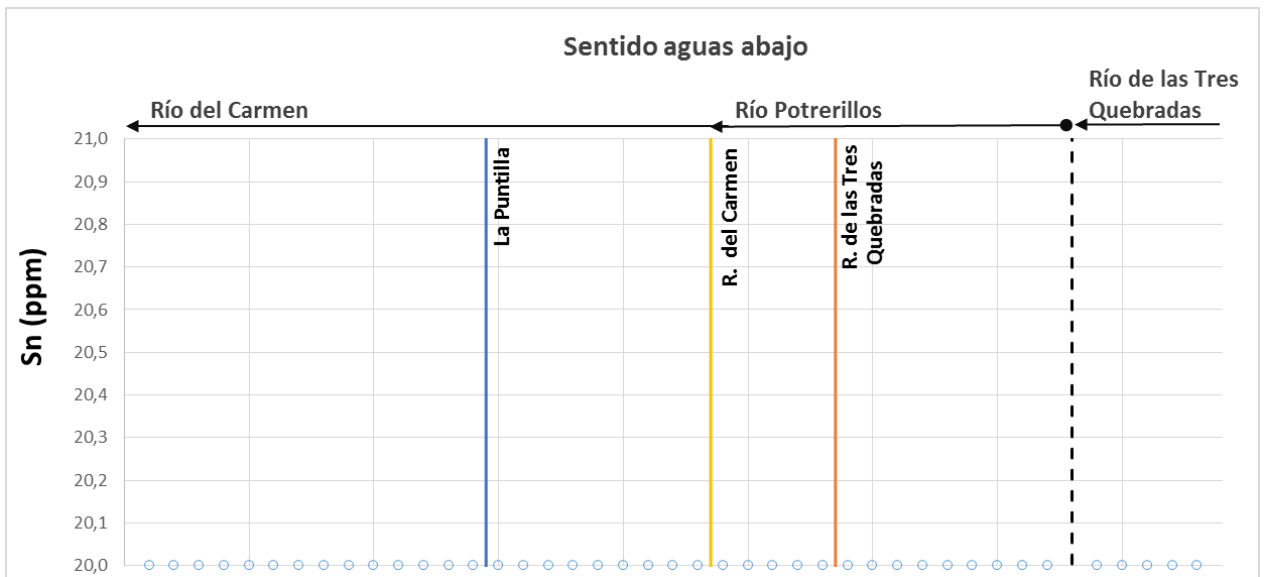
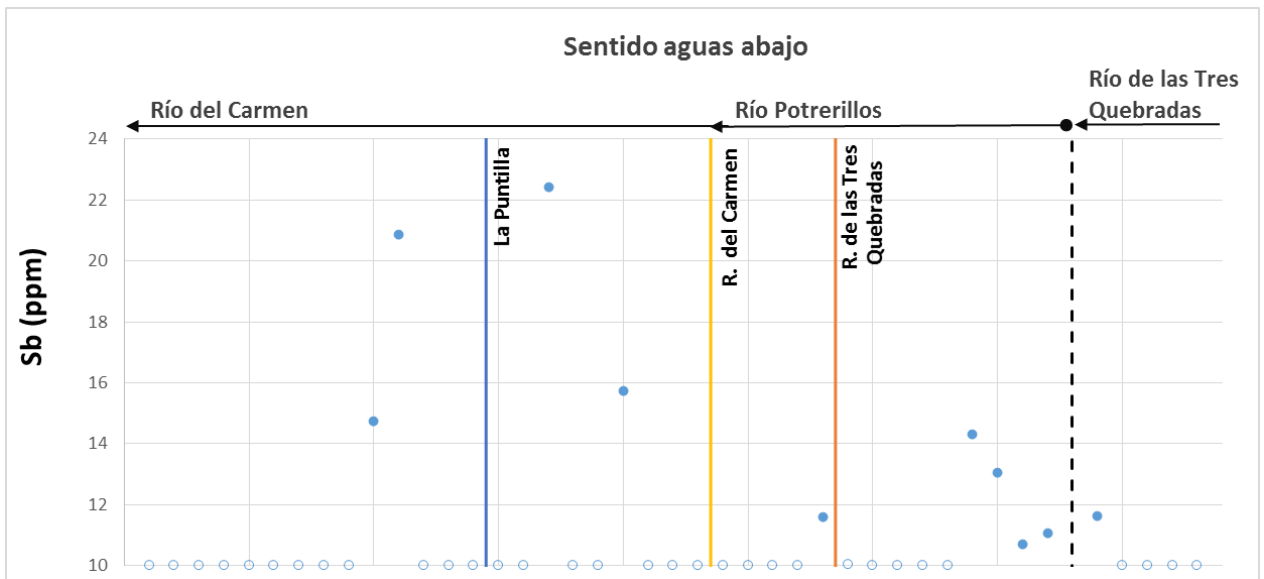


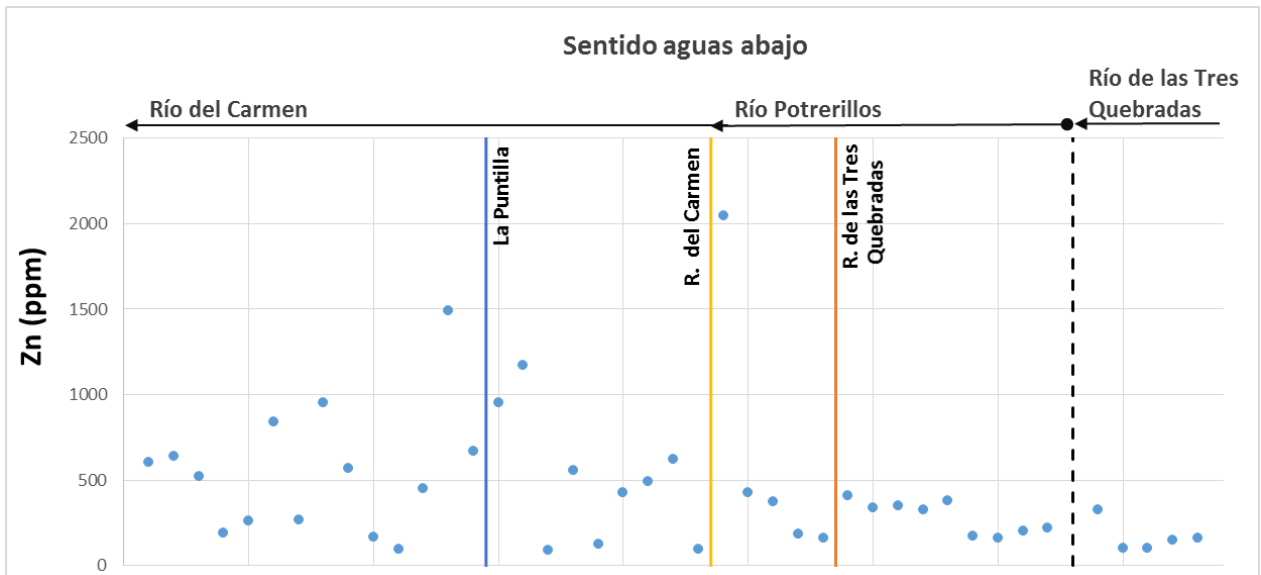
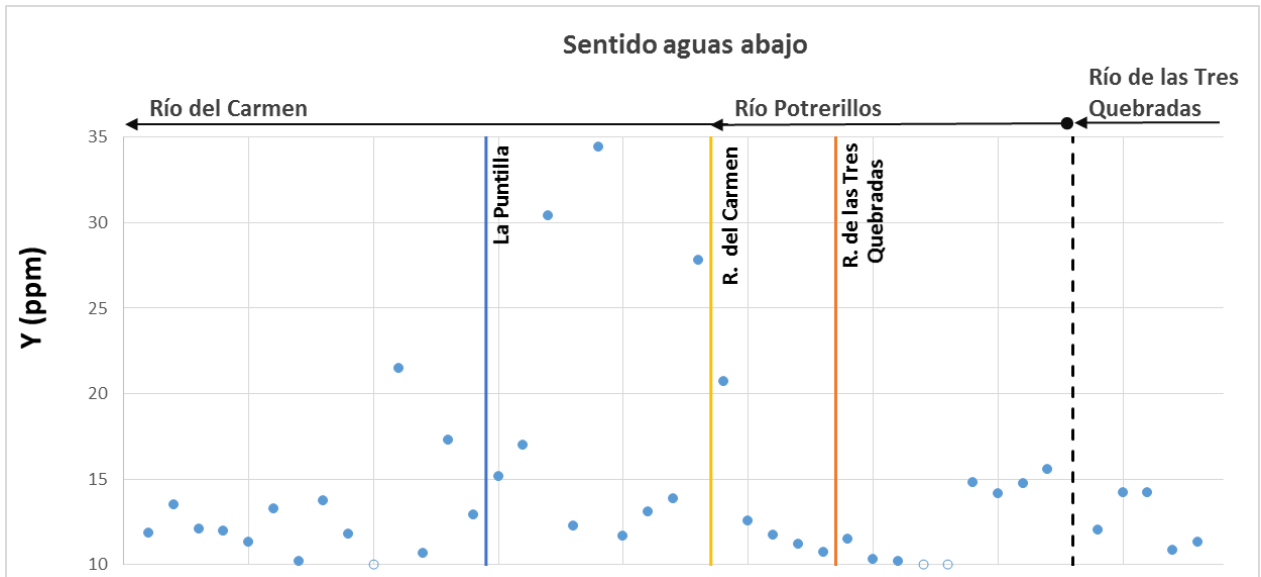
