



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
 PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2**

**CAPÍTULO 3.4**

**LÍNEA DE BASE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES**

**TQB14016-REP-MA-0255**

**INDICE**

|          |  |              |
|----------|--|--------------|
| <b>3</b> | <b>LÍNEA DE BASE .....</b>   | <b>3.4-1</b> |
| 3.4      | ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES.....   | 3.4-1        |
| 3.4.1    | INTRODUCCIÓN .....   | 3.4-1        |
| 3.4.2    | OBJETIVOS.....   | 3.4-1        |
| 3.4.3    | DETERMINACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....                                | 3.4-2        |
| 3.4.4    | METODOLOGÍA.....   | 3.4-5        |
| 3.4.4.1  | Sistematización de antecedentes previos disponibles.....                                 | 3.4-5        |
| 3.4.4.2  | Campañas y estaciones de muestreo .....  | 3.4-5        |
| 3.4.4.3  | Metodología de muestreo y análisis biota acuática .....                                  | 3.4-8        |
| 3.4.4.4  | Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos .....                    | 3.4-12       |
| 3.4.4.5  | Muestras de agua, análisis en laboratorio y registro de información <i>in situ</i> ..... | 3.4-12       |
| 3.4.4.6  | Muestras de sedimento, análisis en laboratorio.....                                      | 3.4-14       |
| 3.4.4.7  | Análisis integrado.....  | 3.4-16       |
| 3.4.5    | RESULTADOS.....  | 3.4-16       |
| 3.4.5.1  | Descripción Regional en base a antecedentes previos .....                                | 3.4-16       |
| 3.4.5.2  | Análisis de Información Campañas de Terreno .....  | 3.4-32       |
| 3.4.6    | SÍNTESIS Y CONCLUSIONES .....  | 3.4-324      |
| 3.4.6.1  | Área Mina.....   | 3.4-324      |
| 3.4.6.2  | Área Obras Lineales .....  | 3.4-327      |
| 3.4.6.3  | Área Pampa.....  | 3.4-328      |
| 3.4.6.4  | Análisis integrado.....  | 3.4-328      |
| 3.4.6.5  | Conclusiones Generales .....   | 3.4-328      |
| 3.4.7    | BIBLIOGRAFÍA .....   | 3.4-330      |

**TABLAS**

|               |   |        |
|---------------|---|--------|
| Tabla 3.4-1.  | Sistemas límnicos asociados al Área de Influencia de Ecosistemas Acuáticos Continentales..... | 3.4-3  |
| Tabla 3.4-2.  | Campañas de muestreo realizadas.....  | 3.4-5  |
| Tabla 3.4-3.  | Ubicación puntos de muestreo estudio de componentes Ecosistemas Acuáticos Continentales.....  | 3.4-7  |
| Tabla 3.4-4.  | Criterios de caracterización de sedimentos.....   | 3.4-8  |
| Tabla 3.4-5.  | Parámetros medidos <i>in Situ</i> . ....  | 3.4-12 |
| Tabla 3.4-6.  | Límites de detección y métodos de laboratorio. ....   | 3.4-13 |
| Tabla 3.4-7.  | Parámetros medidos en el sedimento y límites de detección. ....                               | 3.4-14 |
| Tabla 3.4-8.  | Clasificación del estado trófico de los sistemas límnicos (Dodds <i>et al.</i> 1998).....     | 3.4-16 |
| Tabla 3.4-9.  | Ubicación estaciones de muestreo estudios 2013 a 2014 y primavera 2012.....                   | 3.4-16 |
| Tabla 3.4-10. | Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Agua del Mote. ....                  | 3.4-35 |
| Tabla 3.4-11. | Resultados análisis de macroelementos, Sector Agua del Mote. ....                             | 3.4-39 |
| Tabla 3.4-12. | Resultados análisis de metales, Sector Agua del Mote. ....                                    | 3.4-41 |
| Tabla 3.4-13. | Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Agua del Mote. ....                   | 3.4-47 |
| Tabla 3.4-14. | Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Agua del Mote.....                    | 3.4-48 |
| Tabla 3.4-15. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Agua del Mote.....                        | 3.4-49 |
| Tabla 3.4-16. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Agua del Mote.....           | 3.4-52 |
| Tabla 3.4-17. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Agua del Mote.....          | 3.4-54 |
| Tabla 3.4-18. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Agua del Mote.....                 | 3.4-55 |
| Tabla 3.4-19. | Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Quebrada Blanca. ....                | 3.4-73 |
| Tabla 3.4-20. | Resultados análisis de macroelementos, Sector Quebrada Blanca.....                            | 3.4-77 |
| Tabla 3.4-21. | Resultados análisis de metales, Sector Quebrada Blanca. ....                                  | 3.4-79 |
| Tabla 3.4-22. | Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Quebrada Blanca. ....                 | 3.4-85 |
| Tabla 3.4-23. | Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Quebrada Blanca.....                  | 3.4-87 |

|               |  |         |
|---------------|--|---------|
| Tabla 3.4-24. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Blanca.....                 | 3.4-89  |
| Tabla 3.4-25. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Blanca.....    | 3.4-92  |
| Tabla 3.4-26. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Quebrada Blanca.....   | 3.4-94  |
| Tabla 3.4-27. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Quebrada Blanca.....          | 3.4-96  |
| Tabla 3.4-28. | Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Quebrada Blanca.....                     | 3.4-97  |
| Tabla 3.4-29. | Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Quebrada Llaretta.....          | 3.4-112 |
| Tabla 3.4-30. | Resultados análisis de macroelementos, Sector quebrada Llaretta.....                     | 3.4-116 |
| Tabla 3.4-31. | Resultados análisis de metales, Sector quebrada Llaretta.....                            | 3.4-118 |
| Tabla 3.4-32. | Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector quebrada Llaretta.....           | 3.4-122 |
| Tabla 3.4-33. | Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector quebrada Llaretta.....           | 3.4-123 |
| Tabla 3.4-34. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector quebrada Llaretta.....               | 3.4-124 |
| Tabla 3.4-35. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector quebrada Llaretta.....  | 3.4-127 |
| Tabla 3.4-36. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector quebrada Llaretta..... | 3.4-129 |
| Tabla 3.4-37. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector quebrada Llaretta.....        | 3.4-130 |
| Tabla 3.4-38. | Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector quebrada Llaretta.....                   | 3.4-132 |
| Tabla 3.4-39. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Jovita .....                         | 3.4-145 |
| Tabla 3.4-40. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Jovita .....            | 3.4-147 |
| Tabla 3.4-41. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Jovita .....           | 3.4-148 |
| Tabla 3.4-42. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Jovita .....                  | 3.4-148 |
| Tabla 3.4-43. | Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Ramucho-Choja-Maní.....         | 3.4-154 |
| Tabla 3.4-44. | Resultados análisis de macroelementos, Sector Ramucho-Choja-Maní.....                    | 3.4-157 |
| Tabla 3.4-45. | Resultados análisis de metales, Sector Ramucho-Choja-Maní.....                           | 3.4-160 |

|               |  |         |
|---------------|--|---------|
| Tabla 3.4-46. | Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Ramucho-Choja-Maní.....              | 3.4-165 |
| Tabla 3.4-47. | Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Ramucho-Choja-Maní. ....             | 3.4-167 |
| Tabla 3.4-48. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ramucho-Choja-Maní. ....                 | 3.4-168 |
| Tabla 3.4-49. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ramucho-Choja-Maní.....     | 3.4-170 |
| Tabla 3.4-50. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Ramucho-Choja-Maní.....    | 3.4-171 |
| Tabla 3.4-51. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Ramucho-Choja-Maní.....           | 3.4-172 |
| Tabla 3.4-52. | Abundancia de especies de anfibios en fase larvaria. Sector Ramucho-Choja-Maní.....          | 3.4-174 |
| Tabla 3.4-53. | Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Ramucho-Choja-Maní. ....                     | 3.4-174 |
| Tabla 3.4-54. | Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Quebrada Huinquentipa. ....         | 3.4-191 |
| Tabla 3.4-55. | Resultados análisis de macroelementos, Sector Quebrada Huinquentipa.....                     | 3.4-195 |
| Tabla 3.4-56. | Resultados análisis de metales, Sector Quebrada Huinquentipa. ..                             | 3.4-198 |
| Tabla 3.4-57. | Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Quebrada Huinquentipa. ....          | 3.4-203 |
| Tabla 3.4-58. | Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Quebrada Huinquentipa.....           | 3.4-205 |
| Tabla 3.4-59. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Huinquentipa.....               | 3.4-207 |
| Tabla 3.4-60. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Huinquentipa.....  | 3.4-211 |
| Tabla 3.4-61. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Quebrada Huinquentipa..... | 3.4-215 |
| Tabla 3.4-62. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Quebrada Huinquentipa. ....       | 3.4-217 |
| Tabla 3.4-63. | Abundancia de larvas de especies de anfibios.....  | 3.4-219 |
| Tabla 3.4-64. | Cobertura (%) de especies de macrófitas. Área Mina .....                                     | 3.4-219 |
| Tabla 3.4-65. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ornajuno ...                             | 3.4-236 |
| Tabla 3.4-66. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ornajuno.....               | 3.4-238 |
| Tabla 3.4-67. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Ornajuno.....              | 3.4-239 |



|               |  |         |
|---------------|--|---------|
| Tabla 3.4-68. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Ornajuno.....               | 3.4-239 |
| Tabla 3.4-69. | Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Ornajuno.....                          | 3.4-240 |
| Tabla 3.4-70. | Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Otras Quebradas.....          | 3.4-249 |
| Tabla 3.4-71. | Resultados análisis de macroelementos, Sector Otras Quebradas.....                     | 3.4-253 |
| Tabla 3.4-72. | Resultados análisis de metales, Sector Otras Quebradas.....                            | 3.4-255 |
| Tabla 3.4-73. | Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Otras Quebradas.....           | 3.4-258 |
| Tabla 3.4-74. | Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Otras Quebradas.....           | 3.4-259 |
| Tabla 3.4-75. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Otras Quebradas.....               | 3.4-260 |
| Tabla 3.4-76. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Otras Quebradas.....  | 3.4-262 |
| Tabla 3.4-77. | Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Otras Quebradas..... | 3.4-264 |
| Tabla 3.4-78. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Otras Quebradas.....        | 3.4-265 |
| Tabla 3.4-79. | Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Otras Quebradas.....                   | 3.4-266 |
| Tabla 3.4-80. | Resultados análisis parámetros importancia limnológica. Sector Obras lineales.....     | 3.4-281 |
| Tabla 3.4-81. | Resultados análisis macroelementos. Sector Obras lineales.....                         | 3.4-282 |
| Tabla 3.4-82. | Resultados análisis de metales en agua. Sector Obras lineales ...                      | 3.4-282 |
| Tabla 3.4-83. | Resultados análisis variables orgánicas y otros. Sector Obras lineales.....            | 3.4-282 |
| Tabla 3.4-84. | Resultados análisis clorofila “a”. Sector Obras lineales.....                          | 3.4-283 |
| Tabla 3.4-85. | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Obras Lineales.....                | 3.4-283 |
| Tabla 3.4-86. | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Obras Lineales.....   | 3.4-285 |
| Tabla 3.4-87. | Resultados análisis de parámetros orgánicos. Sector Obras Lineales.....                | 3.4-286 |
| Tabla 3.4-88. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Obras Lineales.....         | 3.4-287 |
| Tabla 3.4-89. | Resultados análisis parámetros importancia limnológica. Sector Variante A-97B.....     | 3.4-300 |
| Tabla 3.4-90. | Resultados análisis macroelementos. Sector Variante A-97B.....                         | 3.4-300 |

|                |   |         |
|----------------|---|---------|
| Tabla 3.4-91.  | Resultados análisis de metales en agua. Sector Variante A-97B.<br>.....               | 3.4-301 |
| Tabla 3.4-92.  | Resultados análisis variables orgánicas y otro. Sector Variante A-97B.....            | 3.4-301 |
| Tabla 3.4-93.  | Resultados análisis clorofila “a”. Sector Variante A-97B.....                         | 3.4-301 |
| Tabla 3.4-94.  | Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Variante A-97B. ....              | 3.4-302 |
| Tabla 3.4-95.  | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Variante A-97B. .... | 3.4-303 |
| Tabla 3.4-96.  | Resultados análisis de parámetros orgánicos. Sector Variante A-97B. ....              | 3.4-305 |
| Tabla 3.4-97.  | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Variante A-97B.....        | 3.4-306 |
| Tabla 3.4-98.  | Resultados análisis de metales en sedimento. Área Pampa. ....                         | 3.4-319 |
| Tabla 3.4-99.  | Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Área Pampa. ....            | 3.4-320 |
| Tabla 3.4-100. | Resultados análisis de parámetros orgánicos. Área Pampa.....                          | 3.4-321 |
| Tabla 3.4-101. | Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Área Pampa .....                  | 3.4-322 |

**FIGURAS**

|                |   |        |
|----------------|---|--------|
| Figura 3.4-1.  | Área de influencia Ecosistemas Acuáticos Continentales. ....          | 3.4-4  |
| Figura 3.4-2.  | Abundancia relativa por estación, fitobentos .....                    | 3.4-22 |
| Figura 3.4-3.  | Abundancia relativa por estación, fitoplancton .....                  | 3.4-24 |
| Figura 3.4-4.  | Abundancia relativa por estación, zoobentos .....                     | 3.4-27 |
| Figura 3.4-5.  | Abundancia relativa por estación, zooplancton. ....                   | 3.4-29 |
| Figura 3.4-6.  | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Agua del Mote<br>..... | 3.4-34 |
| Figura 3.4-7.  | Valores pH. Sector agua del Mote.....                                 | 3.4-36 |
| Figura 3.4-8.  | Valores Conductividad Eléctrica. Sector agua del Mote .....           | 3.4-37 |
| Figura 3.4-9.  | Valores Sólidos totales disueltos. Sector agua del Mote .....         | 3.4-37 |
| Figura 3.4-10. | Valores Oxígeno. Sector agua del Mote.....                            | 3.4-38 |
| Figura 3.4-11. | Valores Alcalinidad. Sector agua del Mote .....                       | 3.4-38 |
| Figura 3.4-12. | Valores concentración Cloruro. Sector agua del Mote.....              | 3.4-40 |
| Figura 3.4-13. | Valores concentración Sulfato. Sector agua del Mote .....             | 3.4-40 |
| Figura 3.4-14. | Valores concentración Cromo. Sector agua del Mote.....                | 3.4-43 |

|                |  |        |
|----------------|--|--------|
| Figura 3.4-15. | Valores concentración Cadmio. Sector agua del Mote .....                 | 3.4-43 |
| Figura 3.4-16. | Valores concentración Cobre. Sector agua del Mote.....                   | 3.4-44 |
| Figura 3.4-17. | Valores concentración Hierro. Sector agua del Mote.....                  | 3.4-44 |
| Figura 3.4-18. | Valores concentración Boro. Sector agua del Mote.....                    | 3.4-45 |
| Figura 3.4-19. | Valores concentración Manganeso. Sector agua del Mote.....               | 3.4-45 |
| Figura 3.4-20. | Valores concentración Molibdeno. Sector agua del Mote.....               | 3.4-46 |
| Figura 3.4-21. | Valores concentración Aluminio. Sector agua del Mote.....                | 3.4-46 |
| Figura 3.4-22. | Valores concentración Coliformes fecales. Sector agua del Mote.<br>..... | 3.4-48 |
| Figura 3.4-23. | Valores concentración Arsénico (mg/Kg). Sector agua del Mote.....        | 3.4-51 |
| Figura 3.4-24. | Valores concentración Cadmio (mg/Kg). Sector agua del Mote .....         | 3.4-51 |
| Figura 3.4-25. | Valores concentración Cobre (mg/Kg). Sector agua del Mote. ....          | 3.4-52 |
| Figura 3.4-26. | Valores concentración Mercurio. Sector agua del Mote .....               | 3.4-53 |
| Figura 3.4-27. | Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Agua del<br>Mote.....   | 3.4-57 |
| Figura 3.4-28. | Variables comunitarias de fitoplancton en Quebrada Agua del<br>Mote..... | 3.4-60 |
| Figura 3.4-29. | Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Agua del<br>Mote.....    | 3.4-63 |
| Figura 3.4-30. | Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Agua del<br>Mote.....  | 3.4-66 |
| Figura 3.4-31. | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Blanca .....              | 3.4-72 |
| Figura 3.4-32. | Valores de pH, sector Quebrada Blanca. ....                              | 3.4-75 |
| Figura 3.4-33. | Valores de Conductividad eléctrica, sector Quebrada Blanca. ....         | 3.4-75 |
| Figura 3.4-34. | Valores de Solidos Totales Disueltos, sector Quebrada Blanca. ....       | 3.4-75 |
| Figura 3.4-35. | Valores de Solidos Oxígeno, sector Quebrada Blanca.....                  | 3.4-76 |
| Figura 3.4-36. | Valores de Solidos Alcalinidad, sector Quebrada Blanca. ....             | 3.4-76 |
| Figura 3.4-37. | Valores de concentración de Sulfato, sector Quebrada Blanca.....         | 3.4-78 |
| Figura 3.4-38. | Valores de concentración de Cromo, sector Quebrada Blanca. ....          | 3.4-81 |
| Figura 3.4-39. | Valores de concentración de Cadmio, sector Quebrada Blanca.....          | 3.4-81 |
| Figura 3.4-40. | Valores de concentración de Cobre, sector Quebrada Blanca. ....          | 3.4-82 |
| Figura 3.4-41. | Valores de concentración de Boro, sector Quebrada Blanca. ....           | 3.4-82 |
| Figura 3.4-42. | Valores de concentración de Manganeso, sector Quebrada<br>Blanca.....    | 3.4-83 |
| Figura 3.4-43. | Valores de concentración de Molibdeno, sector Quebrada<br>Blanca.....    | 3.4-83 |

|                |   |         |
|----------------|---|---------|
| Figura 3.4-44. | Valores de concentración de Aluminio, sector Quebrada Blanca.<br>.....  | 3.4-84  |
| Figura 3.4-45. | Valores de concentración de Arsénico mg/Kg, sector Quebrada Blanca..... | 3.4-90  |
| Figura 3.4-46. | Valores de concentración de Cadmio mg/Kg, sector Quebrada Blanca.....   | 3.4-91  |
| Figura 3.4-47. | Valores de concentración de Cobre mg/Kg, sector Quebrada Blanca.....    | 3.4-91  |
| Figura 3.4-48. | Valores de concentración de Mercurio mg/Kg, sector Quebrada Blanca..... | 3.4-93  |
| Figura 3.4-49. | Valores de concentración de Plomo mg/Kg, sector Quebrada Blanca.....    | 3.4-93  |
| Figura 3.4-50. | Valores de concentración de Plomo mg/Kg, sector Quebrada Blanca.....    | 3.4-94  |
| Figura 3.4-51. | Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Blanca. ....           | 3.4-98  |
| Figura 3.4-52. | Variables comunitarias de fitoplancton en Quebrada Blanca.....          | 3.4-101 |
| Figura 3.4-53. | Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Blanca .....            | 3.4-103 |
| Figura 3.4-54. | Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Blanca.....           | 3.4-106 |
| Figura 3.4-55. | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Llaretta .....           | 3.4-111 |
| Figura 3.4-56. | Valores de pH, sector Quebrada Llaretta. ....                           | 3.4-114 |
| Figura 3.4-57. | Conductividad eléctrica, sector Quebrada Llaretta. ....                 | 3.4-114 |
| Figura 3.4-58. | Sólidos Totales disueltos, sector Quebrada Llaretta. ....               | 3.4-115 |
| Figura 3.4-59. | Valores de Oxígeno, sector Quebrada Llaretta. ....                      | 3.4-115 |
| Figura 3.4-60. | Cloruro, sector Quebrada Llaretta.....                                  | 3.4-117 |
| Figura 3.4-61. | Sulfato, sector Quebrada Llaretta.....                                  | 3.4-117 |
| Figura 3.4-62. | Concentración de Cromo, sector Quebrada Llaretta. ....                  | 3.4-119 |
| Figura 3.4-63. | Concentración de Hierro, sector Quebrada Llaretta. ....                 | 3.4-119 |
| Figura 3.4-64. | Concentración de Boro, sector Quebrada Llaretta. ....                   | 3.4-120 |
| Figura 3.4-65. | Concentración de Manganeso, sector Quebrada Llaretta. ....              | 3.4-120 |
| Figura 3.4-66. | Concentración de Molibdeno, sector Quebrada Llaretta.....               | 3.4-121 |
| Figura 3.4-67. | Concentración de Aluminio, sector Quebrada Llaretta. ....               | 3.4-121 |
| Figura 3.4-68. | Concentración de Coliformes fecales, sector Quebrada Llaretta....       | 3.4-123 |
| Figura 3.4-69. | Concentración de Arsénico mg/Kg, sector Quebrada Llaretta.....          | 3.4-126 |
| Figura 3.4-70. | Concentración de Cadmio mg/Kg, sector Quebrada Llaretta.....            | 3.4-126 |
| Figura 3.4-71. | Concentración de Cobre mg/Kg, sector Quebrada Llaretta. ....            | 3.4-127 |
| Figura 3.4-72. | Concentración de Mercurio mg/Kg, sector Quebrada Llaretta.....          | 3.4-129 |
| Figura 3.4-73. | Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Llaretta. ....         | 3.4-133 |

|                 |  |         |
|-----------------|--|---------|
| Figura 3.4-74.  | Variables comunitarias de fitoplancton en Quebrada Llareta.....              | 3.4-136 |
| Figura 3.4-75.  | Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Llareta. ....                | 3.4-138 |
| Figura 3.4-76.  | Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Llareta.....               | 3.4-141 |
| Figura 3.4-77.  | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Jovita .....                  | 3.4-144 |
| Figura 3.4-78.  | Concentración de Arsénico mg/Kg, sector Jovita. ....                         | 3.4-146 |
| Figura 3.4-79.  | Concentración de Cobre mg/Kg, sector Jovita. ....                            | 3.4-146 |
| Figura 3.4-80.  | Concentración de Mercurio mg/Kg, sector Jovita. ....                         | 3.4-147 |
| Figura 3.4-81.  | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebradas Ramucho-<br>Choja-Maní ..... | 3.4-153 |
| Figura 3.4-82.  | Conductividad eléctrica, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                     | 3.4-156 |
| Figura 3.4-83.  | Sólidos totales disueltos, sector Ramucho-Choja-Maní.....                    | 3.4-156 |
| Figura 3.4-84.  | Oxígeno, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                     | 3.4-157 |
| Figura 3.4-85.  | Cloruro, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                     | 3.4-159 |
| Figura 3.4-86.  | Sulfato, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                     | 3.4-159 |
| Figura 3.4-87.  | Cromo, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                       | 3.4-161 |
| Figura 3.4-88.  | Cadmio, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                      | 3.4-162 |
| Figura 3.4-89.  | Cobre, sector Ramucho-Choja-Maní.....  | 3.4-162 |
| Figura 3.4-90.  | Hierro, sector Ramucho-Choja-Maní.....                                       | 3.4-163 |
| Figura 3.4-91.  | Boro, sector Ramucho-Choja-Maní. ....  | 3.4-163 |
| Figura 3.4-92.  | Manganeso, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                   | 3.4-164 |
| Figura 3.4-93.  | Molibdeno, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                   | 3.4-164 |
| Figura 3.4-94.  | Aluminio, sector Ramucho-Choja-Maní. ....                                    | 3.4-165 |
| Figura 3.4-95.  | Arsénico mg/Kg, sector Ramucho-Choja-Maní.....                               | 3.4-169 |
| Figura 3.4-96.  | Mercurio mg/Kg, sector Ramucho-Choja-Maní.....                               | 3.4-171 |
| Figura 3.4-97.  | Variables comunitarias de fitobentos en Ramucho-Choja-Maní. ...              | 3.4-175 |
| Figura 3.4-98.  | Variables comunitarias de fitoplancton en Ramucho-Choja-Maní.<br>.....       | 3.4-178 |
| Figura 3.4-99.  | Variables comunitarias de zoobentos en Ramucho-Choja-Maní. ..                | 3.4-180 |
| Figura 3.4-100. | Variables comunitarias de zooplancton en Ramucho-Choja-<br>Maní.....         | 3.4-183 |
| Figura 3.4-101. | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa...               | 3.4-190 |
| Figura 3.4-102. | Valores de pH Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                  | 3.4-193 |
| Figura 3.4-103. | Conductividad eléctrica Área Mina, sector Quebrada<br>Huinquentipa.....      | 3.4-194 |
| Figura 3.4-104. | Sólidos disueltos totales Área Mina, sector Quebrada<br>Huinquentipa.....    | 3.4-194 |

|                 |   |         |
|-----------------|---|---------|
| Figura 3.4-105. | Oxígeno disuelto Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....          | 3.4-195 |
| Figura 3.4-106. | Sulfato Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.....                    | 3.4-197 |
| Figura 3.4-107. | Cromo, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                    | 3.4-200 |
| Figura 3.4-108. | Cadmio, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                   | 3.4-200 |
| Figura 3.4-109. | Cobre, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                    | 3.4-201 |
| Figura 3.4-110. | Hierro, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                   | 3.4-201 |
| Figura 3.4-111. | Boro, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                     | 3.4-202 |
| Figura 3.4-112. | Manganeso, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                | 3.4-202 |
| Figura 3.4-113. | Molibdeno, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                | 3.4-203 |
| Figura 3.4-114. | Arsénico Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.....                   | 3.4-209 |
| Figura 3.4-115. | Cadmio Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa .....                    | 3.4-210 |
| Figura 3.4-116. | Cobre mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....               | 3.4-210 |
| Figura 3.4-117. | Cromo mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....               | 3.4-211 |
| Figura 3.4-118. | Mercurio mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....            | 3.4-214 |
| Figura 3.4-119. | Zinc mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....                | 3.4-214 |
| Figura 3.4-120. | Plomo mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa. ....               | 3.4-215 |
| Figura 3.4-121. | Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Huinquentipa.<br>..... | 3.4-222 |
| Figura 3.4-122. | Variables comunitarias de fitoplancton en Huinquentipa. ....            | 3.4-225 |
| Figura 3.4-123. | Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Huinquentipa.<br>.....  | 3.4-228 |
| Figura 3.4-124. | Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada<br>Huinquentipa.....  | 3.4-231 |
| Figura 3.4-125. | Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Ornajuno.....            | 3.4-235 |
| Figura 3.4-126. | Arsénico mg/Kg, sector Ornajuno.....                                    | 3.4-237 |
| Figura 3.4-127. | Cadmio mg/Kg, sector Ornajuno .....                                     | 3.4-237 |
| Figura 3.4-128. | Mercurio mg/Kg, sector Ornajuno.....                                    | 3.4-238 |
| Figura 3.4-129. | Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Ornajuno.....          | 3.4-241 |
| Figura 3.4-130. | Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Ornajuno.....           | 3.4-244 |
| Figura 3.4-131. | Estaciones muestreo Área Mina, sector Otras Quebradas.....              | 3.4-248 |
| Figura 3.4-132. | Valores de pH Área Mina, sector Otras Quebradas.....                    | 3.4-250 |
| Figura 3.4-133. | Conductividad eléctrica, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....        | 3.4-251 |
| Figura 3.4-134. | Sólidos disueltos totales, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....      | 3.4-251 |
| Figura 3.4-135. | Oxígeno, Área Mina, sector Otras Quebradas.....                         | 3.4-252 |
| Figura 3.4-136. | Alcalinidad, Área Mina, sector Otras Quebradas.....                     | 3.4-252 |
| Figura 3.4-137. | Cloruro, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                        | 3.4-254 |

|                 |   |         |
|-----------------|---|---------|
| Figura 3.4-138. | Sulfato, Área Mina, sector Otras Quebradas.....                           | 3.4-254 |
| Figura 3.4-139. | Cobre, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                            | 3.4-256 |
| Figura 3.4-140. | Hierro, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                           | 3.4-256 |
| Figura 3.4-141. | Boro, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                             | 3.4-256 |
| Figura 3.4-142. | Manganeso, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                        | 3.4-257 |
| Figura 3.4-143. | Molibdeno, Área Mina, sector Otras Quebradas.....                         | 3.4-257 |
| Figura 3.4-144. | Arsénico mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                   | 3.4-261 |
| Figura 3.4-145. | Cadmio mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas.....                      | 3.4-261 |
| Figura 3.4-146. | Cobre mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                      | 3.4-262 |
| Figura 3.4-147. | Mercurio mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                   | 3.4-263 |
| Figura 3.4-148. | Zinc mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas. ....                       | 3.4-264 |
| Figura 3.4-149. | Variables comunitarias de fitobentos en Otras Quebradas.....              | 3.4-267 |
| Figura 3.4-150. | Variables comunitarias de fitoplancton en Otras Quebradas. ....           | 3.4-270 |
| Figura 3.4-151. | Variables comunitarias de zoobentos en Otras Quebradas.....               | 3.4-273 |
| Figura 3.4-152. | Variables comunitarias de zooplancton en Otras Quebradas. ....            | 3.4-275 |
| Figura 3.4-153. | Estaciones muestreo Área Obras lineales, sector Obras lineales..          | 3.4-280 |
| Figura 3.4-154. | Arsénico mg/Kg, sector Obras Lineales. ....                               | 3.4-284 |
| Figura 3.4-155. | Mercurio mg/Kg, sector Obras Lineales. ....                               | 3.4-286 |
| Figura 3.4-156. | Variables comunitarias de Fitobentos en Sector Obras lineales....         | 3.4-288 |
| Figura 3.4-157. | Variables comunitarias de Fitoplancton en Sector Obras lineales.<br>..... | 3.4-291 |
| Figura 3.4-158. | Variables comunitarias de zoobentos en Sector Obras lineales. ....        | 3.4-293 |
| Figura 3.4-159. | Estaciones muestreo Área Obras Lineales, sector Variante A97B<br>.....    | 3.4-299 |
| Figura 3.4-160. | Arsénico mg/Kg, sector Variante A97-B. ....                               | 3.4-303 |
| Figura 3.4-161. | Mercurio mg/Kg, sector Variante A97-B. ....                               | 3.4-305 |
| Figura 3.4-162. | Variables comunitarias de fitobentos Sector Variante A-97B.....           | 3.4-308 |
| Figura 3.4-163. | Variables comunitarias de fitoplancton en Sector Variante A-97B.<br>..... | 3.4-310 |
| Figura 3.4-164. | Variables comunitarias de zoobentos en Sector Variante A-97B...3.4-313    |         |
| Figura 3.4-165. | Variables comunitarias de zooplancton en Sector Variante A-<br>97B. ....  | 3.4-316 |
| Figura 3.4-166. | Estaciones muestreo Área Pampa, sector Quebrada de Maní.....              | 3.4-318 |
| Figura 3.4-167. | Arsénico mg/Kg, Área Pampa. ....  | 3.4-320 |
| Figura 3.4-168. | Mercurio mg/Kg, Área Pampa. ....  | 3.4-321 |

**FOTOGRAFÍAS**

|                    |   |         |
|--------------------|---|---------|
| Fotografía 3.4-1.  | Vista general estación de muestreo Mote 1. .... | 3.4-32  |
| Fotografía 3.4-2.  | Vista general estación de muestreo Mote 2. .... | 3.4-33  |
| Fotografía 3.4-3.  | Vista general estación de muestreo Mote 3. .... | 3.4-33  |
| Fotografía 3.4-4.  | Vista general estación de muestreo QB1. ....    | 3.4-68  |
| Fotografía 3.4-5.  | Vista general estación de muestreo QB3. ....    | 3.4-69  |
| Fotografía 3.4-6.  | Vista general estación de muestreo QB4. ....    | 3.4-69  |
| Fotografía 3.4-7.  | Vista general estación de muestreo QB5. ....    | 3.4-70  |
| Fotografía 3.4-8.  | Vista general estación de muestreo QB6. ....    | 3.4-70  |
| Fotografía 3.4-9.  | Vista general estación de muestreo QC-1. ....   | 3.4-71  |
| Fotografía 3.4-10. | Vista general estación de muestreo QL1. ....    | 3.4-109 |
| Fotografía 3.4-11. | Vista general estación de muestreo QL2. ....    | 3.4-109 |
| Fotografía 3.4-12. | Vista general estación de muestreo QL4. ....    | 3.4-110 |
| Fotografía 3.4-13. | Vista general estación de muestreo QL5. ....    | 3.4-110 |
| Fotografía 3.4-14. | Vista general estación de muestreo JOV-1. ....  | 3.4-143 |
| Fotografía 3.4-15. | Vista general estación de muestreo S21-2. ....  | 3.4-143 |
| Fotografía 3.4-16. | Vista general estación de muestreo S21-3. ....  | 3.4-144 |
| Fotografía 3.4-17. | Vista general estación de muestreo RAM 2. ....  | 3.4-150 |
| Fotografía 3.4-18. | Vista general estación de muestreo RAM 1. ....  | 3.4-150 |
| Fotografía 3.4-19. | Vista general estación de muestreo CHO 1. ....  | 3.4-151 |
| Fotografía 3.4-20. | Vista general estación de muestreo CHO 2. ....  | 3.4-152 |
| Fotografía 3.4-21. | Vista general estación de muestreo QM 3. ....   | 3.4-152 |
| Fotografía 3.4-22. | Vista general estación de muestreo HUIN 1. .... | 3.4-185 |
| Fotografía 3.4-23. | Vista general estación de muestreo HUIN 2. .... | 3.4-186 |
| Fotografía 3.4-24. | Vista general estación de muestreo HUIN 3. .... | 3.4-186 |
| Fotografía 3.4-25. | Vista general estación de muestreo HUIN 4. .... | 3.4-187 |
| Fotografía 3.4-26. | Vista general estación de muestreo HUIN 5. .... | 3.4-187 |
| Fotografía 3.4-27. | Vista general estación de muestreo HUIN 6. .... | 3.4-188 |
| Fotografía 3.4-28. | Vista general estación de muestreo HUIN 7. .... | 3.4-188 |
| Fotografía 3.4-29. | Vista general estación de muestreo HUIN 8. .... | 3.4-189 |
| Fotografía 3.4-30. | Vista general estación de muestreo ANC. ....    | 3.4-189 |
| Fotografía 3.4-31. | Vista general estación de muestreo ORN 1. ....  | 3.4-234 |
| Fotografía 3.4-32. | Vista general estación de muestreo ORN 2. ....  | 3.4-234 |
| Fotografía 3.4-33. | Vista general estación de muestreo ORN 3. ....  | 3.4-235 |



|                    |  |         |
|--------------------|--|---------|
| Fotografía 3.4-34. | Vista general estación de muestreo CG1.....    | 3.4-246 |
| Fotografía 3.4-35. | Vista general estación de muestreo EC1. ....   | 3.4-247 |
| Fotografía 3.4-36  | Vista general estación de muestreo PGN-1. .... | 3.4-247 |
| Fotografía 3.4-37. | Vista general estación de muestreo QCH 1. .... | 3.4-278 |
| Fotografía 3.4-38. | Vista general estación de muestreo QA1. ....   | 3.4-278 |
| Fotografía 3.4-39. | Vista general estación de muestreo QSN1.....   | 3.4-279 |
| Fotografía 3.4-40  | Vista general estación de muestreo QSN2.....   | 3.4-279 |
| Fotografía 3.4-41. | Vista general estación de muestreo QG1.....    | 3.4-280 |
| Fotografía 3.4-42. | Vista general estación de muestreo BP1.....    | 3.4-296 |
| Fotografía 3.4-43. | Vista general estación de muestreo BP2.....    | 3.4-296 |
| Fotografía 3.4-44. | Vista general estación de muestreo BP3.....    | 3.4-297 |
| Fotografía 3.4-45. | Vista general estación de muestreo BP4.....    | 3.4-297 |
| Fotografía 3.4-46. | Vista general estación de muestreo BP 5.....   | 3.4-298 |
| Fotografía 3.4-47. | Vista general estación de muestreo BP-6. ....  | 3.4-298 |
| Fotografía 3.4-48. | Vista general estación de muestreo QM 1.....   | 3.4-318 |

## PLANOS

---

|             |  |
|-------------|--|
| Plano 3.4-0 | Ubicación Puntos de Monitoreo - Plano General.                       |
| Plano 3.4-1 | Ubicación Puntos de Monitoreo – Quebrada Ornajuno - Quebrada Blanca. |
| Plano 3.4-2 | Ubicación Puntos de Monitoreo - Quebrada Choja - Cerro Amaculla.     |
| Plano 3.4-3 | Ubicación Puntos de Monitoreo - Variante Ruta A – 97B.               |
| Plano 3.4-4 | Ubicación Puntos de Monitoreo - Copaquiri - Guatacondo.              |
| Plano 3.4-5 | Ubicación Puntos de Monitoreo – Sector Maní – Guatacondo             |

## ANEXOS

---

|             |  |
|-------------|--|
| Anexo 3.4-1 | Permiso de Pesca de Investigación.             |
| Anexo 3.4-2 | Análisis de Laboratorio                        |
| Anexo 3.4-3 | Base de Datos Biota Acuática (Archivo digital) |



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA 2

### CAPÍTULO 3.4

#### LÍNEA DE BASE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

##### TQB14016-REP-MA-0255

### 3 LÍNEA DE BASE

#### 3.4 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

##### 3.4.1 Introducción

En esta sección, se presenta la caracterización de la Línea de Base del componente Ecosistemas Acuáticos Continentales, en el Sector de influencia del Proyecto, que comprende: Área Mina, Área Pampa y Área Obras Lineales; en el marco del **Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Quebrada Blanca 2** (en adelante el Proyecto).

Para ello, se considera la descripción de las variables limnológicas dentro del contexto del Ecosistema Acuático Continental. Las variables incluidas corresponden a calidad del agua, sedimentos y biota, según lo señalado en el Decreto Supremo N° 40 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente, modificado por el D.S N° 8/2014 y D.S. N°63/2014, el cual establece el Nuevo Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (NRSEIA).

La descripción del componente abarca un universo de 48 estaciones de muestreo distribuidas desde la variante A 97-B, ubicado hacia el este del Proyecto, y la quebrada de Guatacondo, hacia el oeste del mismo. El conjunto de estas estaciones son representativas de los sistemas límnicos presentes y que corresponde estudiar como parte de la evaluación ambiental del proyecto minero.

##### 3.4.2 Objetivos

El objetivo general fue describir los ecosistemas acuáticos continentales presentes en el Sector de influencia del proyecto, los que están conformados por los componentes bióticos (planctónicos, bentónicos, macrófitas) y abióticos acuáticos (calidad de agua y sedimentos) y las relaciones existentes entre estos.

Para cumplir con este objetivo se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar cada una de las estaciones de muestreo según algunas variables propias del cauce y del caudal de agua superficial.
- Determinar riqueza de los componentes planctónicos, bentónicos y macrófitas en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales. Determinar abundancia de los componentes planctónicos, bentónicos y macrófitas en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales.
- Determinar diversidad de los componentes planctónicos y bentónicos en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales.
- Determinar la riqueza y abundancia de anfibios en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales.
- Describir variables físicas y químicas de los cuerpos de agua presentes en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales.
- Describir composición química de Sedimentos presentes en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales.
- Determinar el estado de trofía de cada uno de los sistemas analizados basado en la concentración de clorofila "a".
- Determinar y describir potenciales relaciones existentes entre el medio biótico acuático y el medio físico en el Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales.

### **3.4.3 Determinación y Justificación del Área de Influencia**

El Área de Influencia (AI) de los *Ecosistemas Acuáticos Continentales* se ha establecido considerando los potenciales impactos ambientales sobre este componente, particularmente en relación a la posible alteración de hábitat acuático involucrado en el espacio geográfico, donde se emplazan las partes, obras y/o acciones del Proyecto. Asimismo se ha considerado la presencia de sistemas acuáticos de valor ambiental, tales como humedales o bofedales, lagunas y esteros presentes en el AI del Proyecto, así como los usos potenciales que pudiesen existir sobre estos sistemas acuáticos (riego, recreacionales y paisajísticos).

En base a lo anterior y considerando las obras del Proyecto y el tipo de sistema acuático existente, se definieron tres áreas principales denominadas como Área Mina, Área Pampa y Área Obras lineales; el Área Mina abarca sectores como Quebrada, Blanca, Llaretta, Huinquintipa, Jovita, entre otros. Para el Área Obras Lineales, se tomaron en cuenta obras como: Sistema de Transporte de Relaves, Sistema de Transporte de Concentrado y Sistema de Transporte de Agua Desalinizada. Estos dos últimos sistemas incluidos desde su inicio en cordillera hasta la cota aproximada de 2.000 m.s.n.m. desde la cual no se identifican sistemas acuáticos hasta las obras proyectadas a nivel del mar.

Respecto a los cuerpos de agua que se consideraron dentro del Área de Influencia de los Ecosistemas Acuáticos Continentales, se indican a continuación:

**Tabla 3.4-1. Sistemas límnicos asociados al Área de Influencia de Ecosistemas Acuáticos Continentales.**

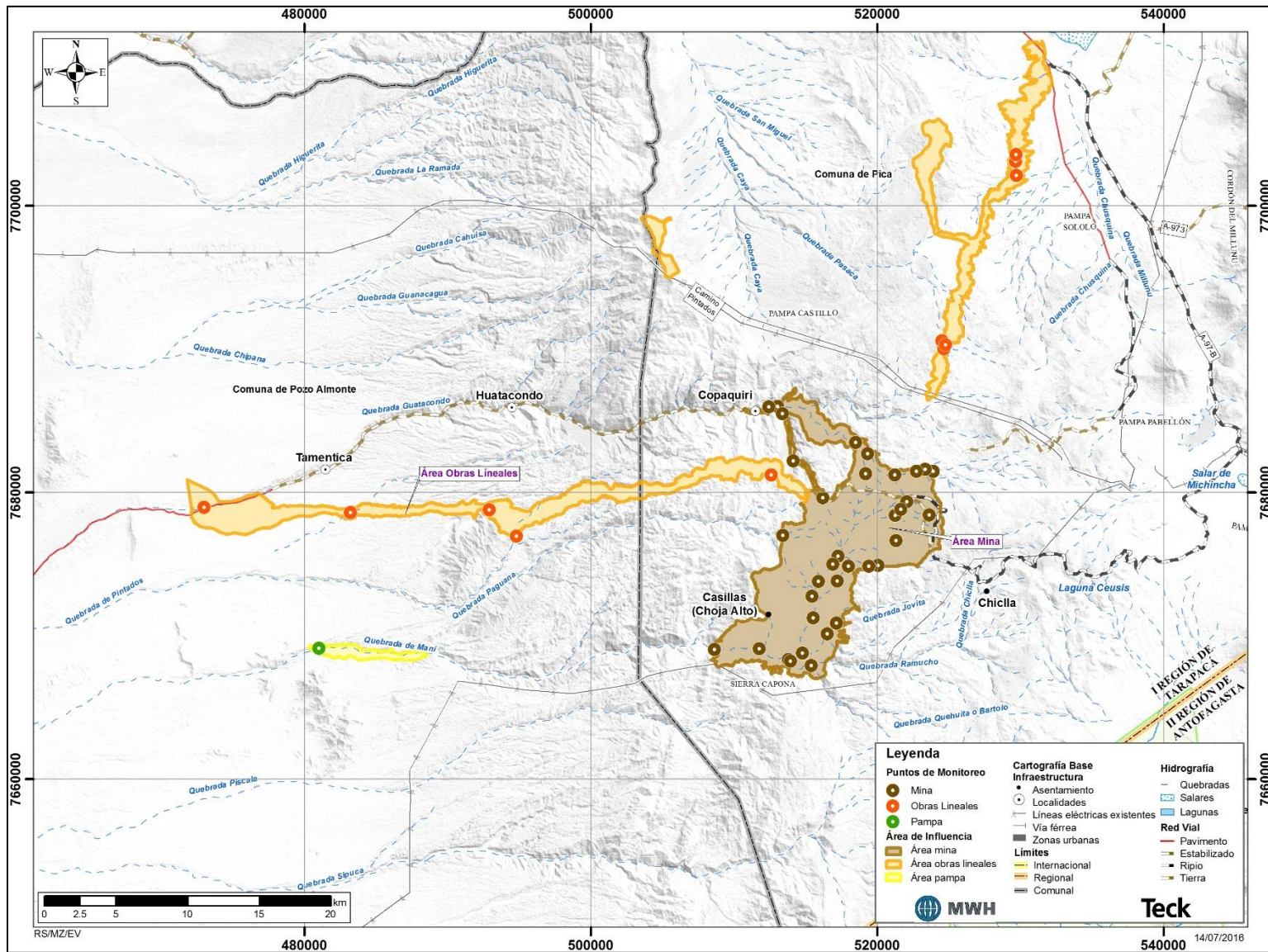
| Área                | Sector   | Sistema límnico asociado (Quebradas)   |
|---------------------|--|--|
| Área Mina           | Quebrada Huinquintipa                                    | Quebrada Huinquintipa y Quebrada el Ancho  |
|                     | Quebrada Blanca  | Quebrada Blanca y Cascasca   |
|                     | Quebrada LLareta   | Quebrada Llareta.  |
|                     | Quebrada Agua Del Mote                                   | Quebrada Agua del Mote y Agua del Mote Norte   |
|                     | Quebrada Ornajuno  | Quebrada Ornajuno  |
|                     | Ramucho-Choja-Maní                                       | Quebradas Ramucho, Choja y Cabecera de Maní  |
|                     | Quebrada Jovita  | Quebrada Jovita  |
|                     | Otras quebradas  | Quebrada del Carmen, Ciénaga Grande, Paguana   |
| Área Pampa          | Quebrada Maní  | Quebrada maní  |
| Área Obras Lineales | Variante A-97B   | Está conformado por 3 quebradas y una vega (sin nombre conocido), ubicados hacia el noreste del Proyecto |
|                     | Obras Lineales desde cordillera hasta la cota 2.000 msnm | Quebrada Amincha, Quebrada Guatacondo, Quebrada Chipanita y dos quebradas Sin Nombre                     |

Fuente: Elaboración propia.

La representación espacial del Área de Influencia del componente *Ecosistemas Acuáticos Continentales* se muestra en la Figura 3.4-1.

El detalle y justificación del Área de Influencia se presenta en el acápite 2.3.3 del **Capítulo 2 Determinación y Justificación del Área de Influencia** del presente EIA “**Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2**”.

Figura 3.4-1. Área de influencia Ecosistemas Acuáticos Continentales.



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4 Metodología

#### 3.4.4.1 Sistematización de antecedentes previos disponibles

El presente informe incluye como fuente principal de información los monitoreos limnológicos realizados anteriormente en el área de estudio. Estos estudios comprenden los estudios de línea base del proyecto Quebrada Blanca realizado por RESCAN en el año 1991, los estudios realizados por la Universidad Arturo Prat, estudios asociados al proyecto Quebrada Blanca entre los años 2011 y 2012 y el más reciente, que corresponde al Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, realizado entre otoño de 2013 y verano de 2014, cuyas estaciones coinciden en muchos casos con las del presente estudio. Los informes técnicos, generados a partir de los monitoreos antes mencionados, se consideran como fuente de información complementaria a la información generada a partir del levantamiento de información en terreno (fuente primaria) durante el período 2014- 2016.

#### 3.4.4.2 Campañas y estaciones de muestreo

Las campañas de levantamiento de información en terreno se realizaron a partir de septiembre de 2014 de manera trimestral, incorporándose la variabilidad estacional de un ciclo anual. En total, a la fecha para la elaboración de la Línea de Base se contempla la información obtenida mediante ocho campañas de terreno realizadas según lo indicado en la Tabla 3.4-2.

**Tabla 3.4-2. Campañas de muestreo realizadas**

| Campaña | Período   | Fecha                   |
|---------|-----------|-------------------------|
| I       | Invierno  | 06-09-2014 a 15-09-2014 |
| II      | Primavera | 29-11-2014 a 9-12-2014  |
| III     | Verano    | 28-2-2015 al 9-3-2015   |
| IV      | Otoño     | 2-5-2015 a 11-5-2015    |
| V       | Invierno  | 7-9-2015 a 17-9-2015    |
| VI      | Primavera | 5-12-2015 a 17-5-2015   |
| VII     | Verano    | 20-2-2016 a 29-2-2016   |
| VIII    | Otoño     | 7-4-2016 a 17-4-2016    |

Fuente: Elaboración Propia.

Las campañas de terreno tuvieron por objetivo la obtención de muestras a partir de 48 puntos (estaciones de muestreo) establecidos previamente durante la etapa de preparación, y cuya ubicación se determinó considerando la localización de las futuras obras del proyecto y la posibilidad de evaluar el estado de los distintos cuerpos de agua en el Área de influencia (Ver Planos 3.4-0 a 3.4-5). Las coordenadas y distribución geográfica de las estaciones de muestreo se detallan en la Tabla 3.4-3.

Cada punto fue evaluado en terreno incluyéndose una caracterización del hábitat, además se obtuvo muestras para el análisis físico y químico de la calidad de agua y sedimentos, junto con el estudio biológico de fitoplancton, zooplancton, fitobentos, zoobentos, anfibios y macrófitas. Asimismo, se obtuvieron muestras para análisis de clorofila “a”.

No se consideró la evaluación de la ictiofauna ya que no existen registros de su presencia para la zona de estudio en la que se encuentra el proyecto, los registros más cercanos de ictiofauna corresponden a Salar de Huasco por el Norte y los salares de Ascotán y Carcote por el Sur. Por otra parte, la mayoría de los cuerpos de agua evaluados en el área de estudio tienen un carácter de intermitente, característica que impide que lo habiten los peces nativos o introducidos descritos para la región (*Orestias*, *Trichomycterus* y truchas). El estudio más cercano tanto temporalmente como geográficamente corresponde a los estudios realizados para el Proyecto Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, el que fue realizado entre otoño de 2013 y verano de 2014, esta investigación se desarrolló prácticamente en los mismos puntos de muestreo a evaluar ahora y durante su desarrollo no se encontró evidencias directas de la presencia de este grupo mediante el avistamiento de animales vivos o muertos y tampoco se encontraron evidencias indirectas como la presencia de aves especialistas en el consumo de peces.

Se evaluó de manera simultánea tanto las variables biológicas como las ambientales (agua y sedimentos) de manera de poder apreciar la relación entre ellas y evitar la incorporación de datos asincrónicos derivados de otros muestreos, lo cual puede generar errores en la interpretación de los estadísticos, sobretodo en el caso de estar ante la presencia de algún evento particular que no haya sido detectado durante el desarrollo de la línea de base.

El acceso a cada punto se realizó mayormente en vehículo, sólo realizando pequeños desplazamientos a pie hacia los sitios específicos que reúnan las mejores condiciones para la obtención de muestras.

Dados los reducidos tiempos máximos requeridos para ingresar las muestras al laboratorio de análisis de calidad del agua y sedimentos (*holding time* establecidos para algunos análisis), los muestreos fueron realizados entre las 09:30 am y no más allá de las 17:00 hr.

**Tabla 3.4-3. Ubicación puntos de muestreo estudio de componentes Ecosistemas Acuáticos Continentales.**

| Área             | Sector                    | Sistema Límnico  | Estación    | Coordenada UTM WGS 84 |         |
|------------------|---------------------------|------------------|-------------|-----------------------|---------|
|                  |                           |                  |             | E                     | N       |
| Área Mina-Planta | Agua del Mote             | Q. Agua del Mote | MOTE1       | 523666                | 7678442 |
|                  |                           |                  | MOTE2       | 522132                | 7679344 |
|                  |                           |                  | MOTE3       | 521679                | 7678828 |
|                  | Quebrada Blanca           | Q. Blanca        | QB1         | 517300                | 7675574 |
|                  |                           |                  | QB3         | 516936                | 7675004 |
|                  |                           |                  | QB4         | 515928                | 7673813 |
|                  |                           |                  | QB5         | 515558                | 7671273 |
|                  |                           |                  | QB6         | 513881                | 7668356 |
|                  |                           |                  | QC          | 515598                | 7672749 |
|                  |                           |                  | Q. Cascasca | QC                    | 515598  |
|                  | Quebrada LLareta          | Q. Llareta       | QL1         | 520348                | 7674937 |
|                  |                           |                  | QL2         | 519442                | 7674861 |
|                  |                           |                  | QL4         | 518164                | 7674905 |
|                  |                           |                  | QL5         | 517175                | 7673749 |
|                  | Quebrada Jovita           | Q. Jovita        | JOV1        | 514834                | 7668769 |
|                  |                           |                  | S21-2       | 517177                | 7670894 |
|                  |                           |                  | S21-3       | 516537                | 7670151 |
|                  | Q. Ramucho-<br>Choja-Maní | Q. Ramucho       | RAM1        | 514015                | 7668230 |
|                  |                           |                  | RAM2        | 515348                | 7667971 |
|                  |                           | Q. Choja         | CHO1        | 513835                | 7668361 |
|                  |                           |                  | CHO2        | 512904                | 7668418 |
|                  |                           | Q. Maní          | QM3         | 508683                | 7669051 |
|                  | Q. Huinquintipa           | Q. Huinquintipa  | HUI1        | 523610                | 7681592 |
|                  |                           |                  | HUI2        | 523471                | 7681666 |
|                  |                           |                  | HUI3        | 523240                | 7681555 |
|                  |                           |                  | HUI4        | 515109                | 7685660 |
|                  |                           |                  | HUI5        | 512409                | 7685914 |
|                  |                           |                  | HUI6        | 521253                | 7681204 |
|                  |                           |                  | HUI7        | 519349                | 7682717 |
|                  |                           |                  | HUI8        | 518575                | 7683472 |
| Q. El Ancho      |                           | ANC1             | 519218      | 7681303               |         |
| Q. Ornajuno      | Q. Ornajuno               | ORN1             | 516734      | 7679378               |         |
|                  |                           | ORN2             | 515428      | 7681200               |         |
|                  |                           | ORN3             | 513008      | 7685937               |         |
| Otras Quebradas  | Q. Ciénaga Grande         | CG1              | 521340      | 7676662               |         |
|                  | Q. El Carmen              | EC1              | 521178      | 7678479               |         |
|                  | Q. Paguana                | PGN-1            | 513456      | 7677012               |         |



| Área                | Sector         | Sistema Límnico | Estación | Coordenada UTM WGS 84 |         |         |
|---------------------|----------------|-----------------|----------|-----------------------|---------|---------|
|                     |                |                 |          | E                     | N       |         |
| Área Obras Lineales | Obras Lineales | Q. Amincha      | QA1      | 494853                | 7676973 |         |
|                     |                | Q. Chipanita    | QCH1     | 512627                | 7681266 |         |
|                     |                | Q. Guatacondo   | QG1      | 473038                | 7678952 |         |
|                     |                | Q. Sin Nombre   | QSN1     | 483278                | 7678594 |         |
|                     |                | Q. Sin Nombre   | QSN2     | 492930                | 7678796 |         |
|                     | Variante A-97B | Q. Sin Nombre   | BP1      |                       | 524549  | 7690548 |
|                     |                |                 | BP2      |                       | 524653  | 7690226 |
|                     |                |                 | BP3      |                       | 524822  | 7690314 |
|                     |                |                 | BP4      |                       | 529763  | 7702125 |
|                     |                |                 | BP5      |                       | 529705  | 7703102 |
|                     |                |                 | BP6      |                       | 529726  | 7703561 |
| Área Pampa          | Q. Maní        | Q. Maní         | QM1      | 481067                | 7669106 |         |

Fuente: Elaboración Propia Metodología de caracterización de hábitat

Para cada una de las estaciones de muestreo se realizó una descripción *in situ* de algunas variables del cauce y del caudal de agua superficial.

Dentro de las variables del caudal de agua superficial se evaluó tanto el ancho como la profundidad del mismo, registrándose valores estimativos en caso de encontrarse el cauce seco. En caso de ser muy heterogéneos dentro de la estación se escogió un sitio representativo de la misma para evaluar estas variables.

El sustrato presente en la estación de muestreo se caracterizó considerando los criterios establecidos por Bain *et al.*, 1985, según muestra la Tabla 3.4-4.

**Tabla 3.4-4. Criterios de caracterización de sedimentos**

| Tipo de Sustrato     | Clase de Tamaño (mm) |
|----------------------|----------------------|
| Roca madre plana     | -                    |
| Arena, Cieno         | < 2                  |
| Grava                | 2-16                 |
| Gujarros             | 17-64                |
| Piedras              | 65-256               |
| Bolones              | > 256                |
| Roca madre irregular | -                    |

Fuente: Bain *et al.*, 1985

Además se señaló algunas características como la presencia de vegetación ribereña, vegetación terrestre, altura de ribera etc.

### 3.4.4.3 Metodología de muestreo y análisis biota acuática

El muestreo de flora y fauna acuática se realizó utilizando los métodos adecuados para cada una de las comunidades biológicas a evaluar, considerando las características propias de los sistemas

límnicos de cada una de las estaciones de muestreo. De manera complementaria se determinó la abundancia total, riqueza y diversidad de cada estación para cada una de las comunidades.

El índice de diversidad utilizado corresponde a la diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ), donde  $\lambda$  es el valor del índice de dominancia de Simpson, este valor señala la dominancia de alguna especie dentro de una comunidad. Si el valor de  $\lambda$  es 1, el valor máximo, muestra una total dominancia y 0 el mínimo posible (Whittaker, 1972). Por otra parte, la diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ) tiene valores entre 0 y 1 donde valores más cercanos a uno evidencian una comunidad más diversa (Pielou, 1969).

El índice de diversidad de Simpson se calculó usando el software PRIMER 6 (Clarke *et al.*, 2006), utilizando la fórmula que sigue:

$$Div. Simpson = 1 - \lambda$$

$$\lambda = 1 - \sum p_i^2$$

Donde:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

(Krebs, 1999)

Donde  $\lambda$  es el índice de dominancia de Simpson y  $p_i$  es la proporción de la especie  $i$  en la muestra.

Este índice es una buena herramienta comparativa entre comunidades, ya que sus valores están definidos dentro del rango comprendido entre 0 y 1 independiente del tipo de comunidad. Permite la comparación de la diversidad entre comunidades principalmente en variaciones a lo largo del tiempo, situaciones antes-después.

A continuación se describen las metodologías particulares usadas para cada una de las comunidades.

- **Macrófitas:** El muestreo de macrófitas se realizó determinando la cobertura de las especies presentes en los cuerpos de agua en el sector de la estación hasta un máximo de 50 m<sup>2</sup>. En caso de encontrarse una cobertura inferior a un 10% en el área evaluada se registró como presencia de la especie. La identificación y nomenclatura de las especies se realizó de acuerdo al estudio de Marticorena y Quezada (1985).
- **Fitobentos:** En cada sitio de estudio se obtuvieron dos muestras de la comunidad de microalgas adheridas al sustrato, cepillando un área de 25 cm<sup>2</sup> (5 x 5 cm) de superficies duras móviles (Stevenson y Loren, 1999). Las muestras en duplicado permiten reducir el sesgo o error muestral, ampliando la representatividad de la muestra. En caso de no encontrarse superficies duras, se extrajo dos muestras desde el sustrato utilizando un dispositivo tipo core de área 5,3 cm<sup>2</sup>. Se obtuvieron dos muestras por estación, las que fueron fijadas con una

solución de Lugol, para su posterior análisis en laboratorio y recuento en microscopía. Los resultados se expresaron en cel/cm<sup>2</sup>. Para la identificación hasta el nivel de género o hasta el nivel taxonómico más bajo posible se siguió los trabajos de Bourrelly (1968), Parra *et al.* (1982-1983), Parra y Bicudo (1996), Rivera (1983), Simonsen (1987), Round *et al.* (1996), Rumrich *et al.* (2000) y Lange-Bertalot (2001).