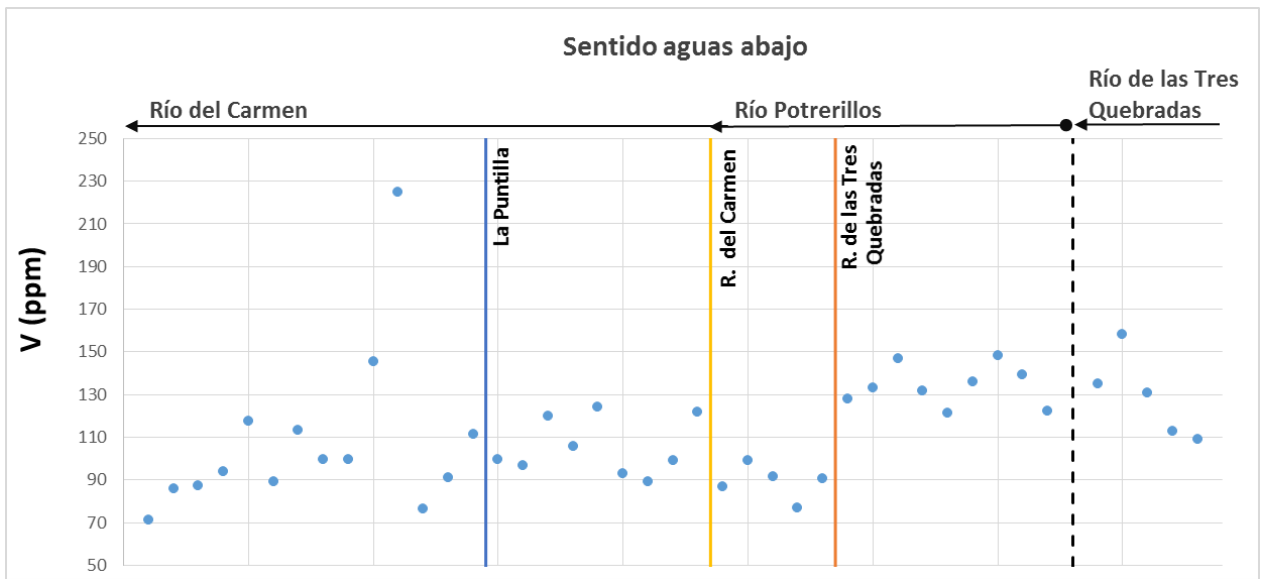


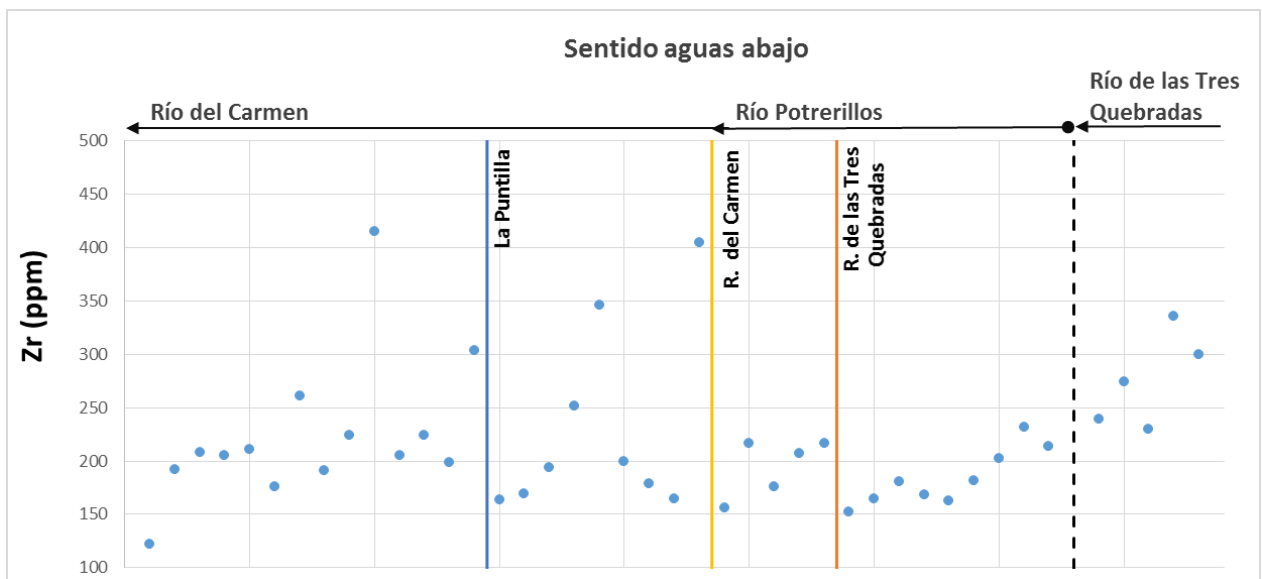




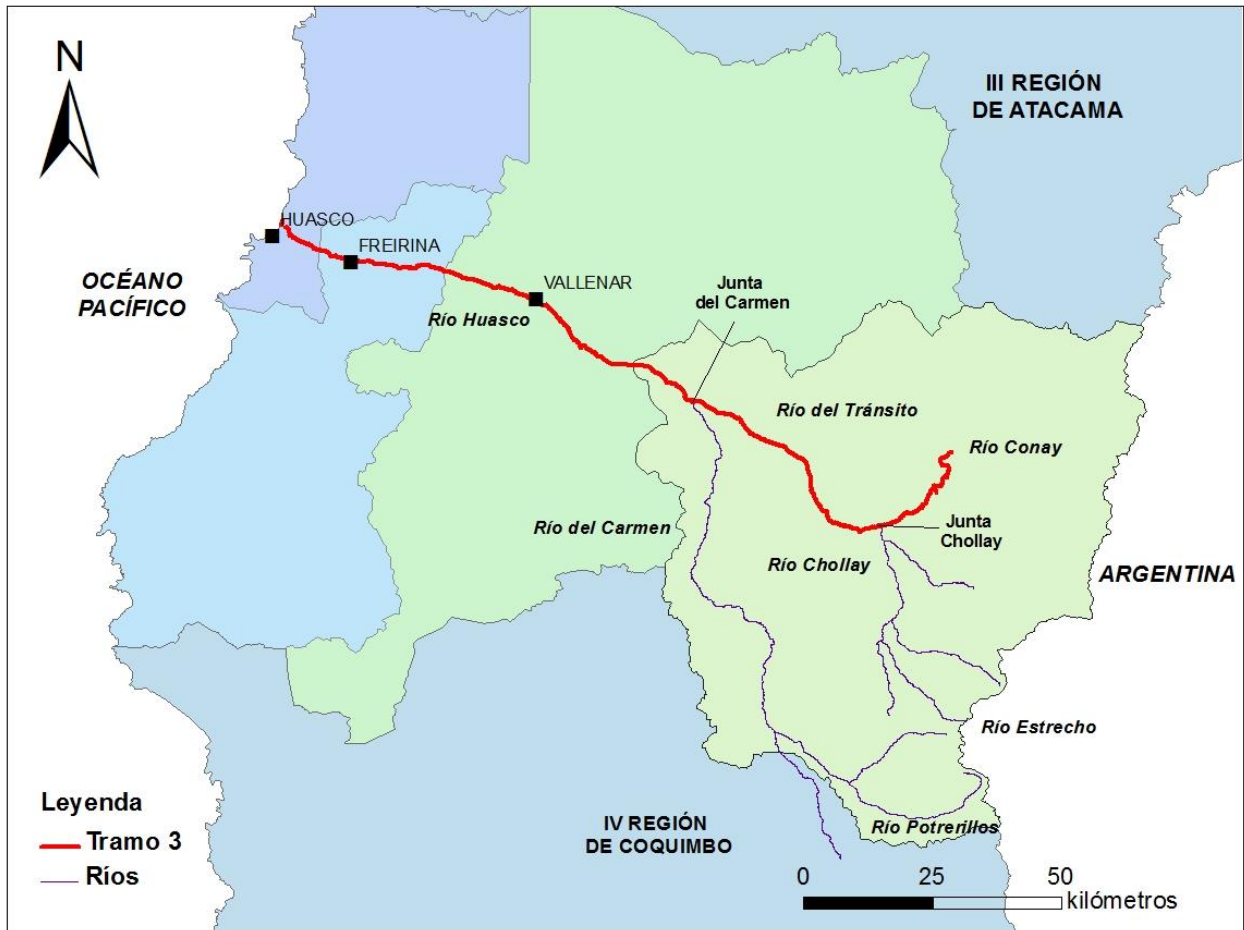








Anexo E 3.1 Mapa de Tramo 3 (en rojo), corresponde a los ríos Conay, del Tránsito y Huasco.



Anexo E3.2 Gráficos de variación geográfica de concentraciones de elementos u óxidos en el Tramo 3 (ver en Anexo E3.1). El sentido aguas abajo se indica por el sentido de las flechas. Los círculos sin pintar corresponden a valores bajo el límite de detección.