- **Fitoplancton:** El muestreo de fitoplancton se realizó siguiendo las recomendaciones de Hötzel y Croome (1999), para la evaluación de la densidad de microalgas. Consecuentemente, en cada sitio se obtuvo una muestra en duplicado de 0,25 litros de agua subsuperficial. Las muestras en duplicado permiten reducir el sesgo o error muestral, ampliando la representatividad de la muestra. Las muestras fueron fijadas, sin filtración previa, con una solución de Lugol y conservadas en un frasco opaco, para su posterior identificación y cuantificación bajo microscopio. Los resultados se expresaron en cél./ml. Para la identificación hasta el nivel de género o hasta el nivel taxonómico más bajo posible, se utilizó la literatura de Bourrelly (1968), Parra *et al.* (1982-1983), Parra y Bicudo (1996), Rivera (1983), Simonsen (1987), Round *et al.* (1996), Rumrich *et al.* (2000) y Lange-Bertalot (2001).
- **Zoobentos:** La fauna de organismos asociados al sustrato fue colectada con una red Surber de 0,09m<sup>2</sup>, con apertura de malla de 250 µm, en aquellos sistemas con corriente superficial. En los sitios donde no existía corriente y el agua se encontraba apozada se utilizó un dispositivo tipo core de área 44,156 cm<sup>2</sup> para extraer la capa superficial de sustrato junto a los invertebrados. Se obtuvo dos muestras por estación de muestreo, para reducir el error muestral, las que fueron fijadas con etanol al 70%. Para la identificación hasta el nivel de familia o el nivel taxonómico más bajo posible, se utilizó los trabajos de Bertrand (1995), Lopretto & Tell (1995), Lugo-Ortiz & McCafferty (1995, 1999) y Merrit & Cummins (1996), se cuantificó bajo microscopio estereoscópico y los resultados se expresaron en ind./m<sup>2</sup>.
- **Zooplancton:** Los organismos que habitan permanentemente o temporalmente la columna de agua fueron colectados filtrando un volumen de 20 litros, a través de una red de 55 micrones de apertura de malla. Esta metodología es adecuada para la evaluación de organismos del microzooplancton (Goswami, 2004). En algunas estaciones el volumen filtrado fue inferior (10 litros) debido a la escasez de agua en la estación. Posteriormente, las dos muestras obtenidas fueron fijadas con etanol al 70%. Para el recuento de organismos se utilizó una cámara de recuento zigzagueante de 10 ml. analizando la totalidad de la muestra, los resultados se expresaron en ind/l. Para la identificación hasta el nivel de género o hasta el nivel taxonómico más bajo posible, se utilizó la literatura taxonómica de Araya & Zúñiga (1985).
- **Peces:** No se consideró la evaluación de la ictiofauna ya que no existen registros de su presencia para la zona de estudio en la que se encuentra el proyecto, los registros más cercanos de ictiofauna corresponden a Salar de Huasco por el Norte y los salares de Ascotán y Carcote por el Sur. Por otra parte, la mayoría de los cuerpos de agua evaluados en el área de estudio tienen un carácter de intermitente, característica que impide que lo habiten los

peces nativos o introducidos descritos para la región (*Orestias*, *Trichomycterus* y truchas). El estudio más cercano tanto temporalmente como geográficamente corresponde a los estudios realizados para el Proyecto Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, el que fue realizado entre otoño de 2013 y verano de 2014. Esta investigación se desarrolló prácticamente en los mismos puntos de muestreo a evaluar ahora y durante su desarrollo no se encontró evidencias directas de la presencia de este grupo mediante el avistamiento de animales vivos o muertos y tampoco se encontraron evidencias indirectas como la presencia de aves especialistas en el consumo de peces.

- **Anfibios:** En cada punto de muestreo, se consideró la evaluación de ambientes favorables para la presencia de anfibios en fase larval dada la existencia de antecedentes que señalan la presencia de este grupo dentro de las especies registradas en los muestreos de fauna terrestre. A partir de lo anterior, la búsqueda de anfibios en fase larval se realizó mediante el método de búsqueda activa (*Time Constrained Search*). La búsqueda activa de anfibios consiste en el examen visual y manual de orificios y hoyos en el sustrato y eventuales refugios de los anfibios (Espinoza, 2008), enfocado principalmente a los sistemas acuáticos a evaluar. La búsqueda activa consideró el muestreo a lo largo de transectos de 100 m de largo y 3 m de ancho a cada lado de su eje, en el que se realiza una búsqueda minuciosa bajo los sustratos presentes (rocas, piedras, bajo macrófitas). El muestreo consideró tanto la observación de pozones con individuos en estado larval. Los individuos observados identificados al nivel taxonómico más bajo posible, fotografiados y registrados en la ficha de terreno, junto con las principales características relevantes (estado de ciclo de vida, anomalías morfológicas, etc.). Cuando el individuo fue identificado fue considerado para el conteo. Por su alta sensibilidad a patógenos y productos no se realizó manipulación de individuos.

Los datos de los componentes planctónicos, bentónicos y macrófitas obtenidos a lo largo de las diferentes campañas fueron comparados mediante un análisis ANOSIM, el que incluye un test pareado propio, análisis que permite detectar similitudes entre grupos de datos, comparando las variaciones dentro del grupo y las variaciones entre los grupos mediante permutaciones en la matriz de similaridad (Clarke, 1993). Lo anterior, permitió realizar comparaciones tanto entre estaciones o zonas, (análisis espacial), como entre campañas (análisis temporal). Para este análisis se usó el software PRIMER 6 (Clarke *et al.*, 2006).

El análisis ANOSIM entrega dos valores como resultado: un valor de R, el que muestra una relación entre la variación dentro de un mismo grupo y la variación entre los grupos a comparar, y un valor de significancia equivalente a un %. El valor de R oscila entre -1 y 1, siendo 0 la hipótesis nula, los valores más cercanos a 1 muestran una diferenciación entre los grupos (Clarke, 1993) y los valores negativos (que son poco habituales) indican una mayor similitud entre las muestras de diferentes grupos que entre las muestras un mismo grupo (Chapman y Underwood, 1999). El valor de significancia entregado corresponde a la significancia con que se rechaza la hipótesis nula, valores bajos ( $p < 0.05$ ) son los esperados para grupos diferentes.

#### 3.4.4.4 Metodología de muestreo y análisis calidad de agua y sedimentos

En cada una de las estaciones visitadas se evaluaron parámetros *in situ* correspondientes a temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto, además de coleccionar muestras de agua y sedimentos para su posterior análisis en laboratorio acreditado.

#### 3.4.4.5 Muestras de agua, análisis en laboratorio y registro de información *in situ*

Para la evaluación de las variables *in situ* (ver Tabla 3.4-5), se calibró diariamente los sensores a utilizar con las soluciones del fabricante y siguiendo las instrucciones del mismo. Además, los sensores fueron ubicados aguas arriba de donde se tomó las muestras biológicas de manera de evitar la alteración de los valores evaluados en el agua debido a la actividad propia del muestreo biológico o de sedimentos (agitación de agua, resuspensión de sedimentos, etc.). Por la misma razón, las muestras de agua a analizar en laboratorio también fueron tomadas aguas arriba o antes de la toma de muestras biológicas o de sedimento.

**Tabla 3.4-5. Parámetros medidos *in Situ*.**

| Análisis                         | Referencias del Método                   |
|----------------------------------|--|
| Temperatura (°C)                 | Medidor pH/ORP/t° HANNA 9126             |
| pH                               | Medidor pH/ORP/t° HANNA 9126             |
| Conductividad eléctrica (µS/cm)  | Medidor Conductividad/TDS/C HANNA 9835   |
| Sólidos Disueltos Totales (mg/l) | Medidor Conductividad/TDS/C HANNA 9835   |
| Oxígeno disuelto (mg/l)          | Medidor de Oxígeno Disuelto HANNA 914604 |

Fuente: Elaboración Propia.

Las muestras de agua fueron coleccionadas siguiendo las recomendaciones establecidas en la Norma NCh411/2 Of 96, específicamente calidad de agua-muestreo, Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo, NCh 411/6 Calidad de agua- muestreo, Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua. Las muestras fueron puestas en frascos apropiados para el transporte, los que fueron proporcionados por el laboratorio de análisis junto a los fijadores adecuados para cada muestra. Los frascos fueron transportados en cajas de material aislante de temperatura al laboratorio, rellenos con hielo en escarcha, dentro de las 24 horas siguientes a la toma de la primera muestra del día.

Los límites de detección y métodos de laboratorio usados para cada una de las variables a evaluar se detallan a continuación en la siguiente Tabla 3.4-6.

Tabla 3.4-6. Límites de detección y métodos de laboratorio.

| Parámetro                 | Unidades medición | Límite de detección | Metodología               |
|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|
| Temperatura               | °C                | 0,1                 | Medición <i>in situ</i>   |
| pH                        | Unidades de pH    | 0,01                | Medición <i>in situ</i>   |
| Conductividad eléctrica   | µS/cm             | 0,01                | Medición <i>in situ</i>   |
| Sólidos totales disueltos | mg/l              | 0,01                | Medición <i>in situ</i>   |
| Oxígeno disuelto          | mg/l              | 0,01                | Medición <i>in situ</i>   |
| Cloruro                   | mg/l              | <10                 | St. Methods 4500 Cl B     |
| Sulfatos                  | mg/l              | <10                 | St. Methods 4500 SO4 D    |
| Calcio                    | mg/l              | 0,1                 | St. Methods 3111 B        |
| Potasio                   | mg/l              | 0,1                 | St. Methods 3111 B        |
| Magnesio                  | mg/l              | 0,1                 | St. Methods 3120 B        |
| Sodio                     | mg/l              | 0,1                 | St. Methods 3111 B        |
| Cobre                     | mg/l              | <0,05               | St. Methods 3111 B        |
| Hierro                    | mg/l              | 0,05                | St. Methods 3120 B        |
| Aceites y Grasas          | mg/l              | <10                 | St. Methods 5520 B        |
| Hidrocarburos Totales     | mg/l              | <10                 | NCh 2313/7.Of1997         |
| Hidrocarburos volátiles   | mg/l              | <0,05               | NCh 2313/7.Of1997 Parte B |
| Hidrocarburos fijos       | mg/l              | <10                 | NCh 2313/7.Of1997 Parte A |
| Detergentes SAAM          | mg/l              | <0,5                | St. Methods 5540 C        |
| Arsénico                  | mg/l              | 0,002               | St. Methods 3114 C        |
| Cromo                     | mg/l              | <0,05               | St. Methods 3111 B        |
| Mercurio                  | mg/l              | <0,001              | St. Methods 3112 B        |
| Plomo                     | mg/l              | <0,05               | St. Methods 3111 B        |
| Aluminio                  | mg/l              | <0,1                | St. Methods 3111 D        |
| Boro                      | mg/l              | <0,5                | St. Methods 4500 B        |
| Manganeso                 | mg/l              | <0,01               | St. Methods 3111 B        |
| Molibdeno                 | mg/l              | <0,01               | St. Methods 3111 D        |
| DQO                       | mg/l              | <10                 | St. Methods 5220 D        |
| DBO5                      | mg/l              | <2                  | St. Methods 5210 B        |
| Coliformes Totales        | NMP/100ml         | <1,8                | St. Methods 9221 B        |
| Coliformes Fecales        | NMP/100ml         | <1,8                | St. Methods 9221 E        |
| Alcalinidad Total         | mg/l              | <5                  | St. Methods 2320 B        |
| Cadmio                    | mg/l              | <0,01               | St. Methods 3111 B        |
| Nitrógeno Kjeldahl        | mg/l              | <5                  | St. Methods 4500 Norg B   |
| Fósforo total             | mg/l              | <0,5                | St. Methods 4500 P C      |
| Nitrato                   | mg/l              | <0,2                | St. Methods 4500 NO3 B    |
| Nitrito                   | mg/l              | <0,2                | St. Methods 4500 NO2 B    |

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la Norma Chilena 1.333, específicamente con la normativa para protección de la vida acuática y para riego, la que es utilizada sólo de manera referencial.

#### 3.4.4.6 Muestras de sedimento, análisis en laboratorio

Se colectó muestras de sedimento en cada una de las estaciones, con la excepción de aquellas que se mantuvieron secas, en estas estaciones se colectó la muestra durante verano e invierno para obtener una muestra representativa del cambio anual, considerando que el flujo de agua es intermitente a lo largo del año. El sedimento fue tomado desde las zonas sumergidas en el agua privilegiando las zonas de corriente lenta, usando un instrumento plástico, y en caso de no encontrarse agua superficial, la muestra de sustrato se tomó en la zona central de los cauces. Las muestras fueron guardadas en bolsas selladas y transportadas en recipientes aislantes térmicos. Fueron llevadas al laboratorio dentro de las 24 horas siguientes a la toma de la primera muestra de cada día.

Los límites de detección y los métodos usados para cada una de las variables a evaluar se detallan en la Tabla 3.4-7. Los resultados obtenidos fueron comparados con lo estipulado en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), la cual es utilizada sólo de manera referencial ante la ausencia de normativa local. Esta guía establece un valor denominado PEL (probable effect level), valor por sobre el cual los efectos adversos en la biota son frecuentes, con más de un 50% de probabilidad de ocurrencia. Además se establece un valor ISQG, por debajo del cual no se esperan efectos adversos sobre la biota acuática.

**Tabla 3.4-7. Parámetros medidos en el sedimento y límites de detección.**

| Parámetro | Unidad | Límite de Detección (mg/kg) |
|-----------|--------|-----------------------------|
| Aluminio  | mg/kg  | 5                           |
| Arsénico  | mg/kg  | 10                          |
| Bario     | mg/kg  | 10                          |
| Berilio   | mg/kg  | 5                           |
| Boro      | mg/kg  | 5                           |
| Cadmio    | mg/kg  | 2                           |
| Cobalto   | mg/kg  | 5                           |
| Cobre     | mg/kg  | 5                           |
| Cromo     | mg/kg  | 5                           |
| Hierro    | mg/kg  | 5                           |
| Manganeso | mg/kg  | 10                          |
| Molibdeno | mg/kg  | 5                           |
| Níquel    | mg/kg  | 5                           |
| Plata     | mg/kg  | 5                           |
| Plomo     | mg/kg  | 5                           |
| Vanadio   | mg/kg  | 20                          |
| Zinc      | mg/kg  | 5                           |

| Parámetro                    | Unidad    | Límite de Detección (mg/kg) |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Mercurio                     | mg/kg     | 1                           |
| Granulometría                | %         | N/A                         |
| Hidrocarburos volátiles      | mg/l      | 20                          |
| Hidrocarburos semi-volátiles | mg/l      | 1                           |
| Hidrocarburos fijos          | % en peso | 190                         |
| Carbono orgánico total       | mg/kg     | 100                         |

Fuente: Elaboración Propia.

El sedimento se dividió en fracciones según el tamaño de sus partículas, para lo cual se realizó previamente la granulometría de la muestra en el laboratorio de acuerdo a la escala de Wentworth (1922). La fracción de mayor interés para los estudios a desarrollar corresponde a aquella de grano fino (<0,063 mm) puesto que partículas de grano fino en suspensión y su fracción inferior (limos y arcillas <0,063 mm) acumulan mayores concentraciones de contaminantes, particularmente aquellos de baja solubilidad en el agua, que la fracción de mayor tamaño (MOE, 2002). Del total de elementos a analizar, sólo el carbono orgánico total (COT) fue medido en toda la matriz de sedimento.

El análisis de Granulometría, se cuantificó mediante los tamices disponibles #10, #18, #35, #60, #120, #325, correspondientes a 2000, 1000, 500, 250, 125 y 44 µm respectivamente de tamaño de tamiz entre las campañas de Invierno de 2014 y Otoño de 2015. A partir de Invierno de 2015 se usó el tamiz #230 (63 µm) en lugar del de #325 (44 µm).

Los datos obtenidos a lo largo de las diferentes campañas, al igual que en el análisis de biota, fueron comparados mediante un análisis ANOSIM, el que incluye un *test* pareado propio, análisis que permite detectar similitudes entre grupos de datos, comparando las variaciones dentro del grupo y las variaciones entre los grupos mediante permutaciones en la matriz de similaridad (Clarke, 1993), permitiendo realizar comparaciones tanto entre estaciones o zonas, análisis espacial, como entre campañas, análisis temporal. Para este análisis se usará el software PRIMER 6 (Clarke *et al.*, 2006).

El análisis ANOSIM entrega dos valores como resultado: un valor de R, el que muestra una relación entre la variación dentro de un mismo grupo y la variación entre los grupos a comparar, y un valor de significancia equivalente a un %. El valor de R oscila entre -1 y 1, siendo 0 la hipótesis nula, los valores más cercanos a 1 muestran una diferenciación entre los grupos (Clarke, 1993) y los valores negativos (que son poco habituales) indican una mayor similitud entre las muestras de diferentes grupos que entre las muestras un mismo grupo (Chapman & Underwood, 1999). El valor de significancia entregado corresponde a la significancia con que se rechaza la hipótesis nula, valores bajos ( $p < 0.05$ ) son los esperados para grupos diferentes.

Además, se determinó el nivel de trófico de los sistemas utilizando el criterio propuesto por Dodds *et al.* (1998), utilizando la concentración de Clorofila "a" medida en cada estación (Tabla 3.4-8)



**Tabla 3.4-8. Clasificación del estado trófico de los sistemas límnicos (Dodds et al. 1998)**

| Condición trófica | Clorofila a (µg/l) |                    |
|-------------------|--------------------|--------------------|
|                   | Sistemas Fluviales | Sistemas Lacustres |
| Oligotrofia       | < 10               | < 3,5              |
| Mesotrofia        | 10-30              | 3,5 – 9,0          |
| Eutrofia          | >30                | 9,0 – 25           |
| Hipereutrofia     | -                  | > 25               |

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.4.7 Análisis integrado

Para analizar de una manera integral los distintos tipos de información, variables ambientales y estructura comunitaria, se realizó un análisis BEST (Clarke, 1993). Este análisis permitió discernir cuáles son las variables que explican de mejor manera la comunidad observada, mediante la maximización de una correlación por rangos entre las matrices de similitud de las variables ambientales y la comunidad biótica. Para este análisis se utilizó el software PRIMER 6 (Clarke et al.2006).

### 3.4.5 Resultados

#### 3.4.5.1 Descripción Regional en base a antecedentes previos

La información más reciente del área de influencia corresponde a aquella obtenida en el contexto de la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, la que fue obtenida entre otoño de 2013 y verano de 2014 en estaciones de muestreo ubicadas en los mismos sistemas limnológicos considerados en el presente estudio. Así mismo, existe información de la Quebrada Huiniquinta, para la cual la información más reciente corresponde a monitoreos limnológicos realizados en torno al Proyecto Minero Quebrada Blanca durante la temporada de primavera del año 2012. Las estaciones de muestreo, en su gran mayoría, poseen la misma nomenclatura establecida para el presente estudio limnológico, de manera de dar continuidad y seguimiento a los datos, mejorando y fortaleciendo la actual evaluación (Tabla 3.4-9).

**Tabla 3.4-9. Ubicación estaciones de muestreo estudios 2013 a 2014 y primavera 2012**

| Área        | Sistema Límnico        | Fecha Estudio | Estación | Coordenada UTM WGS 84 |         |
|-------------|------------------------|---------------|----------|-----------------------|---------|
|             |                        |               |          | E                     | N       |
| Mina Planta | Q. Agua del Mote Norte | 2013-2014     | MOTE2    | 522093                | 7679354 |
|             | Q. Agua del Mote       | 2013-2014     | MOTE 1   | 523666                | 7678442 |
|             |                        | 2013-2014     | MOTE3    | 521679                | 7678828 |
|             | Q. Ciénaga Grande      | 2013-2014     | CG1      | 521340                | 7676662 |
|             | Q. El Carmen           | 2013-2014     | EC1      | 521294                | 7678406 |

| Área | Sistema Límico  | Fecha Estudio | Estación | Coordenada UTM WGS 84 |         |
|------|-----------------|---------------|----------|-----------------------|---------|
|      |                 |               |          | E                     | N       |
|      | Q. Blanca       | 2013-2014     | QB1      | 517300                | 7675574 |
|      |                 | 2013-2014     | QB2      | 517067                | 7675178 |
|      |                 | 2013-2014     | QB3      | 516923                | 7675001 |
|      |                 | 2013-2014     | QB4      | 515928                | 7673813 |
|      |                 | 2013-2014     | QB5      | 515558                | 7671273 |
|      |                 | 2013-2014     | QB6      | 514800                | 7668798 |
|      | Q. Llaretta     | 2013-2014     | QL1      | 520089                | 7674911 |
|      |                 | 2013-2014     | QL2      | 519442                | 7674861 |
|      |                 | 2013-2014     | QL3      | 518778                | 7674718 |
|      |                 | 2013-2014     | QL4      | 518036                | 7674861 |
|      |                 | 2013-2014     | QL5      | 517656                | 7674466 |
|      | Q. Jovita       | 2013-2014     | JOV      | 514846                | 7668789 |
|      | Q. Ramucho      | 2013-2014     | RAM      | 513972                | 7668240 |
|      | Q. Choja        | 2013-2014     | CHO      | 513835                | 7668353 |
|      | Q. Huinquintipa | 2011-2012     | HUI-1    | 524006                | 7681493 |

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.5.1.1 Monitoreos de calidad de agua

Para cada estación de muestreo se analizaron parámetros de importancia limnológica, macroelementos, metales, compuestos orgánicos y otras variables.

- Quebrada Agua del Mote

Los análisis efectuados en esta quebrada presentaron valores distintos a los señalados en la norma utilizada como referencia para los parámetros limnológicos (pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos) y metales (Aluminio, Boro, Cobre y Manganese), en gran parte de las campañas de muestreo. Los análisis de macroelementos, compuestos orgánicos y otros, presentaron valores dentro de los rangos señalados en la normativa utilizada como referencia (NC. 1333 Of 78).

- Quebrada Llaretta

En esta quebrada sólo se registraron valores distintos a los señalados en la norma utilizada como referencia en el análisis de metales, arrojando valores levemente superiores para el caso del Boro y el Manganese, en las campañas de otoño e invierno 2013.

- Quebrada Blanca

Para el análisis de parámetros limnológicos se registraron valores superiores a los rangos establecidos en la normativa de referencia (NCh. 1.333) para el caso de pH, Conductividad eléctrica y Sólidos totales disueltos; para casi la totalidad de las campañas. En el caso de los macroelementos, se registraron valores superiores a los referenciales para la concentración de Sulfatos. Para los metales, destacan valores superiores a los utilizados como referencia para el Aluminio, Cobre, Boro, Manganeso. Los análisis de compuestos orgánicos y otros registraron valores dentro de los rangos referenciales.

- Ciénaga Grande

Si bien en la mayoría de los análisis los valores se mantuvieron dentro de los rangos referenciales (NCh. 1.333), destacan valores que los superan, como es el caso del cobre, hierro y manganeso en la primavera 2013 para el análisis de metales.

- Quebrada El Carmen

Para esta quebrada destacan solo valores para el período de invierno 2013 en el análisis de metales, con cobre, boro y manganeso por superar los rangos referenciales (NCh. 1333).

- Quebrada Jovita

En esta quebrada no se registraron datos, ya que permaneció seca durante todas las campañas de muestreo.

- Quebrada Ramucho

Destacan valores sobre los rangos de referencia para el análisis de parámetros limnológicos (NCh. 1.333), específicamente en el caso de la conductividad eléctrica para los períodos de otoño 2013, primavera 2013 y verano 2014. En el análisis de macroelementos se presentan valores sobre la norma de referencia en la concentración de sulfatos para los mismos períodos de muestreo. Finalmente para el caso de los metales, se presentan valores sobre los rangos de referencia en la concentración de boro para todas las campañas de muestreo.

- Quebrada Choja

En el análisis de parámetros limnológicos se presentan valores sobre los rangos de referencia (NCh. 1.333) para la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos en todos los períodos de muestreo. En el caso del análisis de macroelementos, se registraron valores sobre la norma de referencia para la concentración de sulfatos en todas las campañas. Entre los metales, se sólo la concentración de boro supera el rango establecido en la normativa utilizada como referencia.

- Quebrada Huinquintipa

La totalidad de los valores registrados para cada uno de los análisis están dentro de los rangos referenciales (NCh. 1.333), salvo en el caso de oxígeno disuelto, el cual se presenta ligeramente inferior.

De acuerdo a la clasificación de los sistemas según su estado de trofía propuesta por Dodds *et al.* (1998), la mayoría de las estaciones presentes en las distintas quebradas del Sector Mina Planta mostraron valores propios de sistemas oligotróficos (<10 µg/l). Las excepciones corresponden a las estaciones MOTE-3 (13,93 µg/l) clasificada como mesotrófico y QB-5 (64,46 µg/l) clasificado como Eutrófico.

El estudio de RESCAN (1991), se centró en el área llamada Área Mina en el presente estudio y se evaluó variables de calidad del agua, tales como parámetros de importancia limnológica, aniones, nutrientes, metales totales y disueltos, en Ciénaga Grande, Quebrada Blanca y Socavón. De los resultados obtenidos, destacaron los valores de concentración de sulfato en Quebrada Blanca en 1991 con cerca de 1000 mg/l, Alcalinidad con <20 mg/l, tanto para Ciénaga Grande como para Quebrada Blanca; Cobre en las aguas de Quebrada Blanca, siendo el máximo de 11,2 mg/l registrado en enero de 1991, durante dicha campaña también se registró una concentración de 0,84 mg/l de Boro en la misma quebrada.

Durante los estudios de 2011-2012, para las quebradas del sector norte (quebrada Agua del Mote) y del sur (quebradas de Llaretta, Blanca, Jovita, Ramucho y Choja) sólo existe información de calidad de agua para el periodo de primavera del 2012.

En el periodo 2011-2012, los únicos valores que exceden los umbrales según la NCh 1.333 Of. 78, fueron los de quebrada Blanca en los siguientes parámetros: pH (QB-3, QB-6) <4,2, conductividad eléctrica (QB-1, QB-3, QB-6) entre 1.350 y 5.600 µS/cm, sólidos totales (QB-1, QB-3, QB-6) entre 1.000 y 4.500 mg/l y oxígeno disuelto (QB-1, QB-3, QB-6) entre 1,5 y 4,5 mg/l.

En Quebrada Blanca los umbrales según la NCh 1.333 Of. 78 se observaron sobrepasados para los sulfatos (QB-1, QB-3, QB-6)

Sólo en Quebrada Blanca es donde se presentaron parámetros por sobre los umbrales establecidos en la normativa de referencia (Cadmio, Cobre, Hierro, Boro, Manganeso y Aluminio).

Los sistemas de altura en el altiplano chileno se caracterizan por poseer valores de conductividad en un amplio rango considerando valores altos debido a la presencia de sales que son lixiviadas a lo largo y ancho de las cuencas, situación similar a lo observado para metales los que se encuentran en los suelos de la cuenca y son arrastrados y acumulados en el agua, si a eso se le suma las características de alta radiación y alta evaporación, no es extraño encontrar concentraciones altas de metales y de iones en los cuerpos de agua (CADE-IDEPE).

### 3.4.5.1.2 Monitoreos calidad sedimentos

- Quebrada Agua del mote

Los resultados del análisis de metales en el sedimento arrojaron valores sobre los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)) para Arsénico y Cobre en la mayoría de las estaciones presentes en el lugar, mientras que Zinc arrojó un valor superior para la campaña de otoño 2013 en sólo una estación. En cuanto al análisis de parámetros orgánicos, destaca únicamente un alto valor en la concentración de hidrocarburos semivolátiles en una estación en la campaña de invierno 2013.

- Quebrada Llaretta

Se registraron valores sobre los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)) únicamente para la concentración de Arsénico en al menos una campaña para cada estación de muestreo en el análisis de metales. Para el análisis de parámetros orgánicos no se registraron valores superiores a los establecidos en la norma referencial.

- Quebrada Blanca

En el análisis de metales en sedimento se registraron valores sobre los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)) para Arsénico y Cobre en todas las estaciones, mientras que zinc los superó sólo en la campaña de invierno 2013. Para el análisis de parámetros orgánicos no se registraron valores fuera de los rangos referenciales.

- Ciénaga Grande

Se registraron valores sobre los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)) para Arsénico y Cobre. El análisis de parámetros orgánicos no registro valores superiores a los de referencia.

- Quebrada el Carmen

Sólo se registraron valores sobre los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)) para la concentración de Arsénico y Cobre.

- Quebrada Jovita

Sólo se registró un valor sobre los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), correspondiente al metal Cobre durante la primavera 2013.

- Quebrada Ramucho

Se registraron altos valores de Arsénico para casi todas las campañas, salvo verano 2014.

- Quebrada Choja

Valores que superan los rangos referenciales (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) se registraron en el análisis de metales, específicamente para Arsénico y Cobre, en la mayoría de las campañas.

Finalmente los resultados obtenidos para las distintas campañas de muestreo permiten caracterizar a los sedimentos de cada una de las quebradas del sector Mina-Planta como predominantemente conformados por arena, lo que está de acuerdo con lo observado en terreno a lo largo de las campañas.

#### 3.4.5.1.3 Monitoreos Biológicos

La información más reciente corresponde al Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, realizado entre otoño de 2013 y verano de 2014, información resumida en forma de tablas con las variables comunitarias más importantes

Durante las campañas desarrolladas en los años 2011 y 2012, se levantó información de la biota acuática desde las quebradas del Sector Mina-Planta sólo durante primavera de 2012, temporada en que la mayoría de las estaciones no presentó escurrimiento superficial de agua, en cuyo caso sólo se realizó prospecciones (caracterización de la estación de muestreo y registro fotográfico).

Debido a la escasez de agua, las comunidades de fitoplancton, fitobentos y zoobentos solo fueron caracterizadas en la estación QB-1 y HUI-1, mientras que la comunidad de zooplancton sólo cuenta con información para HUI-1.

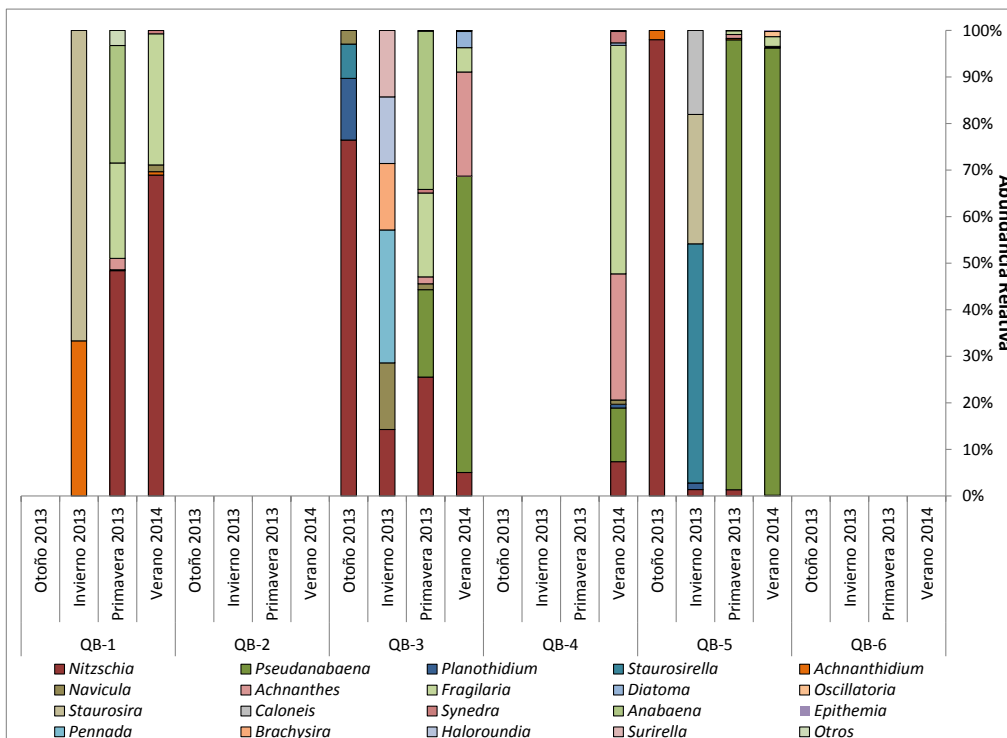
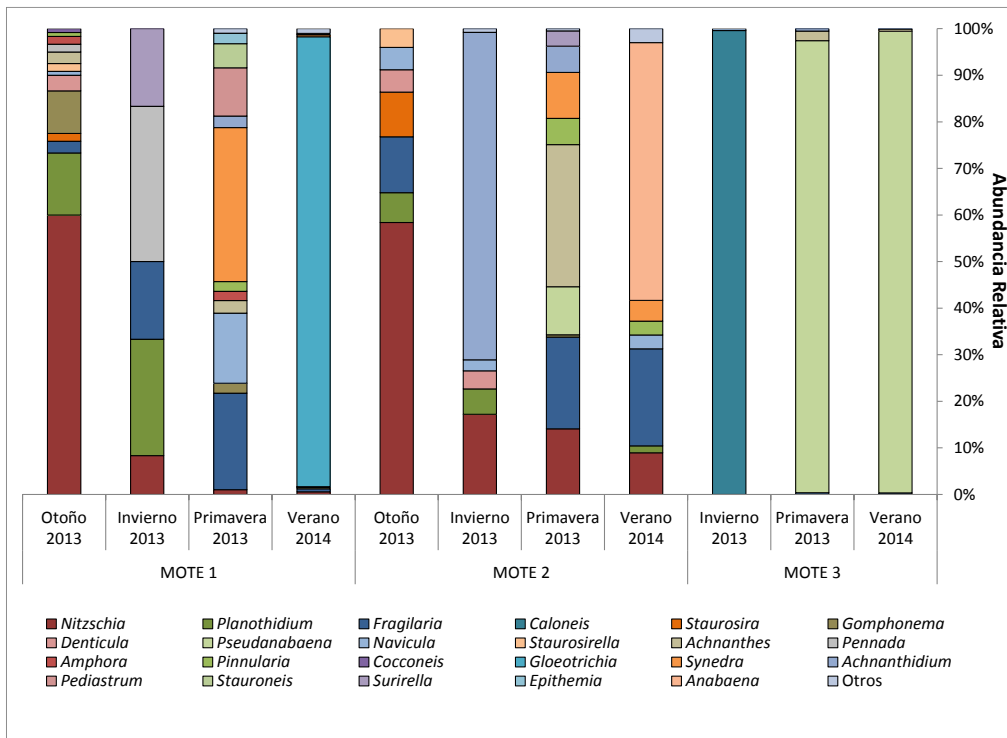
##### a) Macrófitas

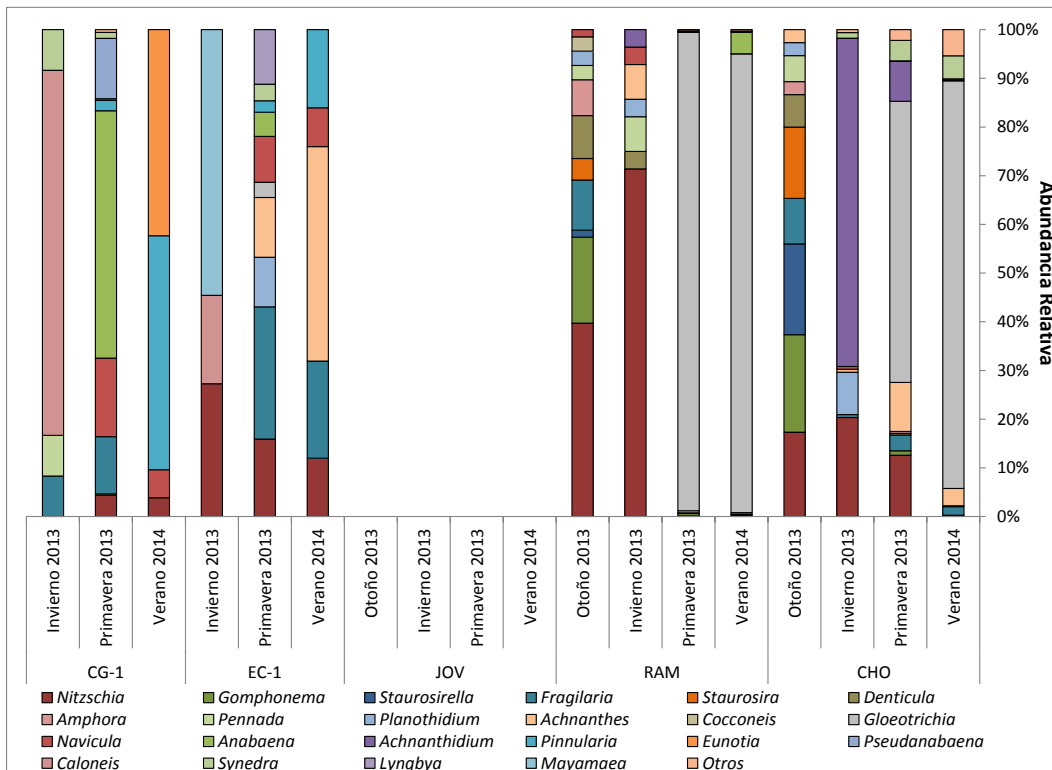
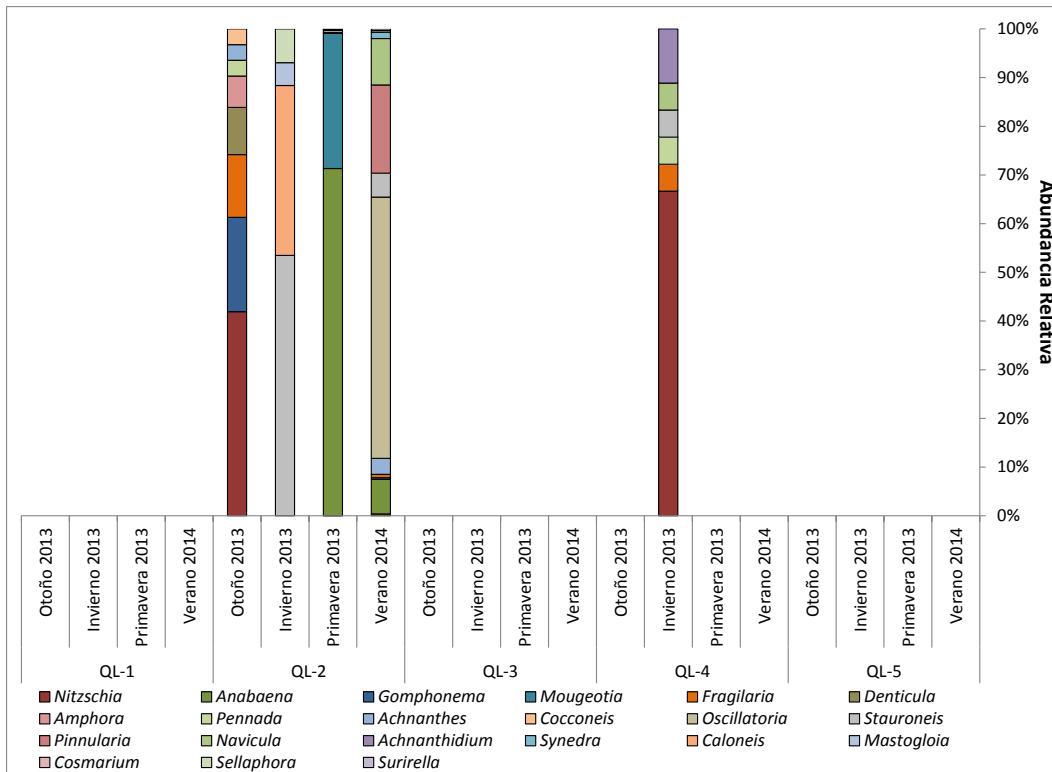
No se encontró antecedentes de la presencia de macrófitas en el Sector Mina Planta.

##### b) Fitobentos

En quebrada Agua del Mote, los taxa dominantes fueron *Nitzschia* y *Pseudoanabaena*, siendo el primero de estos el más abundante. En Quebrada Blanca, los géneros dominantes durante el estudio correspondieron a *Nitzschia* y *Pseudoanabaena*, siendo *Nitzschia* el más abundante. En Quebrada Llaretta, los géneros dominantes fueron *Nitzschia*, *Anabaena*, *Oscillatoria* y *Stauroneis*. Para las estaciones de las quebradas Ramucho y Choja la dominancia correspondió a *Gloeotrichia*. Para las otras quebradas no se pudo establecer una dominancia de un taxón en particular (ver Figura 3.4-2).

**Figura 3.4-2. Abundancia relativa por estación, fitobentos**





Fuente: EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca

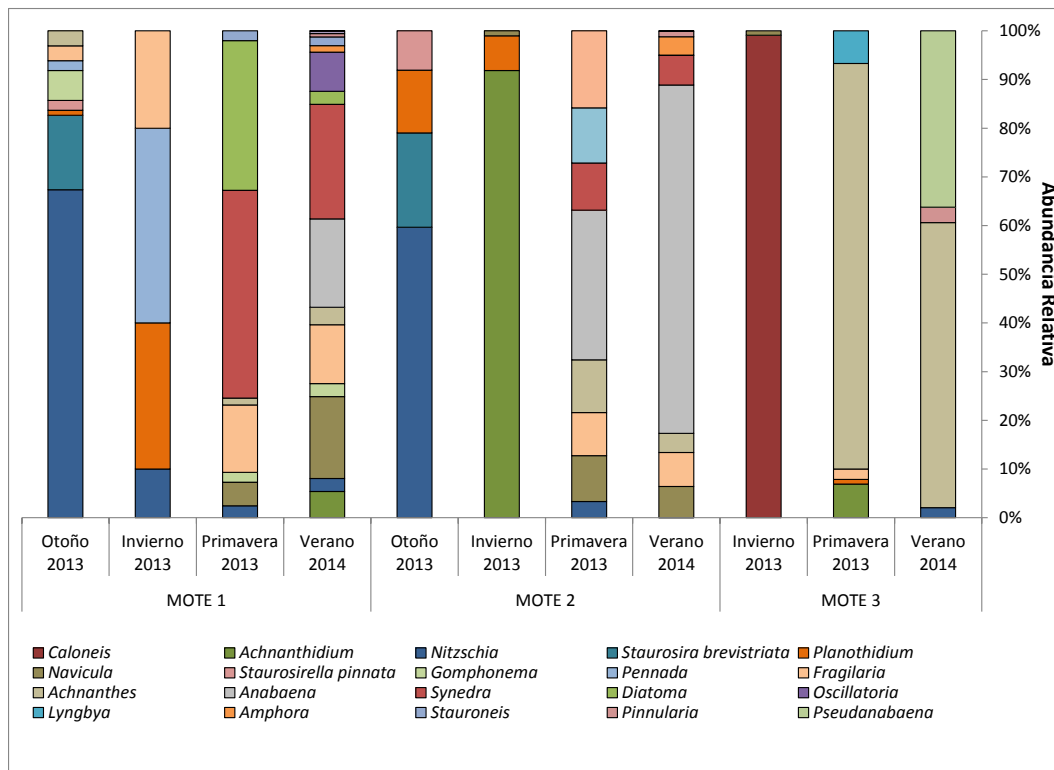


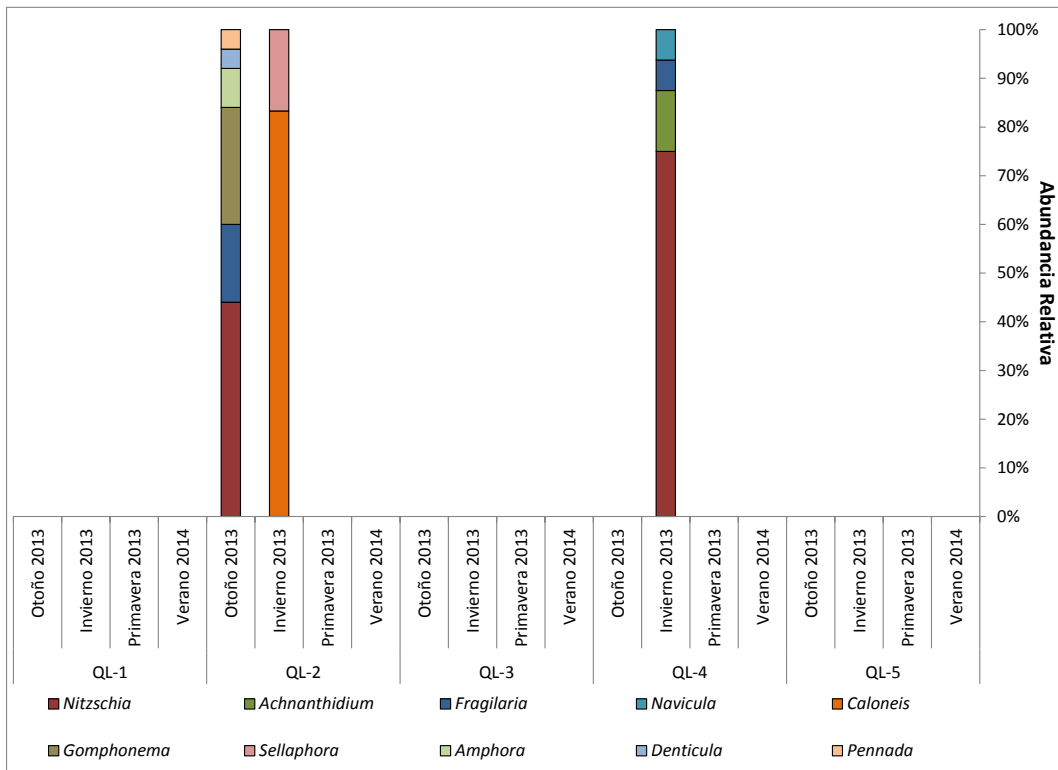
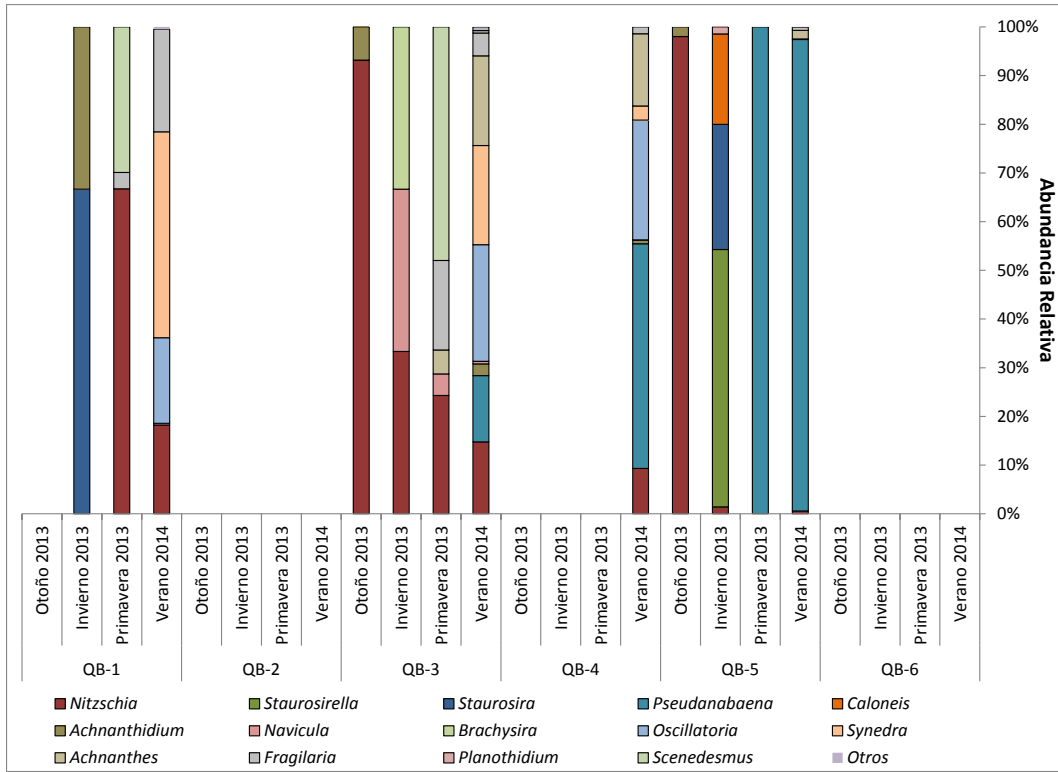
En los estudios realizados entre 2011 y 2012, como parte del Estudio Actualización Proyecto Quebrada Blanca, dentro de la comunidad de fitobentos, se describió una riqueza de 3 taxa, mientras que la abundancia fue de 18.000 cel/cm<sup>2</sup>. Los géneros más importantes con respecto a su abundancia correspondieron a *Achnanidium* y *Nitzschia*. Mientras que para HUI-1 la abundancia fue de 150.256 cel/cm<sup>2</sup>, con una riqueza de 8 taxa, donde el más abundante correspondió al género *Nitzschia*.

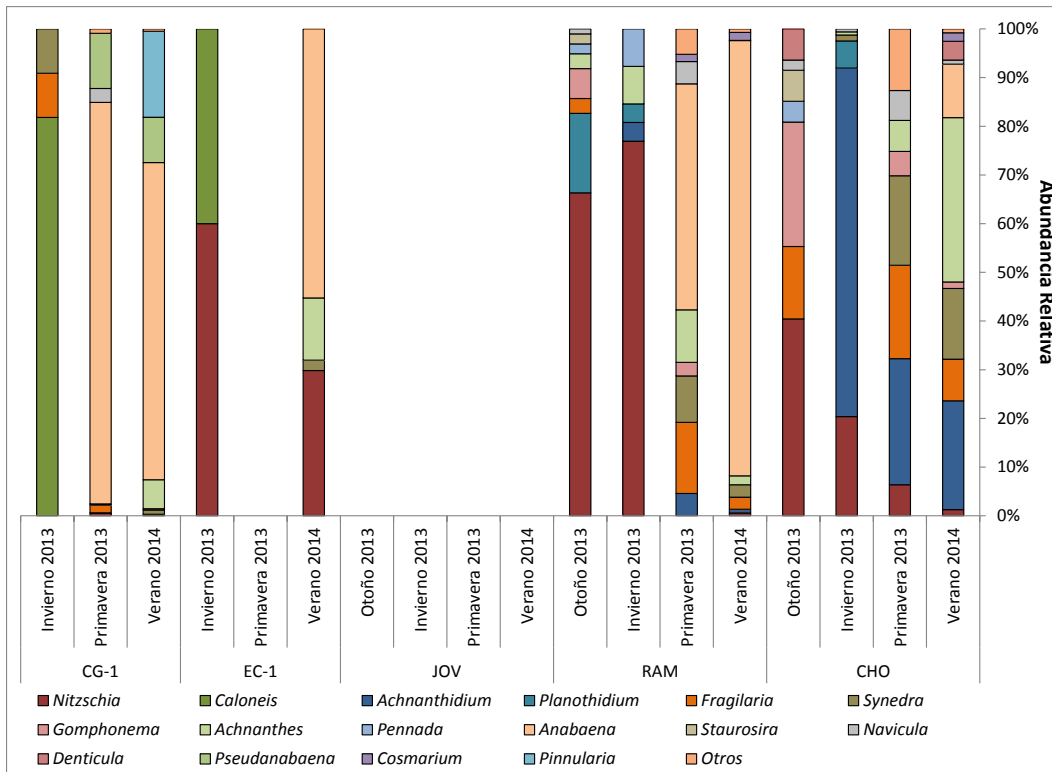
c) Fitoplancton

Para Quebrada Agua del Mote destacó la dominancia de los géneros *Anabaena*, *Nitzschia* y *Achnanthes*, para Quebrada Blanca la dominancia fue de *Pseudanabaena* y *Nitzschia*, en Quebrada Ilareta los géneros *Nitzschia* y *Caloneis* fueron dominantes, para las quebradas Ramucho y Choja los taxa más abundantes fueron *Anabaena*, *Nitzschia* y *Achnantheidium*, mientras que para las otras quebradas fueron los géneros *Anabaena*, *Nitzschia* y *Caloneis* (ver Figura 3.4-3).

**Figura 3.4-3. Abundancia relativa por estación, fitoplancton**







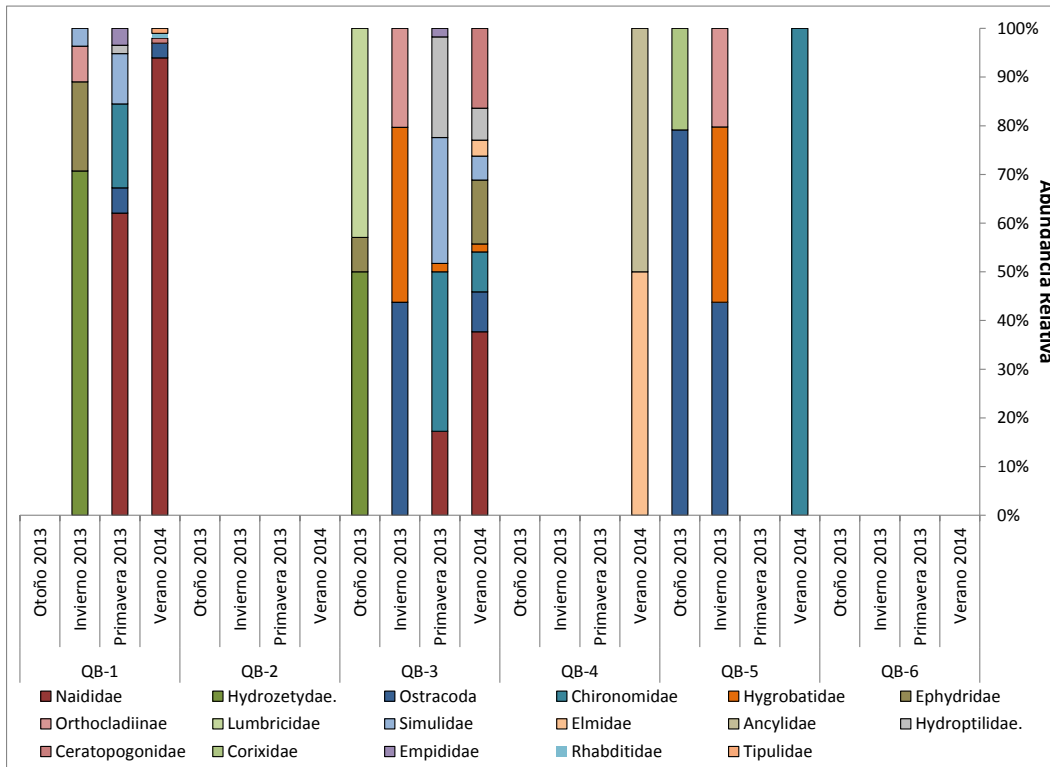
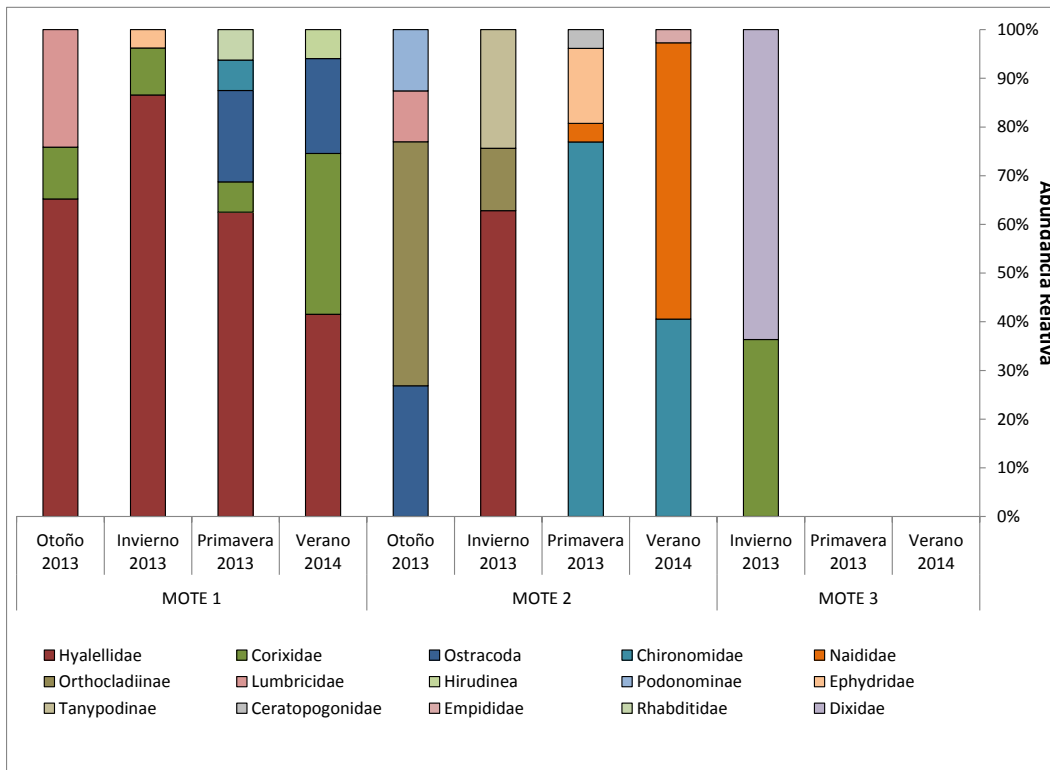
Fuente: EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca

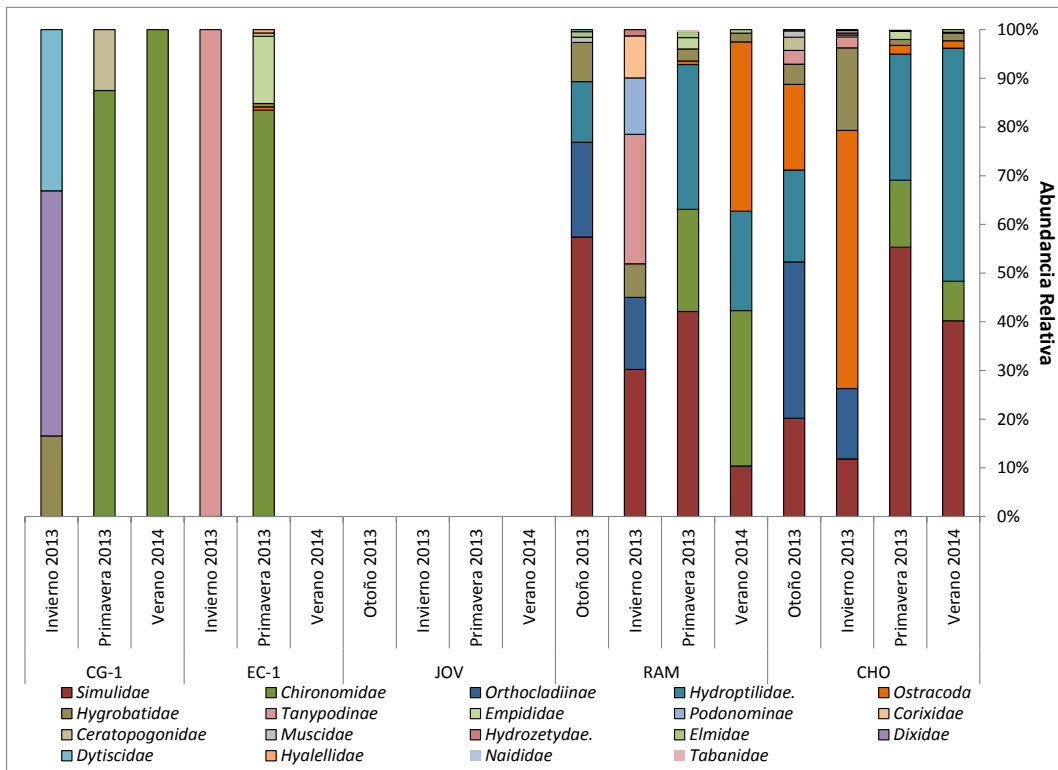
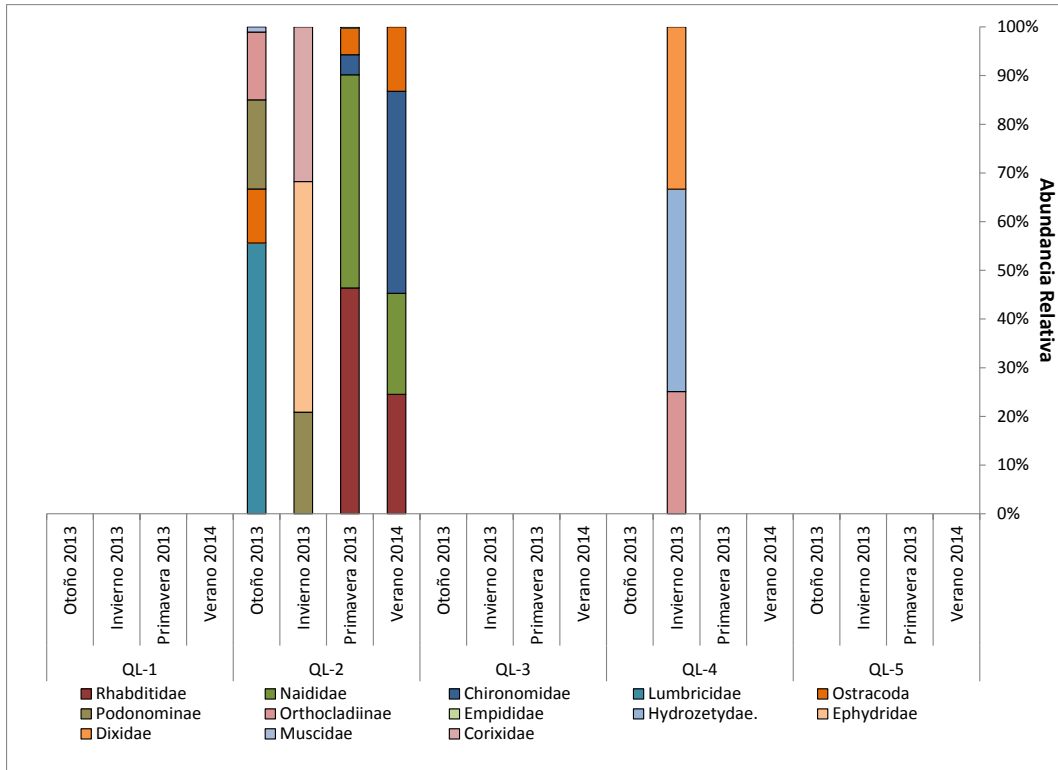
Durante los estudios realizados en 2011-2012, para fitoplancton se describió una riqueza de 3 taxa, con una abundancia para esta comunidad que estuvo cerca de las 18.000 cel/ml (QB-1) donde los *taxa* más importantes correspondieron a los géneros *Achnantheidium* y *Nitzschia*, mientras que para quebrada Huinquentipa (HUI-1), se registró una abundancia de 117.850 cel/ml, con una riqueza de 6 taxa donde el más abundante fue *Nitzschia*.

d) Zoobentos

Dentro de la quebrada agua del Mote, destacó la dominancia de las familias Hyalellidae, Chironomidae y Dixidae. Dentro de Quebrada Blanca, el zoobentos mostró la dominancia de familias como Naididae, Chironomidae, Hidrozetydae y la clase Ostracoda, mientras que dentro de quebrada LLareta destacó el equilibrio dentro de la comunidad, donde no se observó una dominancia claramente marcada. Por otra parte, las quebradas Ramucho y Choja mostraron dominancia de las familias Simuliidae e Hydroptilidae, en tanto que en otras quebradas la familia Chironomidae fue el grupo más abundante (Figura 3.4-4).

**Figura 3.4-4. Abundancia relativa por estación, zoobentos**





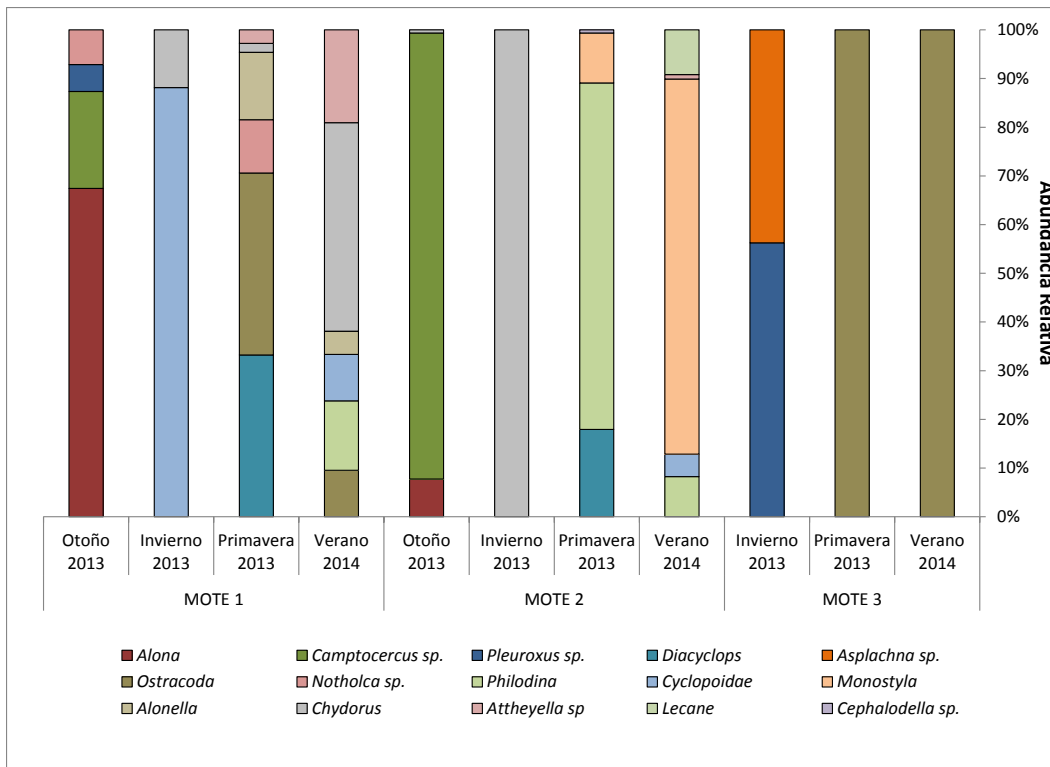
Fuente: EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca

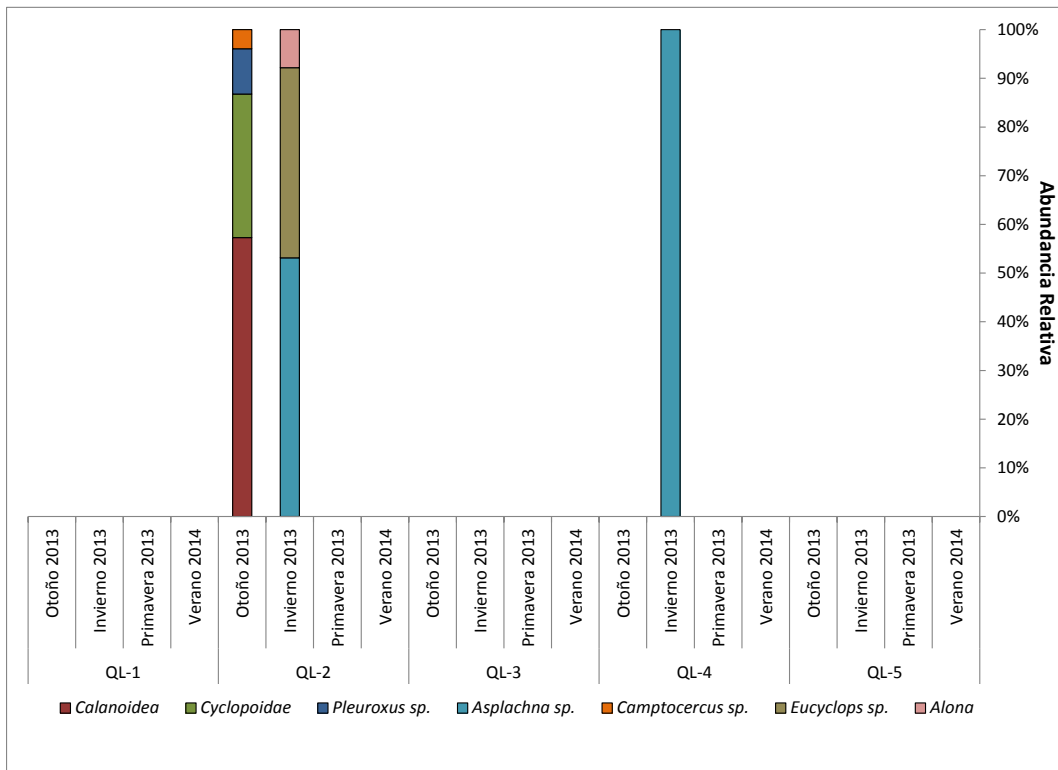
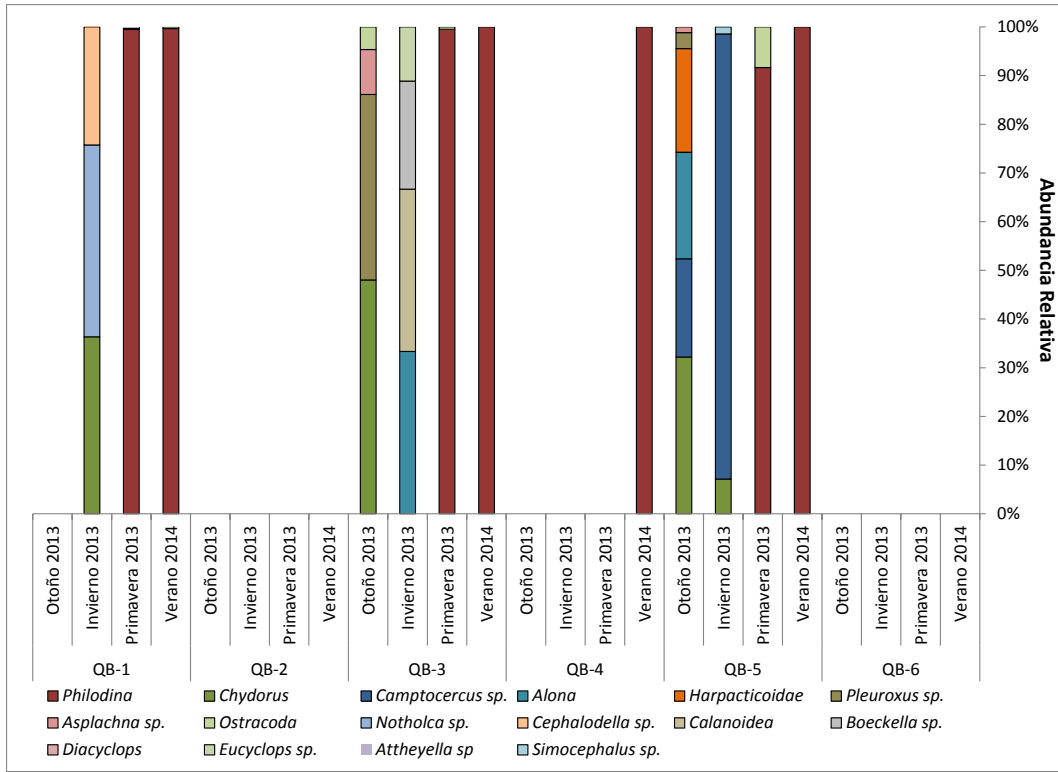
El estudio realizado entre 2011 y 2012 mostró que en quebrada Blanca (QB-1), la riqueza fue de un taxón, correspondientes a Ostracoda, mientras que la abundancia correspondió a los 22 ind/m<sup>2</sup>. Por otro lado, para HUI-1, se registró una abundancia de 44 ind/m<sup>2</sup> con una riqueza de 3 *taxa* destacando el género *Hyaella* como el más abundante.

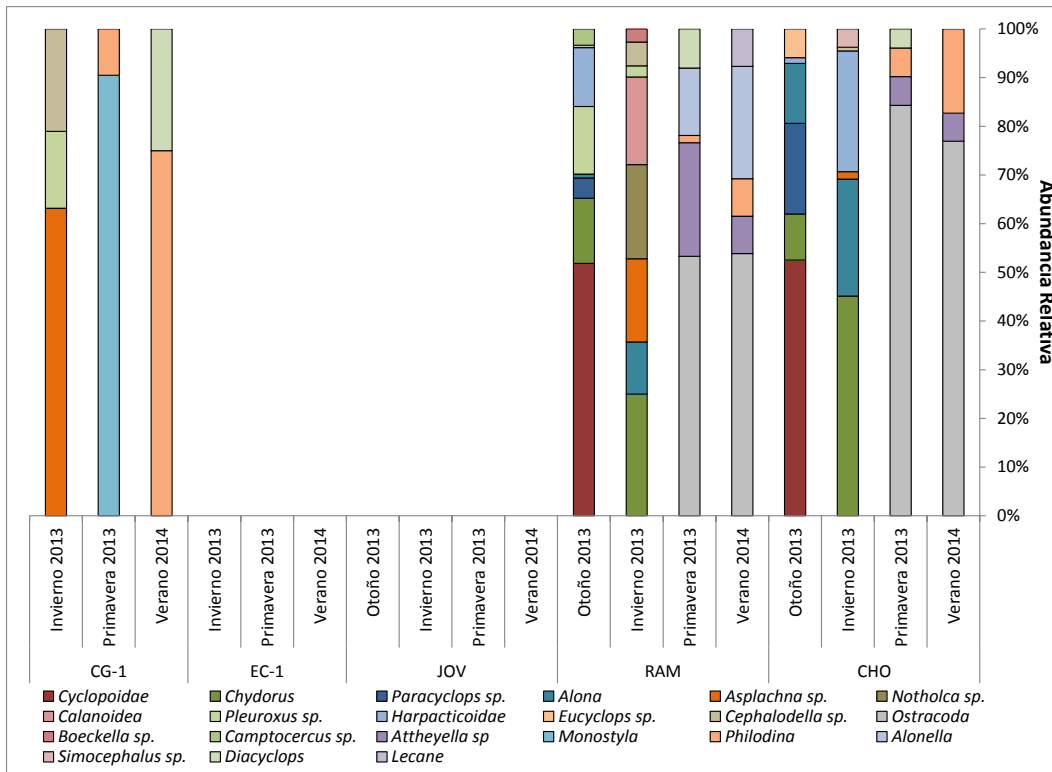
e) Zooplancton

En las estaciones de Quebrada agua del Mote solo hubo una dominancia marcada en la estación MOTE-3 donde abunda Ostracoda, mientras que en Quebrada Blanca destaca la dominancia del género *Philodina*. Por otra parte, en Quebrada Llaretta destacan por su abundancia los rotíferos del género *Asplachna* y copépodos del orden Calanoidea, mientras que en las Quebradas Ramucho y Choja dominó la clase Ostracoda y en el grupo Otras Quebradas no hay una dominancia clara, mostrando un equilibrio entre los *taxa* presentes (ver Figura 3.4-5).

**Figura 3.4-5. Abundancia relativa por estación, zooplancton.**







Fuente: EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca

Los estudios realizados durante 2011-2012, mostraron una abundancia de 5,3 ind/l para la estación HUI-1, con una riqueza de 5 taxa, donde la dominancia fue de *Eucyclops* y *Boeckella*.

Los sistemas a estudiar corresponden en su mayoría a quebradas con mayor o menor cantidad de agua, por lo mismo se estudió como referencia sistemas de quebradas como La Quebrada de Tarapacá (CADE-IDEPE, 2004) o las quebradas Lirima y Caya (Scott y col, 2015) o las vertientes asociadas al Salar de Huasco (Riveros, 2012) por su cercanía geográfica al sitio de muestreo.

En general, los sistemas lóticos altiplánicos están dominados por algas del grupo Diatomeas, *Fragillaria*, *Nitzschia*, principalmente asociadas al fitobentos debido al constante arrastre aguas abajo por parte de la corriente.

Con respecto a invertebrados el zoobentos cobra mayor importancia que el zooplancton debido al mismo fenómeno de arrastre observado para las algas, en las vertientes de Huasco destacaron Hidroptilidae, Chironomidae, Elmidae, Ostracoda y Naididae. En Lirima y Caya destacaron además de los mencionados: Hyallellidae e Hydrozetidae (Acari).

Con respecto a las macrófitas aparecen mencionados los géneros *Ranunculus*, *Myriophyllum*, *Lilaeopsis*, *Eleocharis*, *Carex*, *Potamogeton*. Además de las plantas típicas de la vegetación acojinada de los bofedales como *Oxychloe* y *Patosia*.



### 3.4.5.2 Análisis de Información Campañas de Terreno

#### 3.4.5.2.1 Área Mina

##### Caracterización del hábitat acuático

Esta Área comprende estaciones ubicadas en diferentes quebradas, las cuales se forman por la circulación de agua superficial, la que va erosionando lentamente el suelo. Dependiendo del caudal, el escurrimiento puede ser superficial o por debajo de la superficie. Además, pueden encontrarse sistemas someros con un par de centímetros de agua y una baja velocidad de escurrimiento que favorecen el crecimiento de vegetación azonal, formando pajonales y vegas de altura.

En el Área Mina se muestrearon estaciones dentro de los sectores que se describen a continuación.

##### a) Sector Quebrada Agua del Mote

En esta quebrada se determinaron tres estaciones de muestreo representativas. Este sistema, cuenta con un flujo mínimo de 0,2 l/s y un flujo máximo de 1 l/s para el año 2013 de acuerdo con el estudio de la línea base de niveles de agua subterránea, caudales y calidad hidroquímica sector cordillera (EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, Anexo 3.2.9-1, SWS, 2014).

##### a.1) MOTE 1

Esta estación se ubica aguas arriba de una poza profunda. El sustrato observado es principalmente limo, el escurrimiento superficial fluye entre la vegetación en forma de cojinetes, el ancho de este sector es variable, entre cerca de dos metros y los diez metros con una profundidad no superior a los cinco centímetros (ver Fotografía 3.4-1)

**Fotografía 3.4-1. Vista general estación de muestreo Mote 1.**



Fuente: Elaboración Propia

## a.2) MOTE 2

En esta zona (ver Fotografía 3.4-2) la quebrada fluye a lo largo de un canal bien definido, cuya altura de ribera ronda los 0,4 m. El sustrato es principalmente limo, con inserciones de grava y guijarros. El flujo de agua no supera los cinco centímetros de altura y los 0,3 m de ancho. Durante las campañas de primavera y verano se encontró sin escurrimiento superficial.

**Fotografía 3.4-2. Vista general estación de muestreo Mote 2.**



Fuente: Elaboración Propia.

## a.3) MOTE 3

Este sector (Fotografía 3.4-3) muestra un evidente contraste con el entorno, aún desde lejos se distinguió la acumulación de sales de color blanquecino en la ribera, se registró escasa vegetación ribereña la que correspondió a vegetación terrestre cubierta de sales. El curso de agua no sobrepasó los 0,3 m de ancho ni los 0,1 m de profundidad. Durante el desarrollo de las campañas, el agua tenía un color verde azulado, y se observó espumas en las zonas de mayor agitación.

**Fotografía 3.4-3. Vista general estación de muestreo Mote 3.**



Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 3.4-6. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Agua del Mote**

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre los rangos de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que presentan valores distintos a los rangos referenciales en una o más campañas, utilizándose como referencia la valores señalados en la NCh 1.333 Of 78 para el caso del agua y en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos. Las línea en rojo, dan cuenta de los valores superiores o rangos establecidos en la normativa referencial.

#### a.4) Calidad de Agua

El análisis ANOSIM, mostró que existen diferencias entre las estaciones de muestreo del sector ( $R:0,592$ ;  $p: 0,001$ ), el análisis pareado *a posteriori* mostró diferencias entre todas las parejas de estaciones. El ANOSIM también mostró que no existen diferencias entre las temporadas de desarrollo de las campañas ( $R:0,106$ ;  $p:0,054$ ).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de parámetros con importancia limnológica, los niveles se observan variables entre las campañas. Al respecto, considerando el conjunto de parámetros medidos, todos ellos muestran diferencias respecto a los rangos de referencia utilizados (NCh. 1.333), observándose situaciones sobre o bajo estos últimos en las distintas campañas realizadas para las estaciones Mote-1 y Mote-2. La estación Mote-3 por su parte, evidencia valores sostenidos superiores a los rangos de referencia para los parámetros de pH, Conductividad y Sólidos Disueltos Totales, destacando principalmente por los niveles de acidez obtenidos. (Ver Tabla 3.4-10).

**Tabla 3.4-10. Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Agua del Mote.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |       |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--|
|                         |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH    | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                                       | 6-9*  | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        |                          | ≥ 20*          |                |  |
| Quebrada Agua del Mote  | MOTE-1               | Invierno 2014  | 12                                    | 7,8   | 592                             | 294                              | 6,30                    | 500                  | <5000                  | 147                      | <200           | <200           |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | 18,3                                  | 6,5   | 1508                            | 753                              | 6,67                    | 500                  | <5000                  | 13                       | <100           | <1000          |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 15,4                                  | 4,71  | 1056                            | 525                              | 5,73                    | 500                  | <5000                  | <10                      | <50            | <500           |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | 11,4                                  | 5,17  | 237,6                           | 118,8                            | 3,38                    | <500                 | <5000                  | 36                       | <50            | 2500           |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 12,3                                  | 8,76  | 148,7                           | 74,3                             |                         | <500                 | <5000                  | 32                       | <50            |                |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | 21,4                                  | 6,25  | 130,4                           | 65,2                             | 6,21                    | <500                 | <5000                  | 43                       | <50            | 1060           |  |
|                         |                      | Verano 2016    | 10,7                                  | 6,29  | 390                             | 195                              | 5,59                    | 2000                 | <5000                  | 54                       | <50            | <500           |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | 10,7                                  | 6,44  | 784                             | 391                              | 5,25                    | <500                 | <5000                  | 12                       | <50            | <500           |  |
|                         | MOTE-2               | Invierno 2014  | 11,9                                  | 4,2   | 685                             | 344                              | 3,95                    | <500                 | <5000                  | <5                       | <200           | <200           |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | Estación Seca                         |       |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 20,4                                  | 8,2   | 1391                            | 696                              | 6,14                    | 2100                 | 65000                  | 204                      | 50             | 2000           |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | 5,8                                   | 8,41  | 631                             | 315                              | 7,15                    | <500                 | <5000                  | 118                      | <50            | 5100           |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 13,5                                  | 7,88  | 567                             | 284                              |                         | 600                  | <5000                  | 116                      | <50            | 1960           |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                         |       |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Verano 2016    | 8,1                                   | 6,69  | 1493                            | 747                              | 5,81                    | 2500                 | <5000                  | 64                       | <50            | 2120           |  |
| Otoño 2016              |                      | Estación Seca  |                                       |       |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |  |
| MOTE-3                  | Invierno 2014        | 11,7           | 7,7                                   | 18370 | 8500                            | 5,09                             | <500                    | <5000                | 37                     | <200                     | <200           |                |  |

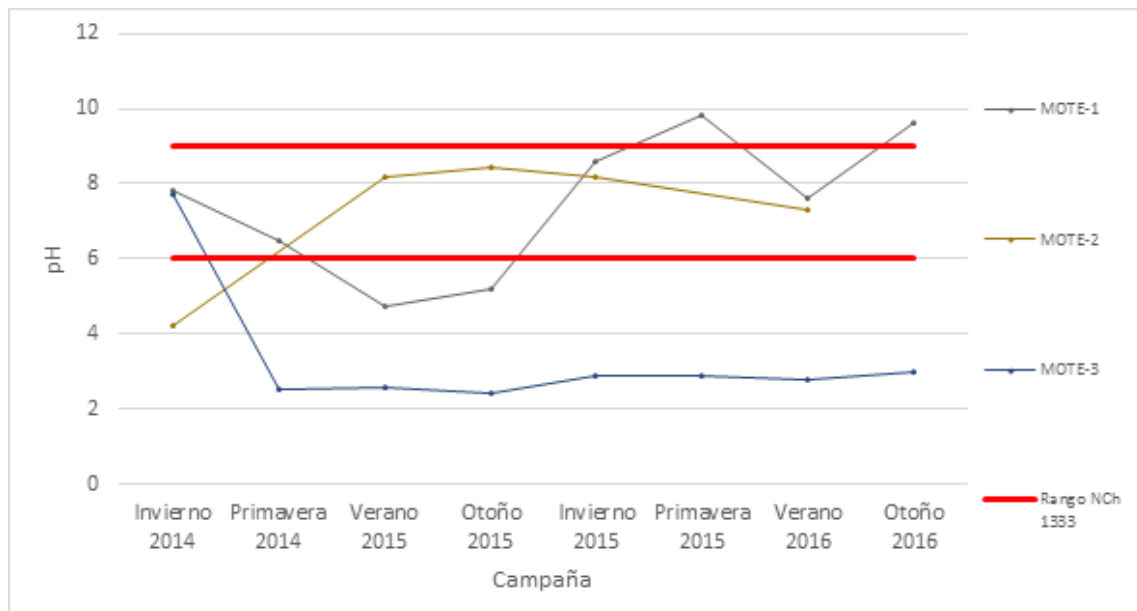
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--|
|                         |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        |                          | ≥ 20*          |                |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | 16,3                                  | 2,5  | 14440                           | 7220                             | 5,34                    | 11000                | <5000                  | 0                        | 260            | 3980           |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 15,8                                  | 2,58 | 18110                           | 9030                             | 5,21                    | 10000                | <5000                  | 107                      | <50            | 12200          |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | -0,5                                  | 2,44 | 19090                           | 9510                             | 7,47                    | <500                 | <5000                  | 10                       | 550            | 4300           |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 10,9                                  | 2,8  | 13930                           | 6970                             |                         | <500                 | <5000                  | <10                      | <50            | 5140           |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | 18,8                                  | 2,05 | 16690                           | 8340                             | 5,57                    | <500                 | <5000                  | <10                      | <50            | 13600          |  |
|                         |                      | Verano 2016    | 7,5                                   | 1,67 | 15450                           | 7720                             | 6,3                     | 11300                | <5000                  | <10                      | <50            | 13100          |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | 14,9                                  | 2,26 | 14060                           | 7030                             | 5,06                    | ***                  | <5000                  | <10                      | <50            | 12900          |  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática, \*\* Límite establecido para agua de riego, \*\*\* muestra ilegible

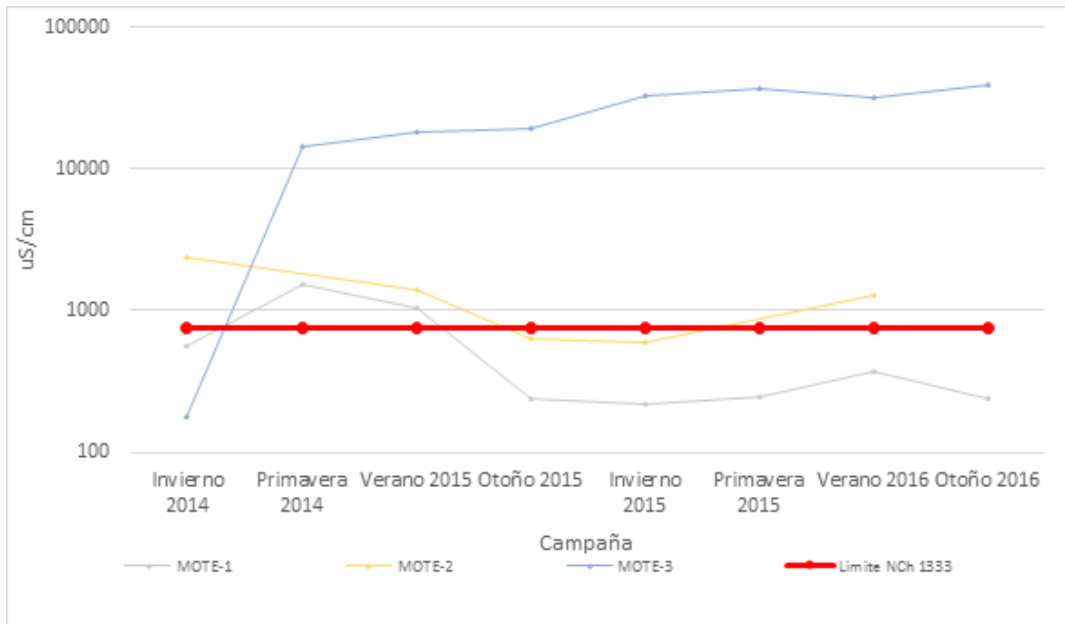
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos parámetros de importancia limnológica que presentan valores por sobre los rangos de referencia (NCh. 1.333), señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

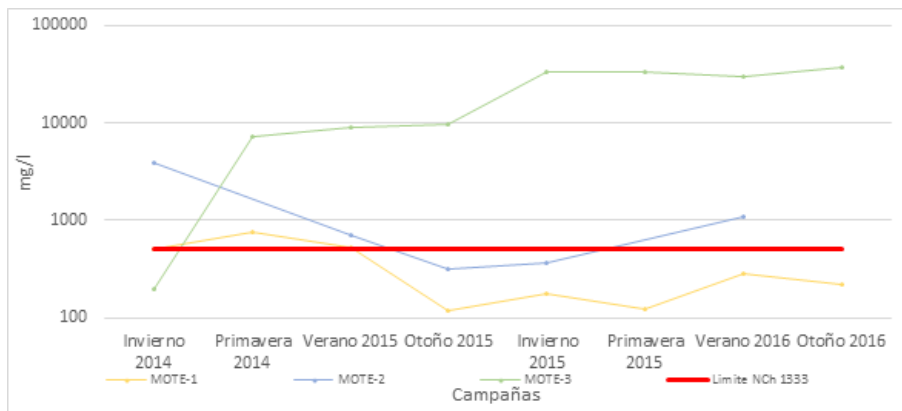
**Figura 3.4-7. Valores pH. Sector agua del Mote**



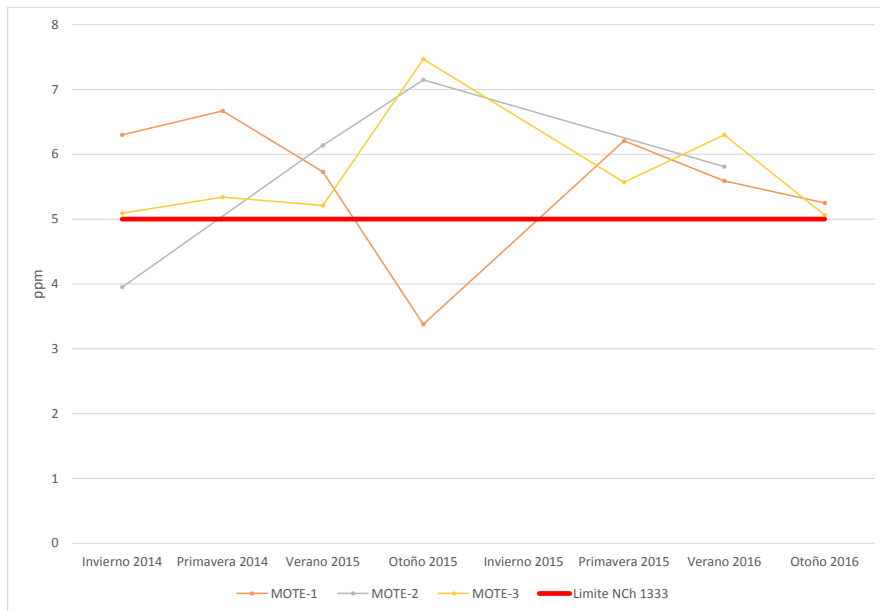
**Figura 3.4-8. Valores Conductividad Eléctrica. Sector agua del Mote**



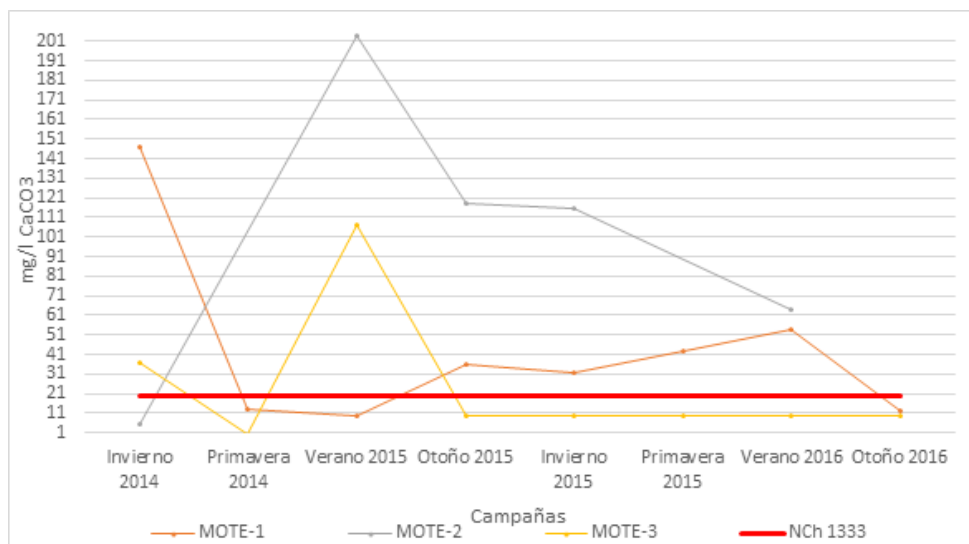
**Figura 3.4-9. Valores Sólidos totales disueltos. Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-10. Valores Oxígeno. Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-11. Valores Alcalinidad. Sector agua del Mote**



Los resultados de la medición de macroelementos (ver Tabla 3.4-11), muestran que los niveles se observan variables entre las campañas con cambios de uno a dos órdenes de magnitud en los valores obtenidos. Considerando el conjunto de parámetros evaluados, la estación Mote-2 y Mote-3 muestran diferencias respecto a los rangos de referencia utilizados (NCh. 1.333), observándose situaciones sobre o bajo estos últimos en las distintas campañas realizadas. La estación Mote-3 da cuenta de valores sostenidos sobre los rangos de referencia para Sulfatos en prácticamente todas las campañas realizadas.

**Tabla 3.4-11. Resultados análisis de macroelementos, Sector Agua del Mote.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |       |         |        |          |
| Quebrada Agua del Mote  | MOTE-1               | Invierno 2014  | 76                    | 96           | 13,6  | 2,96    | 21     | 8,3      |
|                         |                      | Primavera 2014 | 27                    | 24           | 14    | 0,9     | 17,6   | 3,6      |
|                         |                      | Verano 2015    | 80                    | 35           | 22,5  | 1       | 33,3   | 8        |
|                         |                      | Otoño 2015     | 60                    | 23           | 15    | 2       | 26     | 4        |
|                         |                      | Invierno 2015  | 38                    | 34           | 12    | 11      | 8      | 4        |
|                         |                      | Primavera 2015 | 29                    | 23           | 13    | <0,1    | 15     | 3        |
|                         |                      | Verano 2016    | 59                    | 51           | 24    | 5       | 35     | 8        |
|                         |                      | Otoño 2016     | 35                    | 24           | 14    | 6       | 20     | 4        |
|                         | MOTE-2               | Invierno 2014  | 965                   | 2705         | 107,9 | 16,36   | 371    | 319,7    |
|                         |                      | Primavera 2014 | Estación Seca         |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2015    | 152                   | 299          | 88,4  | 14,2    | 101,2  | 42       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 109                   | 164          | 47    | 4       | 79     | 26       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 63                    | 94           | 18    | 29      | 64     | 20       |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca         |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2016    | 177                   | 352          | 88    | 14      | 135    | 38       |
|                         |                      | Otoño 2016     | Estación Seca         |              |       |         |        |          |
|                         | MOTE-3               | Invierno 2014  | 123                   | 34           | 22,4  | 24,6    | 48     | 16,1     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 259                   | 23066        | 114   | 33,3    | 160,6  | 1308     |
|                         |                      | Verano 2015    | 143                   | 2484         | 96,8  | 28      | 156,7  | 1192     |
|                         |                      | Otoño 2015     | 243                   | 23832        | 107   | 28      | 330    | 1242     |
|                         |                      | Invierno 2015  | 71                    | 23358        | 87    | 40      | 211    | 1119     |
|                         |                      | Primavera 2015 | 135                   | 23482        | 105   | 29      | 220    | 1568     |
|                         |                      | Verano 2016    | 120                   | 24696        | 99    | 19      | 180    | 1061     |
|                         |                      | Otoño 2016     | 174                   | 22770        | 112   | 33      | 161    | 623      |

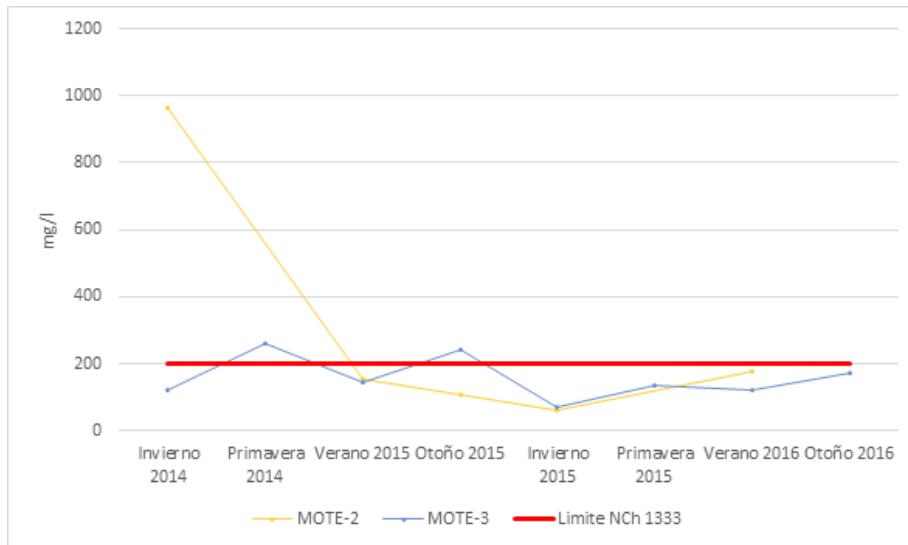
Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

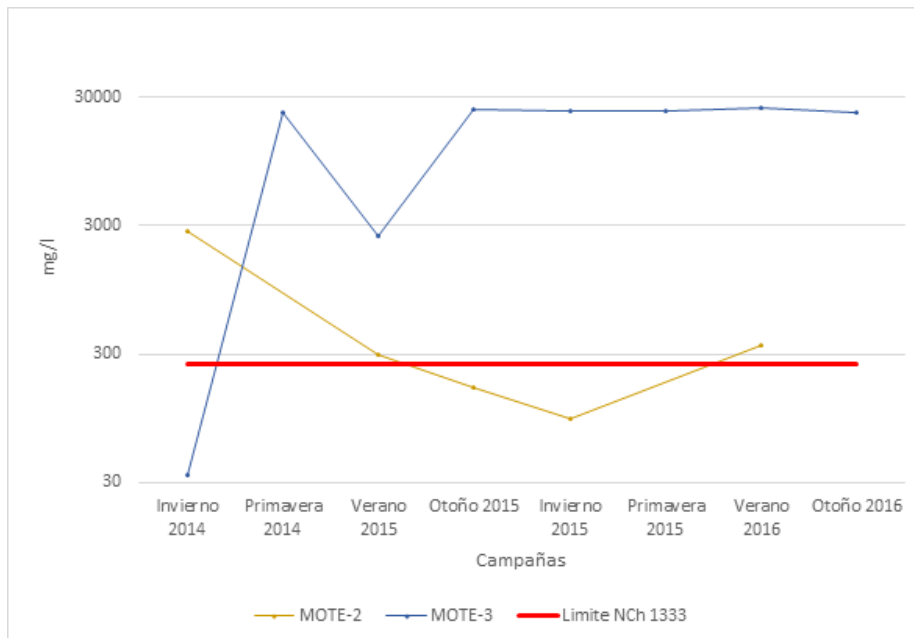
A continuación se representa gráficamente el comportamiento de los macroelementos que presentan valores por sobre los rangos de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.



**Figura 3.4-12. Valores concentración Cloruro. Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-13. Valores concentración Sulfato. Sector agua del Mote**



Los resultados obtenidos para metales (ver Tabla 3.4-12), dan cuenta de valores altos en todas las estaciones de muestreo considerando como referencia los rangos establecidos en la NCh. 1.333. Al respecto, si bien la estación Mote-1 y Mote-2, muestran resultados variables, metales como el Molibdeno (Mote-1), sumado al Boro y Manganeseo (Mote-2), son medidos constantemente en concentraciones por sobre los rangos referenciales. La estación Mote-3 por su parte, da cuenta de concentraciones elevadas de metales en Cromo, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeseo, Molibdeno y Aluminio, registrándose niveles por sobre los rangos de referencia en la mayoría de las campañas realizadas en esta estación.

**Tabla 3.4-12. Resultados análisis de metales, Sector Agua del Mote.**

| Sistema acuático       | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |       |          |        |        |        |           |           |          |          |        |
|------------------------|----------------------|----------------|---------------|-------|----------|--------|--------|--------|-----------|-----------|----------|----------|--------|
|                        |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre | Mercurio | Plomo  | Hierro | Boro   | Manganeso | Molibdeno | Aluminio | Arsénico |        |
| Límites NCh 1333       |                      | 0,1**          | 0,01**        | 0,2** | 0,001**  | 5**    | 5**    | 0,75** | 0,2**     | 0,001**   | 5**      | 0,1**    |        |
| Quebrada Agua del Mote | MOTE-1               | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01  | 0,55     | <0,001 | 0,07   | 1,29   | 0,4       | 0,91      | 0,04     | 5,93     | <0,002 |
|                        |                      | Primavera 2014 | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | 0,06   | 0,28   | 0,4       | 0,09      | 0,01     | 0,01     | 0,002  |
|                        |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | 0,11   | <0,5      | 0,237     | <0,01    | <0,05    | <0,001 |
|                        |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | <0,05  | <0,5      | 0,01      | 0,01     | 0,27     | 0,001  |
|                        |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | 0,276  | <0,5      | 0,075     | 0,043    | 0,08     | 0,002  |
|                        |                      | Primavera 2015 | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | 0,44   | <0,5      | 0,11      | 0,06     | 0,09     | <0,001 |
|                        |                      | Verano 2016    | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | 0,98   | <0,5      | 0,17      | <0,01    | 0,84     | 0,002  |
|                        | Otoño 2016           | <0,05          | <0,01         | <0,05 | <0,001   | <0,05  | 0,55   | <0,5   | 0,11      | <0,01     | 0,06     | 0,003    |        |
|                        | MOTE-2               | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01  | 0,23     | <0,001 | 0,12   | 0,2    | 1,7       | 0,13      | 0,05     | 0,93     | 0,004  |
|                        |                      | Primavera 2014 | Estación Seca |       |          |        |        |        |           |           |          |          |        |
|                        |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | 2,44   | 1,5       | 3,419     | 0,01     | 0,4      | 0,013  |
|                        |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01 | <0,05    | <0,001 | <0,05  | 0,26   | 1,6       | 0,818     | <0,01    | 0,77     | 0,005  |
|                        |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01 | 0,056    | <0,001 | 0,093  | 1,05   | 0,94      | 2,43      | 0,053    | 1,07     | 0,013  |
|                        |                      | Primavera 2015 | Estación Seca |       |          |        |        |        |           |           |          |          |        |
|                        |                      | Verano 2016    | <0,05         | <0,01 | 0,15     | <0,001 | 0,05   | 3,35   | 1         | 1,17      | 0,01     | 5,21     | 0,01   |
|                        | Otoño 2016           | Estación Seca  |               |       |          |        |        |        |           |           |          |          |        |
|                        | MOTE-3               | Invierno 2014  | 0,19          | 2,96  | 489      | <0,001 | 1,04   | 1,98   | 2,3       | 446       | 0,12     | 90       | 0,002  |
|                        |                      | Primavera 2014 | 0,22          | 2,78  | 394      | <0,001 | 1,31   | 807    | 3,7       | 439,7     | 0,08     | 2009     | 0,003  |
| Verano 2015            |                      | 0,22           | 0,3           | 569   | <0,001   | 0,94   | 700,2  | <0,5   | 484,73    | 0,05      | 1946,8   | 0,006    |        |

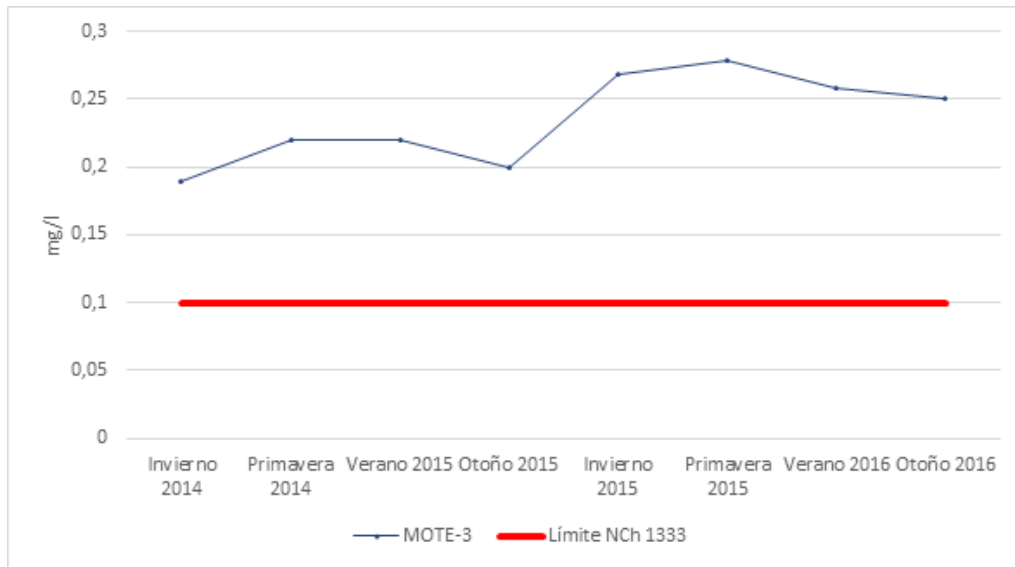
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |        |       |          |       |        |        |           |           |          |          |
|------------------|----------------------|----------------|--------|-------|----------|-------|--------|--------|-----------|-----------|----------|----------|
|                  |                      | Cromo total    | Cadmio | Cobre | Mercurio | Plomo | Hierro | Boro   | Manganeso | Molibdeno | Aluminio | Arsénico |
| Límites NCh 1333 |                      | 0,1**          | 0,01** | 0,2** | 0,001**  | 5**   | 5**    | 0,75** | 0,2**     | 0,001**   | 5**      | 0,1**    |
|                  | Otoño 2015           | 0,2            | 3,18   | 524   | <0,001   | <0,05 | 760,64 | <0,5   | 461,954   | 0,06      | 2665     | 0,005    |
|                  | Invierno 2015        | 0,268          | 3      | 353   | <0,001   | <0,05 | 548    | <0,5   | 483       | 0,118     | 2255     | 0,005    |
|                  | Primavera 2015       | 0,279          | <0,01  | 404   | <0,001   | <0,05 | 722    | <0,5   | 490       | 0,101     | 2069     | 0,004    |
|                  | Verano 2016          | 0,258          | 1,92   | 638   | <0,001   | <0,05 | 696    | <0,5   | 414       | 0,09      | 2408     | 0,01     |
|                  | Otoño 2016           | 0,25           | 1,99   | 409   | <0,001   | <0,05 | 735    | 1,53   | 462       | 0,061     | 2131     | 0,01     |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

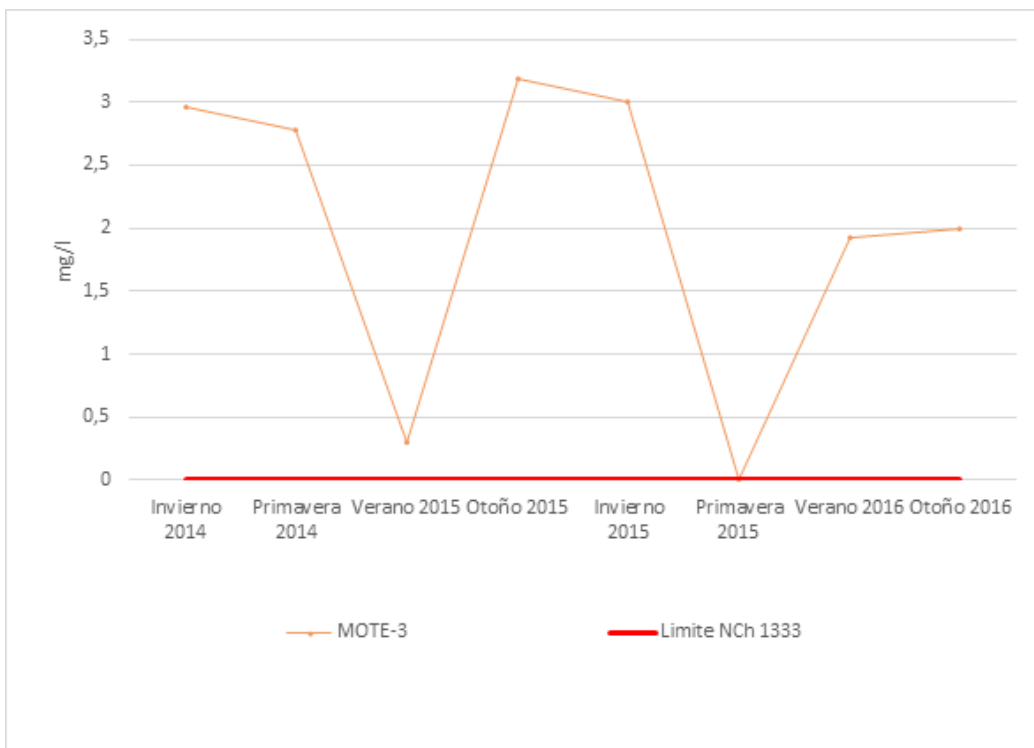
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre los rangos de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

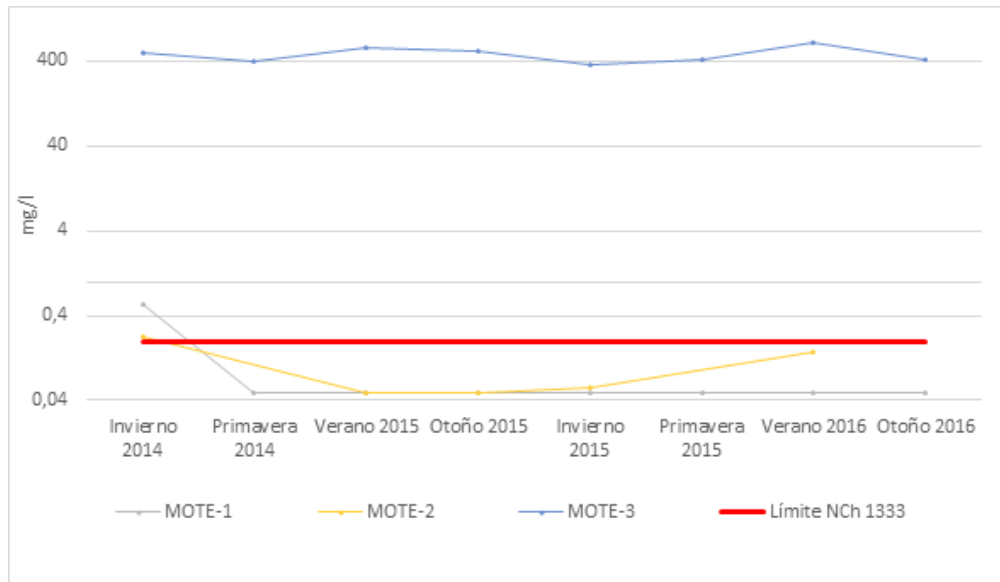
**Figura 3.4-14. Valores concentración Cromo. Sector agua del Mote**



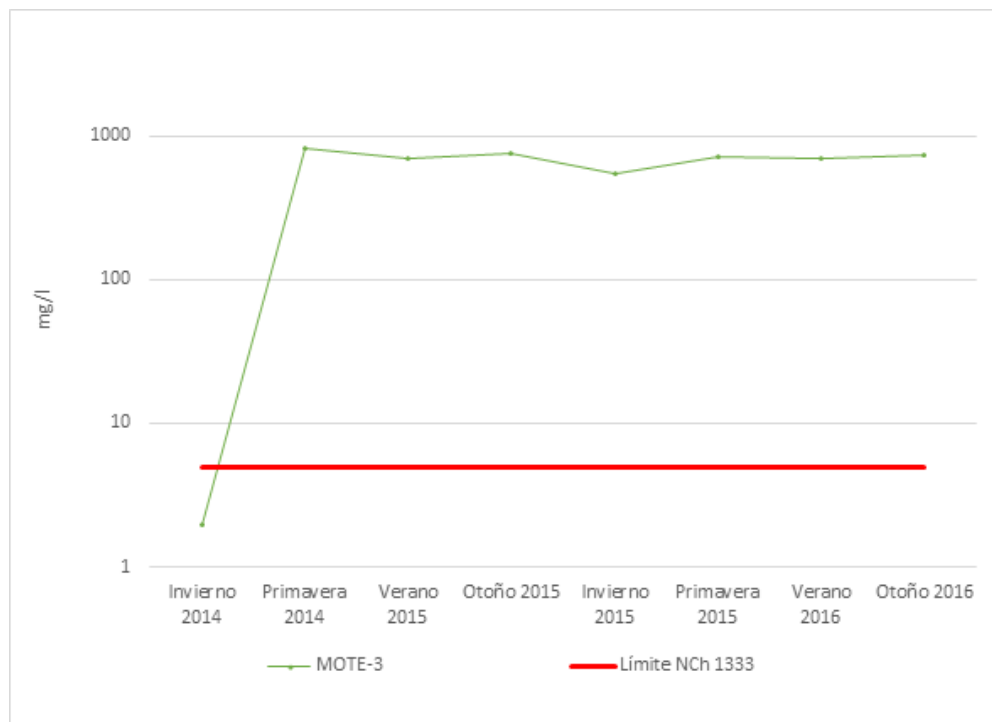
**Figura 3.4-15. Valores concentración Cadmio. Sector agua del Mote**



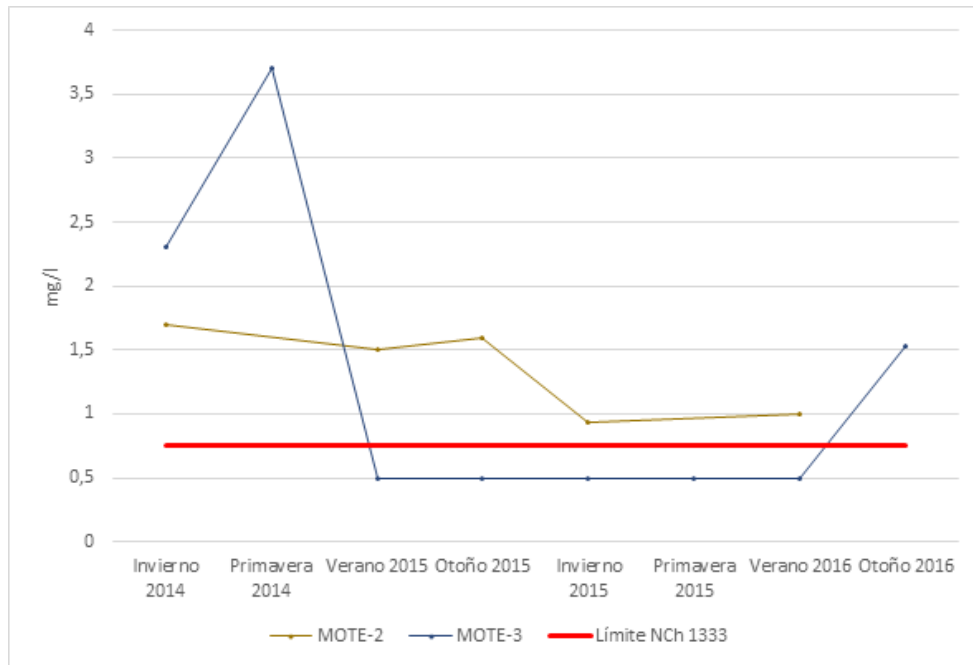
**Figura 3.4-16. Valores concentración Cobre. Sector agua del Mote**



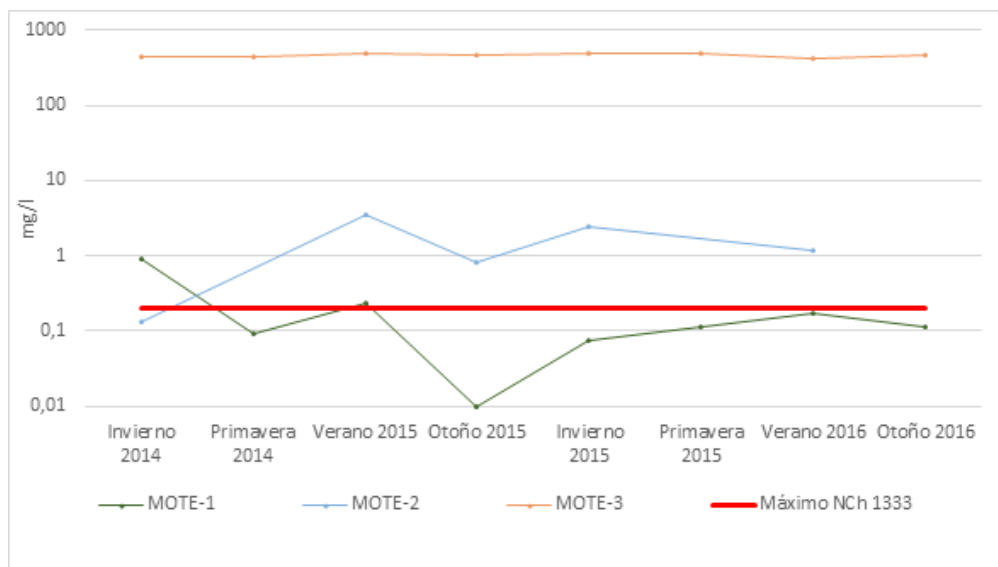
**Figura 3.4-17. Valores concentración Hierro. Sector agua del Mote**



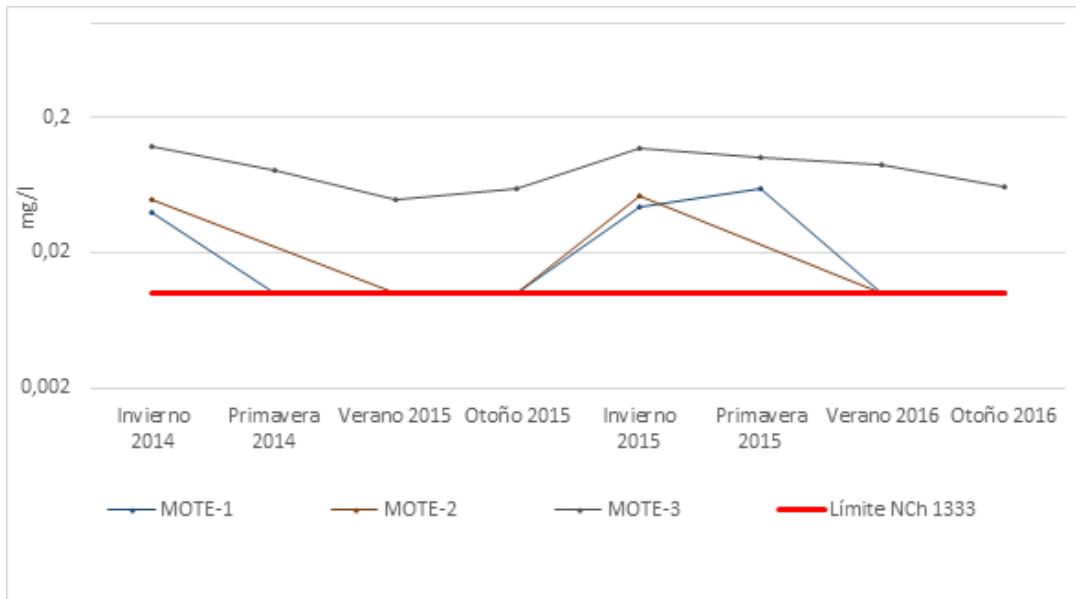
**Figura 3.4-18. Valores concentración Boro. Sector agua del Mote**



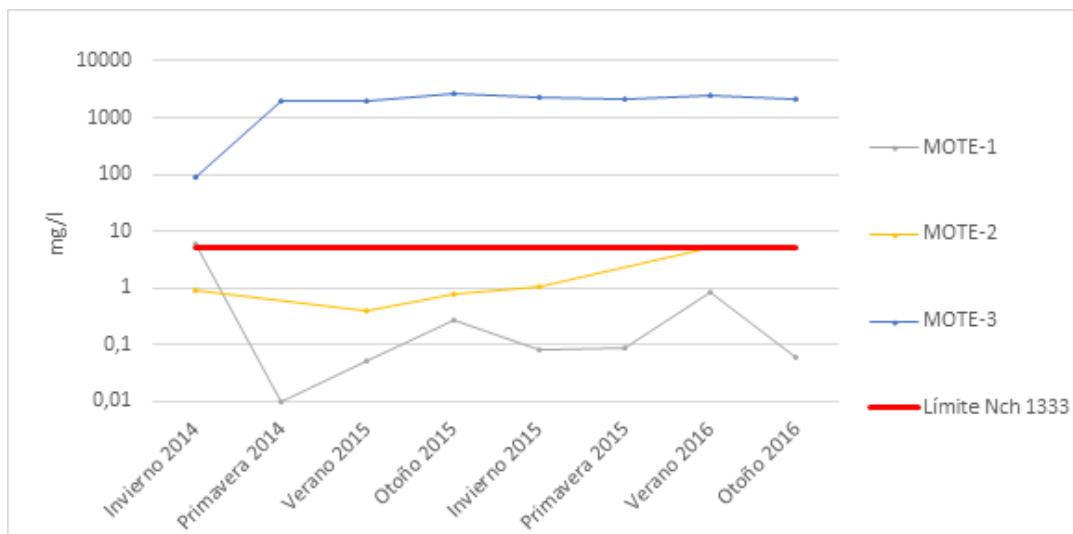
**Figura 3.4-19. Valores concentración Manganeseo. Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-20. Valores concentración Molibdeno. Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-21. Valores concentración Aluminio. Sector agua del Mote**



Los resultados obtenidos para parámetros orgánicos y otros (ver Tabla 3.4-13), dan cuenta de niveles que en general se mantienen constantes entre las campañas, salvo para los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO, los cuales varían en todas las estaciones de este sector, observándose los mayores cambios en la estación Mote-3.

**Tabla 3.4-13. Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Agua del Mote.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|--|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |  |
| Quebrada Agua del Mote  | MOTE -1              | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 8,1                          |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 13   | 28       | <0,5             | 130                          | 130                          |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 16       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 11       | <0,5             | 2                            | 2                            |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 16       | <0,5             | 33                           | 700                          |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 14       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         | MOTE -2              | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | 21   | 49       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 10                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 14   | 29       | <0,5             | 7900                         | 49000                        |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 16       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 14       | <0,5             | <1,8                         | 4,5                          |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 16       | <0,5             | 130                          | 3300                         |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         | MOTE -3              | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | 25   | 180      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 367  | 538      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 688  | 1072     | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 11   | 40       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | 37                    | 20                         | 20                       | <0,05                        | 12   | 36       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 45   | 55       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 280  | 586      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |

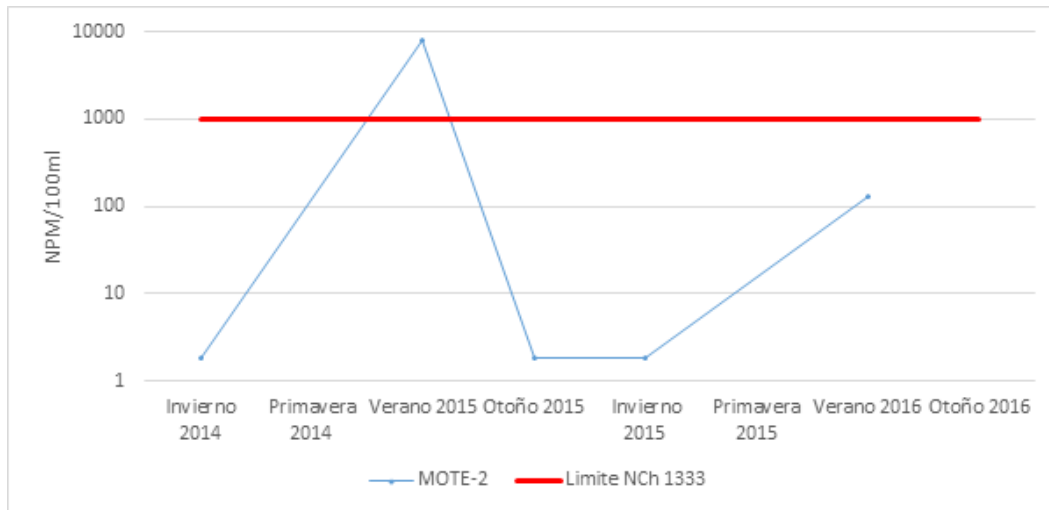
Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos compuestos orgánicos que presentan valores por sobre los rangos de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.



**Figura 3.4-22. Valores concentración Coliformes fecales. Sector agua del Mote.**



Las mediciones de clorofila (ver Tabla 3.4-14), dan cuenta de valores similares que se mantienen relativamente constantes entre las campañas de muestreo. Sólo se aprecian algunas variaciones importantes en Mote-1 y Mote-2, en las campañas de muestreo realizadas en los meses de otoño 2015 e invierno 2014, respectivamente, y que podrían corresponder a situaciones puntuales producto del bajo nivel y desplazamiento de aguas durante esas estaciones.

**Tabla 3.4-14. Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Agua del Mote.**

| Sistema acuático       | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/L |
|------------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
| Quebrada Agua del Mote | MOTE-1               | Invierno 2014  | 2,21                       |
|                        |                      | Primavera 2014 | 3,39                       |
|                        |                      | Verano 2015    | 1,01                       |
|                        |                      | Otoño 2015     | 73,13                      |
|                        |                      | Invierno 2015  | 1,72                       |
|                        |                      | Primavera 2015 | 4,44                       |
|                        |                      | Verano 2016    | 5,53                       |
|                        |                      | Otoño 2016     | 7,23                       |
|                        | MOTE-2               | Invierno 2014  | 23,45                      |
|                        |                      | Primavera 2014 | ES                         |
|                        |                      | Verano 2015    | 3,29                       |
|                        |                      | Otoño 2015     | 1,02                       |
|                        |                      | Invierno 2015  | 2,04                       |
|                        |                      | Primavera 2015 | ES                         |
|                        |                      | Verano 2016    | 0                          |
|                        |                      | Otoño 2016     | ES                         |
|                        | MOTE-3               | Invierno 2014  | 0,73                       |
|                        |                      | Primavera 2014 | 7,58                       |
|                        |                      | Verano 2015    | 4,41                       |

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/L |
|------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
|                  |                      | Otoño 2015     | 5,36                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,55                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 8,16                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 0                          |
|                  |                      | Otoño 2016     | 3,82                       |

ES: Estación Seca

Fuente: Elaboración Propia.

a.5) Sedimentos

El análisis ANOSIM evidenció que hay diferencia entre las estaciones de muestreo (R:0,156; 0,008) el análisis pareado no mostró diferencias entre MOTE-1/MOTE-2. El análisis ANOSIM que comparó las temporadas de desarrollo de las campañas mostró diferencias entre ellas (R: 0,168; p: 0,01), el análisis *a posteriori* mostró diferencias entre Invierno/Primavera, Invierno/Verano, Primavera/Otoño.

Los valores de metales en sedimentos (ver Tabla 3.4-15) dan cuenta de niveles que varían entre las campañas en uno o dos órdenes de magnitud, no siendo constante en la mayoría de las estaciones. Considerando los valores de referencia (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), se registran valores elevados para Arsénico y Cobre (En estación Mote-3), y de manera ocasional, para Mercurio en todas las estaciones durante la campaña de invierno 2015.

**Tabla 3.4-15. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Agua del Mote.**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |        |         |      |            |         |            |           |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------|--------|---------|------|------------|---------|------------|-----------|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico  | Bario  | Berilio | Boro | Cadmio     | Cobalto | Cobre      | Cromo     |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | <b>17</b> |        |         |      | <b>3,5</b> |         | <b>197</b> | <b>90</b> |
| Q. Agua del Mote      | MOTE1                | Invierno 2014  | 962                           | 2,78      | 88     | < 0,05  | 38   | 0,6        | 5,8     | 77         | 6,9       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 5801                          | 2,46      | 68     | 0,64    | 39   | 0,5        | 8,1     | 80         | 6,5       |
|                       |                      | Verano 2015    | 4112                          | 36,4      | 102    | 0,2     | 33   | 1          | 10      | 306        | 6,5       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6166                          | 19,8      | 111    | 0,2     | < 1  | 0,5        | 6,3     | 89         | 5,8       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3785                          | 19,7      | 80     | 0,2     | 15   | 0,3        | 5,4     | 44         | 3,9       |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4140                          | 10        | 0      | 0       | 0    | 0,59       | 4,97    | 105        | 15        |
|                       |                      | Verano 2016    | 9425                          | 1,29      | 151,9  | < 0,1   | <0,5 | 1,2        | 8,5     | 98,4       | 30,2      |
|                       |                      | Otoño 2016     | 5868                          | 0,67      | 125,02 | 0,39    | <0,5 | 0,55       | 9,26    | 93,8       | 10,47     |
|                       | MOTE3                | Invierno 2014  | 957                           | 0,17      | 24     | < 0,05  | 158  | 1,1        | 4,7     | 1805       | 1,4       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 46315                         | 0,11      | 33     | 0,41    | 49   | 1,5        | 9,6     | 1316       | 5,4       |

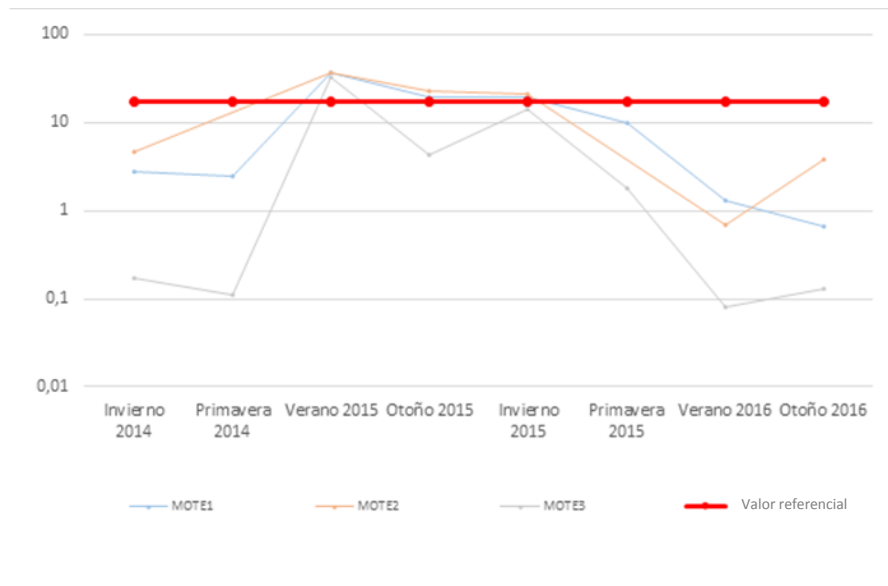
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |    |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|----|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |    |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | 17       |       |         |      |        | 3,5     |       | 197   | 90 |
|                       |                      | Verano 2015    | 5672                          | 32       | 43    | 0,2     | 69   | 4,6    | 19,3    | 3857  | 2,6   |    |
|                       |                      | Otoño 2015     | 3730                          | 4,3      | 19    | 0,1     | < 1  | 0,6    | 3,5     | 648   | 1,4   |    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2872                          | 14,4     | 20    | < 0,1   | 33   | 0,5    | 3,2     | 376   | 0,8   |    |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4872                          | 1,8      | 29,8  | 0       | 0    | 3      | 5,69    | 49,7  | 49,7  |    |
|                       |                      | Verano 2016    | 6949                          | 0,08     | 55,5  | < 0,1   | <0,5 | 1,18   | 5,05    | 1510  | 23,8  |    |
|                       |                      | Otoño 2016     | 4857                          | 0,13     | 22,4  | 0,15    | <0,5 | 1,46   | 11,5    | 1283  | 3,9   |    |
|                       | MOTE2                | Invierno 2014  | 911                           | 4,64     | 94    | < 0,05  | 85   | 1,0    | 5,7     | 71    | 4,5   |    |
|                       |                      | Primavera 2014 | Estación Seca                 |          |       |         |      |        |         |       |       |    |
|                       |                      | Verano 2015    | 2840                          | 36,1     | 102   | 0,6     | 27   | 1,8    | 1,01    | 119   | 6,5   |    |
|                       |                      | Otoño 2015     | 1780                          | 22,6     | 74    | 0,2     | < 1  | 1      | 5,6     | 42    | 1,2   |    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2134                          | 20,8     | 66    | < 0,1   | 12   | 0,8    | 4,5     | 53    | 1,5   |    |
|                       |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                 |          |       |         |      |        |         |       |       |    |
|                       |                      | Verano 2016    | 5389                          | 0,68     | 78,1  | < 0,1   | <0,5 | 1,18   | 5,8     | 67,5  | 18,8  |    |
|                       |                      | Otoño 2016     | 3906                          | 3,8      | 66    | 0,33    | <0,5 | 0,93   | 8,3     | 65    | 3,8   |    |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre los rangos referenciales establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

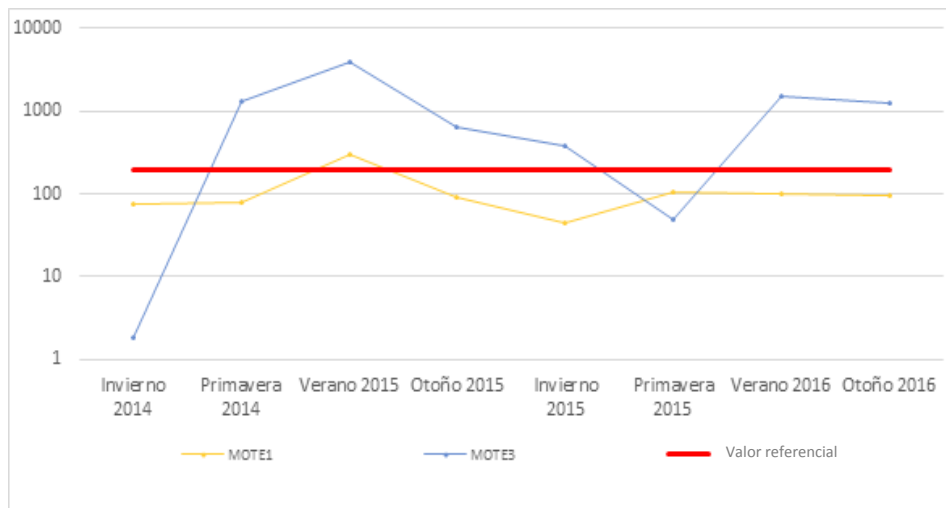
**Figura 3.4-23. Valores concentración Arsénico (mg/Kg). Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-24. Valores concentración Cadmio (mg/Kg). Sector agua del Mote**



**Figura 3.4-25. Valores concentración Cobre (mg/Kg). Sector agua del Mote.**



**Tabla 3.4-16. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Agua del Mote.**

|                             |                      |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) (2) |          |           |              |           |        |       |             |         |            |
|-----------------------------|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------------|---------|------------|
| Cuerpo de agua              | Estación de Muestreo |                | Hierro                            | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo       | Vanadio | Zinc       |
| <b>Peligro biota (PEL)*</b> |                      |                |                                   |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       | <b>91,3</b> |         | <b>315</b> |
| Q. Agua del Mote            | MOTE1                | Invierno 2014  | 6341                              | 2.270    | 419       | 0,02         | 2,2       | 4,4    | < 1   | 26,8        | 24      | 46,5       |
|                             |                      | Primavera 2014 | 10332                             | 1789     | 485       | 0,02         | 3,7       | 2,7    | <1    | 28,9        | 30      | 51         |
|                             |                      | Verano 2015    | 9236                              | 2280     | 954       | 0,03         | 5,4       | 6,4    | < 1   | 27,3        | 36      | 52         |
|                             |                      | Otoño 2015     | 5773                              | 2862     | 267       | 0,02         | 1,4       | 4,6    | < 1   | 20,5        | 27      | 42         |
|                             |                      | Invierno 2015  | 4140                              |          | 520       | 5,6          | 0,4       | 3,8    | < 1   | 18,7        | 12      | 36         |
|                             |                      | Primavera 2015 | 6548                              |          | 259       | 0,007        | 1,19      | 24     | 0     | 20          | 22      | 43         |
|                             |                      | Verano 2016    | 16192                             |          | 517       | <0,001       | 1,4       | 6,38   | < 1   | 27,8        | 41,6    | 61,8       |
|                             |                      | Otoño 2016     | 17624                             |          | 752,9     | 0,028        | 1,98      | 4,53   | < 1   | 24,8        | 0,99    | 86,2       |
|                             | MOTE3                | Invierno 2014  | 10230                             | 2.187    | 192       | < 0,02       | 92,8      | 1,7    | < 1   | 11,1        | 58      | 52,7       |
|                             |                      | Primavera 2014 | 46315                             | 2174     | 327       | 0,01         | 2,4       | 1,1    | 1,8   | 11,2        | 46      | 75         |
|                             |                      | Verano 2015    | 17435                             | 4680     | 930       | 0,04         | 272,4     | 5,6    | < 1   | 17,7        | 25      | 108        |
|                             |                      | Otoño 2015     | 5898                              | 1635     | 161       | 0,02         | 75        | 1,8    | < 1   | 9,9         | 13      | 47         |
|                             |                      | Invierno 2015  | 4948                              |          | 143       | 6,3          | 11,5      | 1,5    | < 1   | 11,8        | 12      | 39         |
|                             |                      | Primavera 2015 | 13191                             |          | 214       | 0,19         | 73,5      | 21,6   | 0     | 20,6        | 34,2    | 84,3       |
|                             |                      | Verano 2016    | 16523                             |          | 176       | 0,003        | 145,3     | 2,4    | < 1   | 17,9        | 5,2     | 64         |
| Otoño 2016                  |                      | 27710          |                                   | 361,06   | 0,062     | 139,2        | 1,38      | < 1    | 15,8  | <0,5        | 68,8    |            |
| MOTE2                       | Invierno 2014        | 6541           | 3051                              | 943      | 0,02      | 2,6          | 4,3       | < 1    | 53,2  | 25          | 88,8    |            |

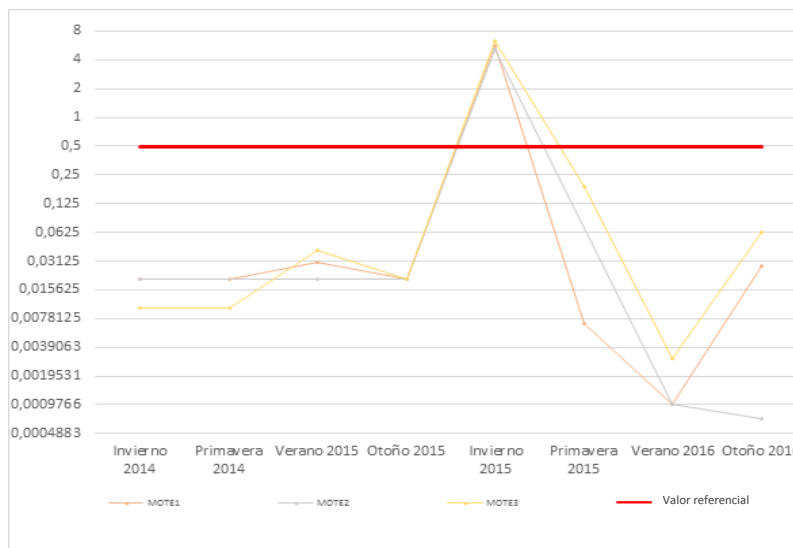
|                      |                      |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) (2) |          |           |          |           |        |       |       |         |      |
|----------------------|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|--------|-------|-------|---------|------|
| Cuerpo de agua       | Estación de Muestreo |                | Hierro                            | Magnesio | Manganeso | Mercurio | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio | Zinc |
| Peligro biota (PEL)* |                      |                |                                   |          |           | 0,486    |           |        |       | 91,3  |         | 315  |
|                      |                      | Primavera 2014 | Estación Seca                     |          |           |          |           |        |       |       |         |      |
|                      |                      | Verano 2015    | 9521                              | 2198     | 952       | 0,02     | 5,4       | 6,4    | < 1   | 27,2  | 36      | 57   |
|                      |                      | Otoño 2015     | 3392                              | 1301     | 1097      | 0,02     | 0,8       | 2,4    | < 1   | 23,4  | 9       | 48   |
|                      |                      | Invierno 2015  | 3356                              |          | 1119      | 5,1      | < 0,05    | 2,7    | < 1   | 29,9  | 8       | 72   |
|                      |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                     |          |           |          |           |        |       |       |         |      |
|                      |                      | Verano 2016    | 12506                             |          | 863       | <0,001   | 0,79      | 3,68   | < 1   | 54,1  | 24,2    | 107  |
|                      |                      | Otoño 2016     | 12469                             |          | 1569      | 0,0007   | 1         | 5      | < 1   | 97,4  | 24,8    | 125  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre los rangos establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-26. Valores concentración Mercurio. Sector agua del Mote**



Los compuestos orgánicos en sedimentos, muestran frecuentemente valores bajo el límite de detección, observándose algunas variaciones entre campañas. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total en las estaciones Mote-2 y Mote-3, particularmente en las campañas de invierno y primavera 2015.

**Tabla 3.4-17. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Agua del Mote.**

| Detalle por quebrada       | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |      |
|----------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                            |                      | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota (PEL)</b> |                      | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
| Q. Agua del Mote           | MOTE1                | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                            |                      | Primavera 2014               | 0,23                    | <0,1                | <50  |
|                            |                      | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | <50  |
|                            |                      | Otoño 2015                   | 2,61                    | < 0,1               | < 50 |
|                            |                      | Invierno 2015                | < 0,01                  | < 0,1               | 11   |
|                            |                      | Primavera 2015               | < 0,01                  | 0                   | 5    |
|                            |                      | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                            |                      | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |
|                            | MOTE3                | Invierno 2014                | 0,52                    | < 0,1               | < 50 |
|                            |                      | Primavera 2014               | <0,01                   | <0,1                | <50  |
|                            |                      | Verano 2015                  | 0,13                    | < 50                | <50  |
|                            |                      | Otoño 2015                   | < 0,01                  | < 0,1               | < 50 |
|                            |                      | Invierno 2015                | 27200                   | 0,23                | 27   |
|                            |                      | Primavera 2015               | 2200                    | 0                   | 17   |
|                            |                      | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                            |                      | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |
|                            | MOTE2                | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                            |                      | Primavera 2014               | Estación Seca           |                     |      |
|                            |                      | Verano 2015                  | 0,14                    | < 50                | <50  |
|                            |                      | Otoño 2015                   | 9,8                     | < 0,1               | < 50 |
|                            |                      | Invierno 2015                | 48400                   | < 0,1               | 47   |
|                            |                      | Primavera 2015               | Estación Seca           |                     |      |
|                            |                      | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                            |                      | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, los análisis de granulometría (Tabla 3.4-18) indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, con alguna fracción de Limo grueso en casi todas las estaciones de muestreo de este sector.

**Tabla 3.4-18. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Agua del Mote.**

| Área de muestreo | Sistema acuático | Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |       |             |       |  |  |
|------------------|------------------|----------|---------------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|--|--|
|                  |                  |          |                     | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |       |  |  |
|                  |                  |          | Unidad medida       | % Retención             |       |       |            |       |       |       |             |       |  |  |
|                  |                  |          | Apertura Malla (mm) | 2                       | 1     | 0,5   | 0,25       | 0,125 | 0,088 | 0,074 | 0,063       | 0,044 |  |  |
| Mina             | Q. Agua del Mote | MOTE1    | Invierno 2014       | 17,48                   | 5,43  | 5,67  | 6,22       | 10,51 | -     | -     | -           | 11,28 |  |  |
|                  |                  |          | Primavera 2014      | 6,33                    | 6,75  | 6,98  | 7,84       | 15,63 |       |       |             | 5,67  |  |  |
|                  |                  |          | Verano 2015         | 32,56                   | 16,29 | 12,9  | 8,14       | 13,61 |       |       |             | 16,24 |  |  |
|                  |                  |          | Otoño 2015          | 16,11                   | 6,23  | 11,96 | 19,18      | 29,58 |       |       |             | 15,5  |  |  |
|                  |                  |          | Invierno 2015       | 8,04                    | 1,81  | 1,79  | 3,77       | 6,55  |       |       | 12,58       |       |  |  |
|                  |                  |          | Primavera 2015      | 30,05                   | 6,25  | 4,82  | 7,57       | 11,39 |       |       | 5,04        |       |  |  |
|                  |                  |          | Verano 2016         | 52,55                   | 5,85  | 4,11  | 5,94       | 6,36  |       |       | 8,94        |       |  |  |
|                  |                  |          | Otoño 2016          | 40,39                   | 4,74  | 4,19  | 6,53       | 8,5   |       |       | 11,33       |       |  |  |
|                  |                  | MOTE3    | Invierno 2014       | 20,03                   | 6,45  | 8,62  | 8,61       | 10,09 | -     | -     | -           | 10,35 |  |  |
|                  |                  |          | Primavera 2014      | 34,76                   | 15    | 10,79 | 7,61       | 7,46  |       |       |             | 1,24  |  |  |
|                  |                  |          | Verano 2015         | 42,35                   | 15,45 | 17,78 | 12,48      | 8,63  |       |       |             | 3,23  |  |  |
|                  |                  |          | Otoño 2015          | 35,81                   | 22,18 | 14,26 | 9,37       | 14,71 |       |       |             | 1,65  |  |  |
|                  |                  |          | Invierno 2015       | 52,87                   | 20,67 | 14,33 | 7,58       | 3,84  |       |       | 0,29        |       |  |  |
|                  |                  |          | Primavera 2015      | 1,1                     | 2,69  | 5,34  | 8,73       | 13    |       |       | 10          |       |  |  |
|                  |                  |          | Verano 2016         | 24,93                   | 14,22 | 14,47 | 22,34      | 15,86 |       |       | 8,49        |       |  |  |
|                  |                  |          | Otoño 2016          | 27,02                   | 10,83 | 12,01 | 16,87      | 11,81 |       |       | 6,36        |       |  |  |
|                  |                  | MOTE2    | Invierno 2014       | 20,79                   | 10,7  | 8,88  | 6,44       | 7,99  | -     | -     | -           | 8,99  |  |  |
|                  |                  |          | Primavera 2014      | Estación Seca           |       |       |            |       |       |       |             |       |  |  |
|                  |                  |          | Verano 2015         | 26,38                   | 14,67 | 22    | 19,79      | 14,7  |       |       |             | 2,20  |  |  |
|                  |                  |          | Otoño 2015          | 63,64                   | 15,64 | 13,08 | 3,99       | 2,46  |       |       |             | 0,74  |  |  |
|                  |                  |          | Invierno 2015       | 52,39                   | 13,62 | 9,64  | 6,73       | 3,7   |       |       | 0,17        |       |  |  |
|                  |                  |          | Primavera 2015      | Estación Seca           |       |       |            |       |       |       |             |       |  |  |
|                  |                  |          | Verano 2016         | 32,41                   | 29,07 | 17,73 | 8,98       | 4,04  |       |       | 2,68        |       |  |  |
|                  |                  |          | Otoño 2016          | 40,33                   | 19,97 | 21,56 | 12,34      | 2,74  |       |       | 0,97        |       |  |  |

Fuente: Elaboración Propia.



## a.6) Biota acuática

- Macrófitas

Sólo se registró la presencia (<5% de cobertura) de *Ranunculus uniflorus* en la estación Mote-1, durante verano y otoño de 2016 .

- Fitobentos

La abundancia en este sector registró diferencias entre las estaciones, observándose en general que los menores valores corresponden a la estación Mote-2, con la excepción de la campaña de otoño, mientras que en general los mayores valores se registraron en Mote-3, con la excepción de la campaña de Verano.

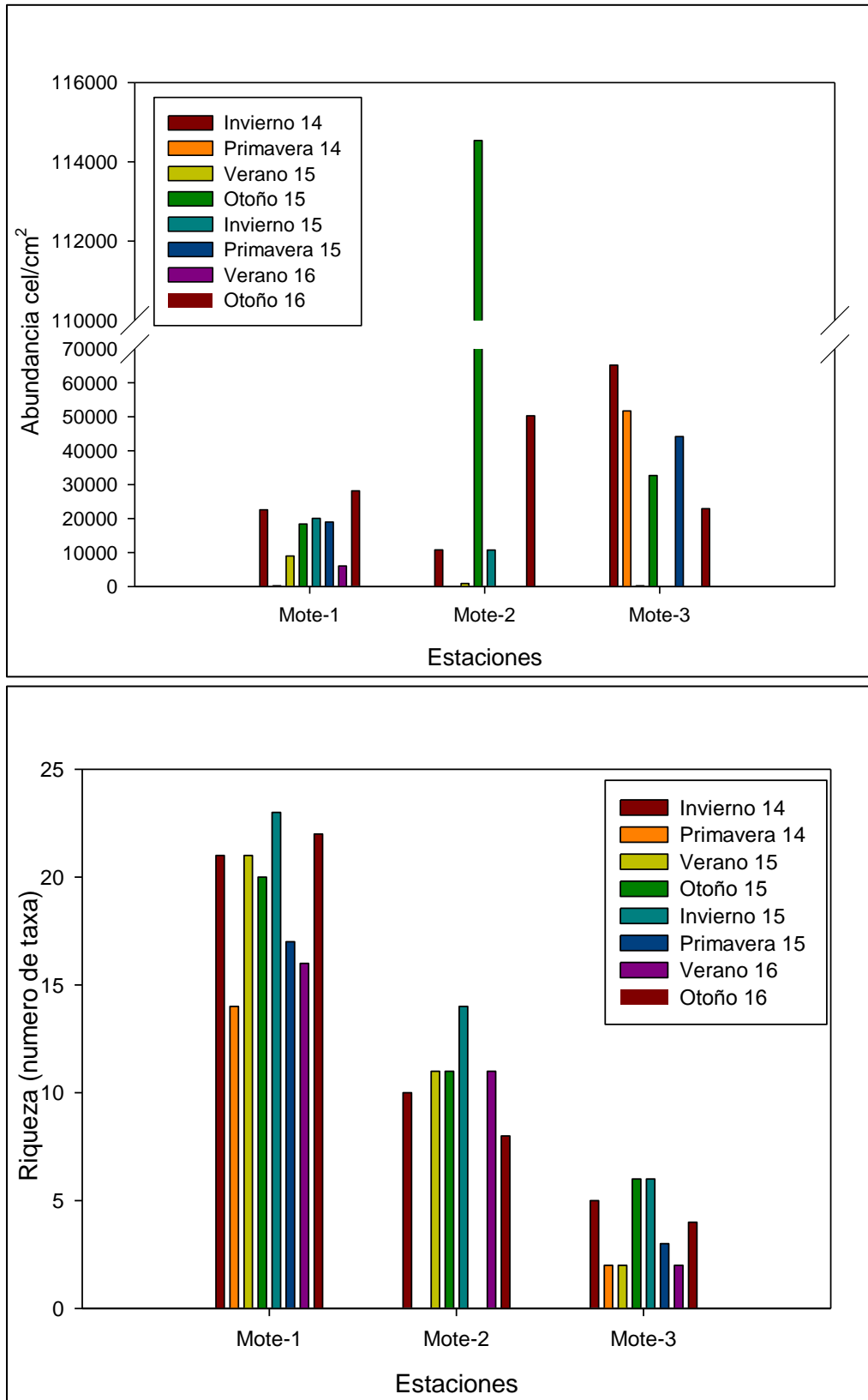
La riqueza fue mayor para la estación Mote-1 y menor para la estación Mote-3 y no mostró grandes cambios entre campañas. De igual forma, la diversidad en general fue mayor en la estación Mote-1, y mucho menor en la estación Mote-3.

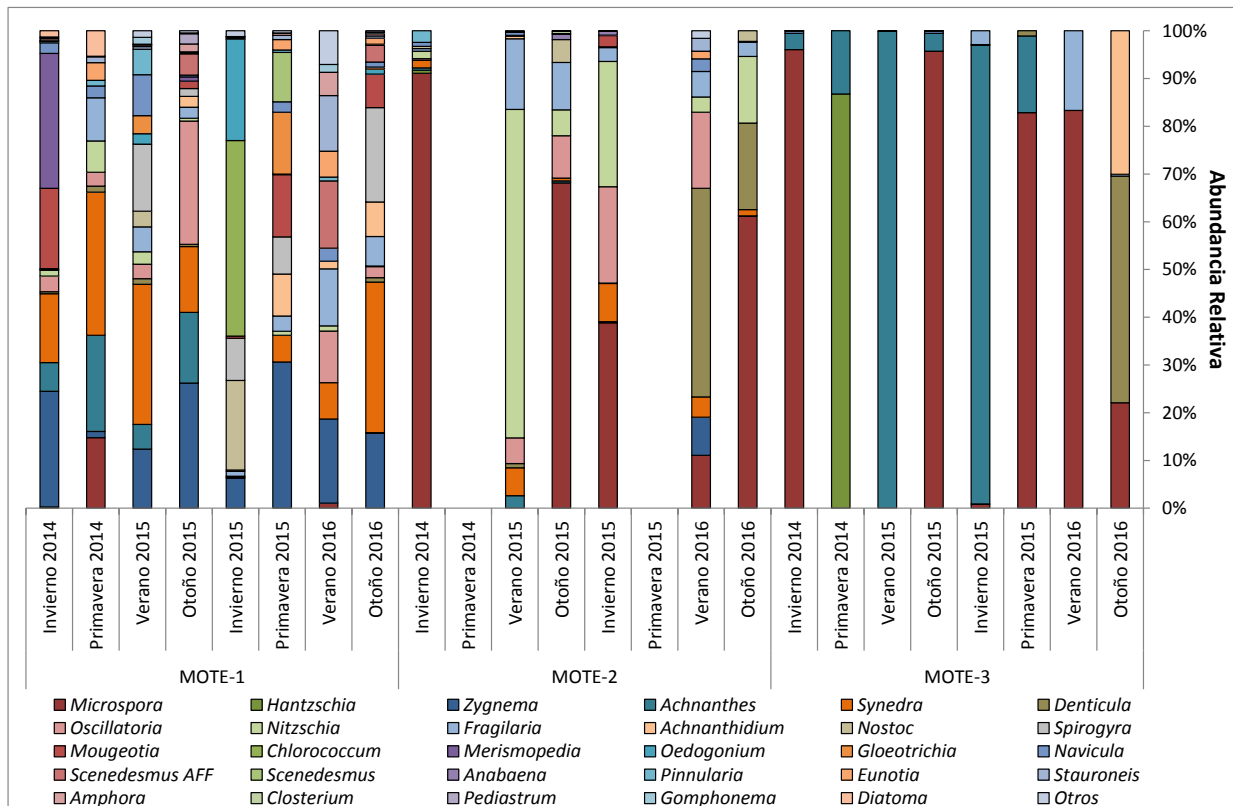
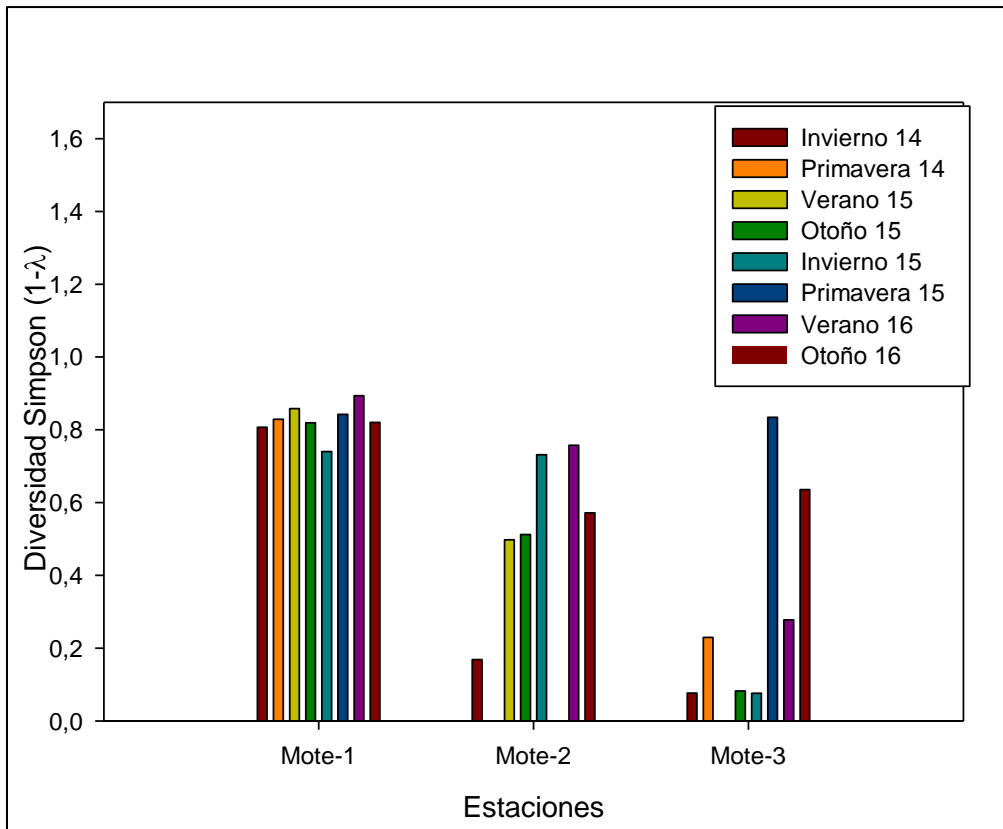
El análisis ANOSIM, mostró diferencias entre las estaciones de muestreo (R: 0,406, p: 0,001), aunque el análisis *a posteriori* no logro diferenciar significativamente a la estación MOTE-2 respecto de MOTE-3. La comparación entre las distintas estaciones del año (campañas) no mostró diferencias entre ellas (R:0,039, p: 0,304).

El taxa dominante en el sector correspondió a *Microspora*, seguido de *Hantzschia*.

Para la estación MOTE-1 se observó una comunidad diversa sin amplias dominancias, mientras que para MOTE-2, observamos una dominancia de *Microspora* durante otoño e invierno y una dominancia *Nitzschia* durante Verano 2015. Para MOTE-3 vemos una dominancia alternada entre campañas, principalmente entre los taxa *Achnantes*, *Microspora* y *Hantzschia*.

**Figura 3.4-27. Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Agua del Mote**





Fuente: Elaboración propia

- Fitoplancton

La abundancia de fitoplancton tuvo su máximo en la estación MOTE-1, durante la campaña de Otoño, los mínimos fueron encontrados en la estación MOTE-3, durante Verano e Invierno

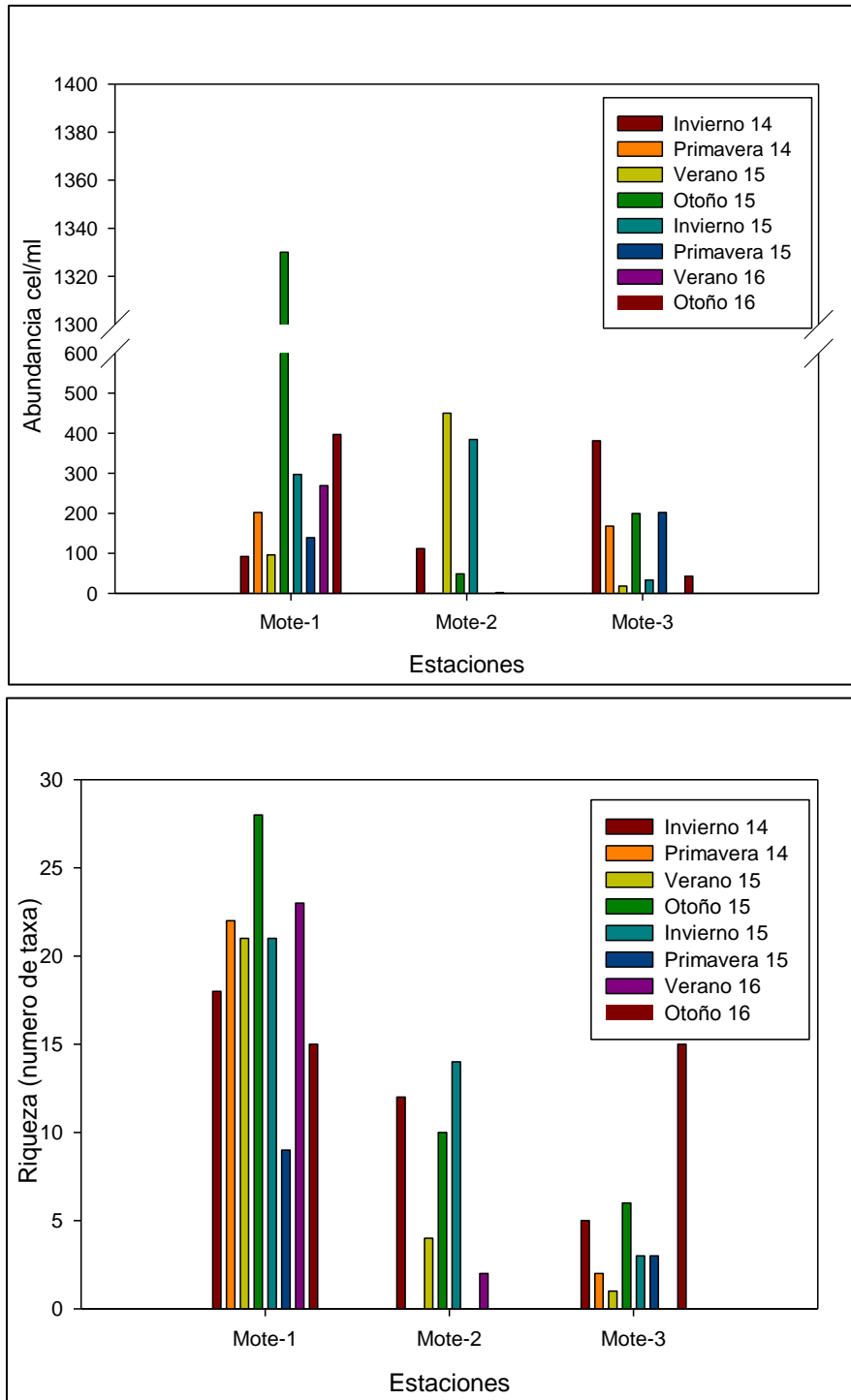
La riqueza de fitoplancton en este sector en general fue mayor para la estación MOTE-1, mientras que para MOTE-3 se registraron los valores menores.

Los valores de diversidad en general fueron altos para las estaciones MOTE-1 y MOTE-2, con la excepción de MOTE-2 en Verano; La estación MOTE-3 mostró valores bajos de diversidad.

El análisis ANOSIM mostró diferenciación entre las estaciones de muestreo (R: 0,274; p: 0,002), y el análisis *a posteriori* mostro diferencias significativas entre casi todos los pares de estaciones exceptuando MOTE-2/MOTE-3. El análisis entre las campañas de muestreo, mostró que no existen diferencias entre las mismas (R: -0,085; p: 0,912).

Los taxa más abundantes en el sector corresponden a *Denticula* y *Nitzschia*. Para la estación MOTE-1 en general no se observó una dominancia clara durante las campañas, con la excepción de primavera de 2015 donde dominó *Denticula*, para la estación MOTE-2 el taxa *Nitzschia* estuvo dentro de los dominantes en todas las campañas, mientras que en MOTE-3 la dominancia recayó en *Achnantes*, *Denticula*, y *Microspora* dependiendo de la campaña.

**Figura 3.4-28. Variables comunitarias de fitoplancton en Quebrada Agua del Mote.**





De acuerdo a los resultados obtenidos para los distintos descriptores comunitarios, se observan valores heterogéneos para las tres estaciones de muestreo, no obstante los índices de diversidad obtenidos tienden a ser constantes entre las campañas, salvo monitoreos puntuales en donde se generan bajas significativas derivadas posiblemente de las condiciones de la estación al momento de realizar el muestreo.

Dado lo anterior, no se distinguen o describen patrones en las estaciones muestreadas, aunque los datos podrían sugerir levemente que las estaciones de otoño e invierno serían más favorables para encontrar una mayor riqueza y abundancia en la comunidad de fitoplancton.

- Zoobentos

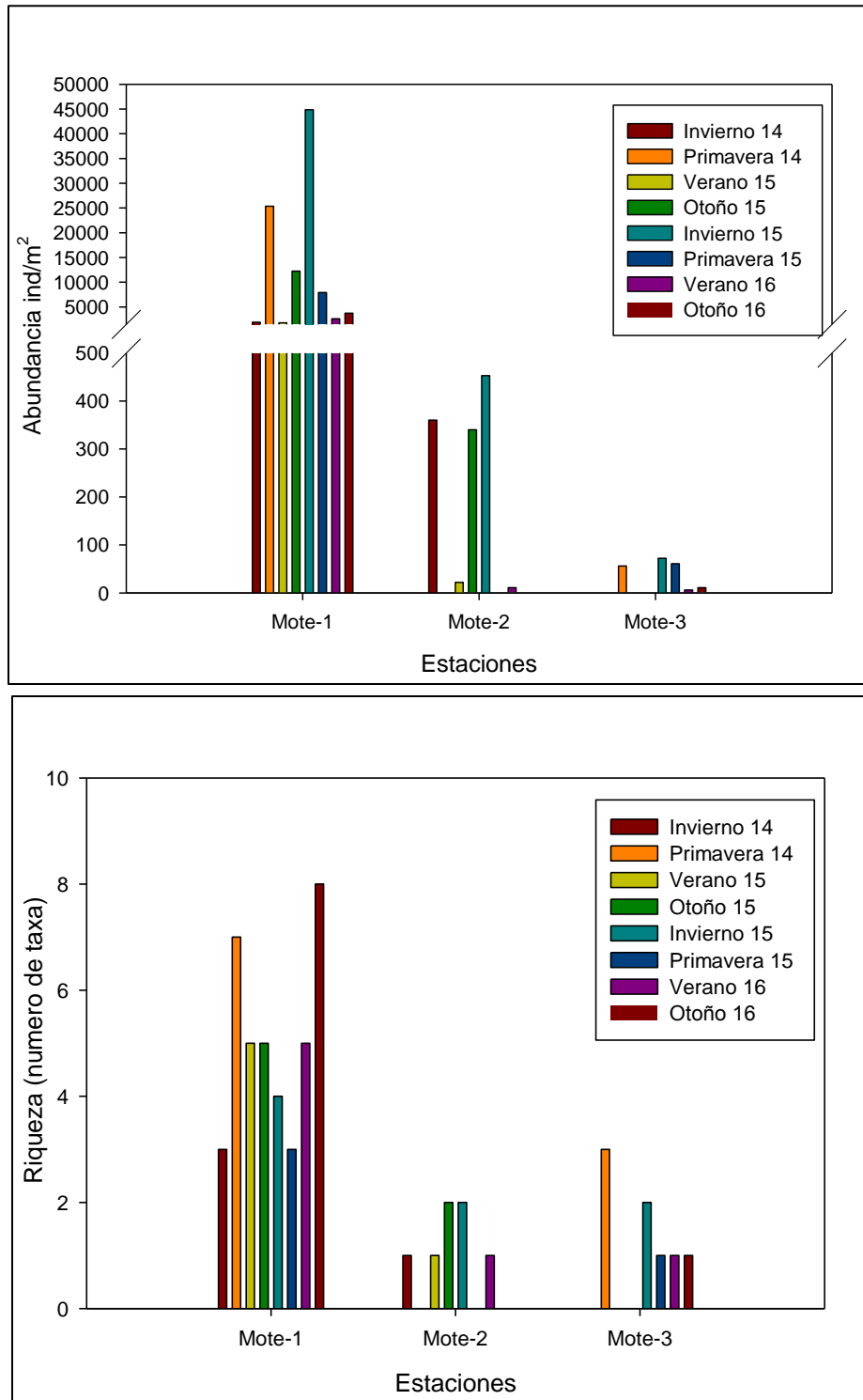
De acuerdo a los resultados obtenidos para los distintos descriptores comunitarios, se observa que algunas de las estaciones presentan valores muy bajos en cuanto a la riqueza y abundancia de especies. En particular la estación MOTE-3 señala la ausencia de especies de este grupo en más de una las campañas realizadas, siendo la campaña de primavera la más favorable para la cuantificación de individuos de este grupo. Los valores de diversidad en MOTE-1 en general son mayores a los encontrados en otras estaciones, el caso contrario se observó en MOTE-3 donde la presencia de un solo taxón determina una nula diversidad al igual que la ausencia de individuos.

Al igual que para otros grupos, las mayores abundancias son registradas en la estación Mote-1, la cual presenta mejores condiciones asociadas a su curso de agua. Por su parte los valores obtenidos para MOTE-2, son influenciados directamente por la mayor o menor presencia de columna de agua, la cual entrega mayor estabilidad a la comunidad de organismos asociados al sedimento.

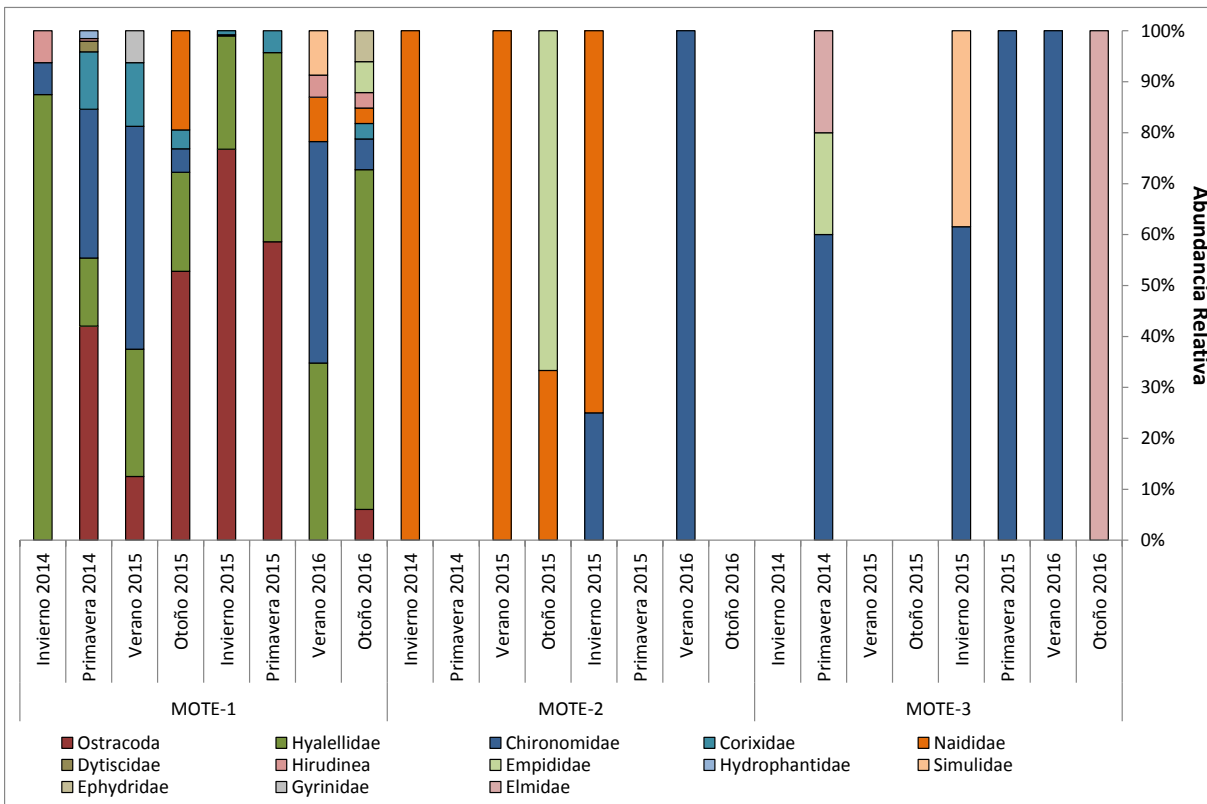
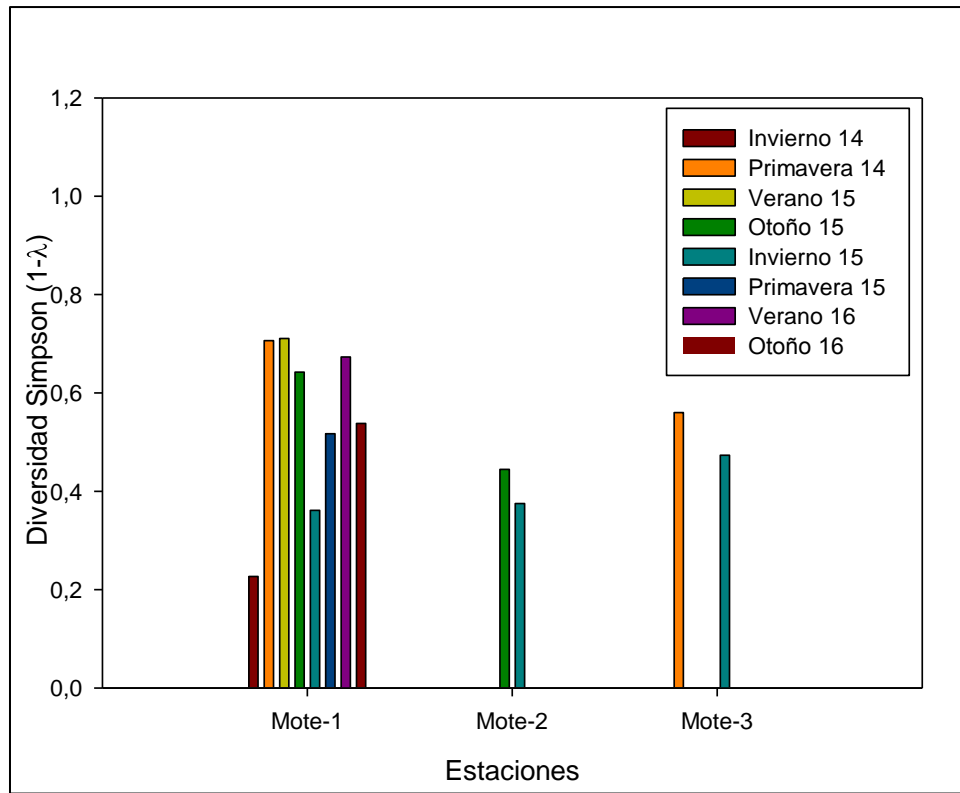
El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones ( $R: 0,437$ ;  $p: 0,001$ ) aunque el análisis pareado *a posteriori* no pudo diferenciar entre las estaciones MOTE-2 y MOTE-3. El análisis entre estaciones de desarrollo de las campañas no mostró diferencias entre sí ( $R:-0,057$ ,  $p: 0,774$ ).

Los taxa Hyallellidae y Ostracoda fueron los más abundantes en el Sector. La estación Mote 1 estuvo dominada principalmente por Hyallellidae y Ostracoda, MOTE-2 por Naididae y Chironomidae y MOTE-3 por Chironomidae.

**Figura 3.4-29. Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Agua del Mote.**







Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton

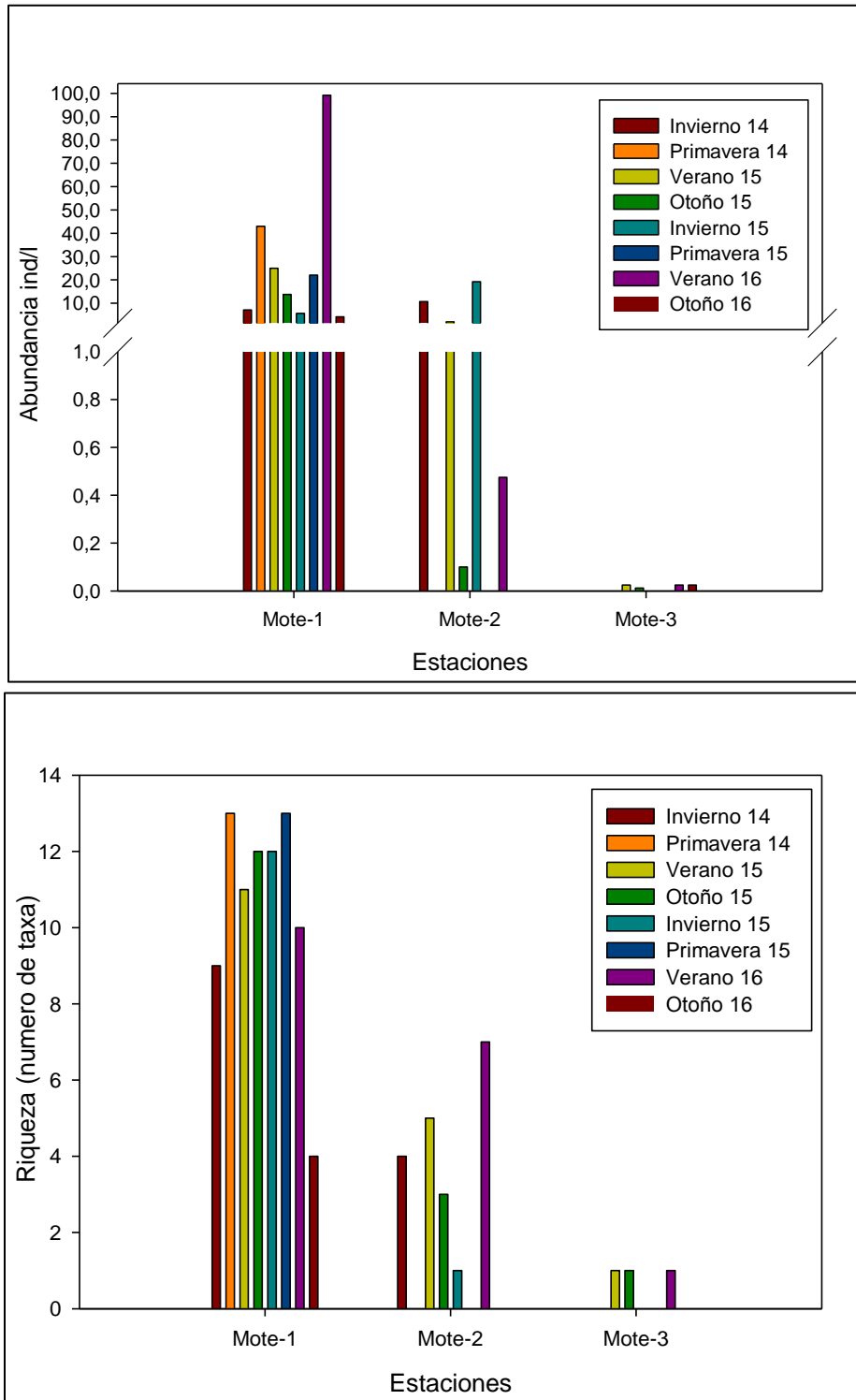
Para este grupo, los mayores valores de riqueza y abundancia son registrados en la estación MOTE-1, dando cuenta de las mejores condiciones asociadas a su curso de agua. El caso opuesto es observado en la estación MOTE-3 para la cual se obtienen valores de riqueza que dan cuenta de la presencia de solo una especie en una baja abundancia durante algunas de las campañas de muestreo. La estación MOTE-2 presenta un comportamiento variable siguiendo la tónica del resto de los grupos evaluados. La diversidad, al igual que los otros parámetros comunitarios en general es mayor en MOTE-1, mientras que en MOTE-2 se registraron tanto valores medios como valores bajos y hasta nulos cuando la riqueza corresponde a 1 y la diversidad a 0, en MOTE-3 solo se registró riqueza de 1 por lo que los valores de diversidad fueron nulos cuando se registró la presencia de individuos.

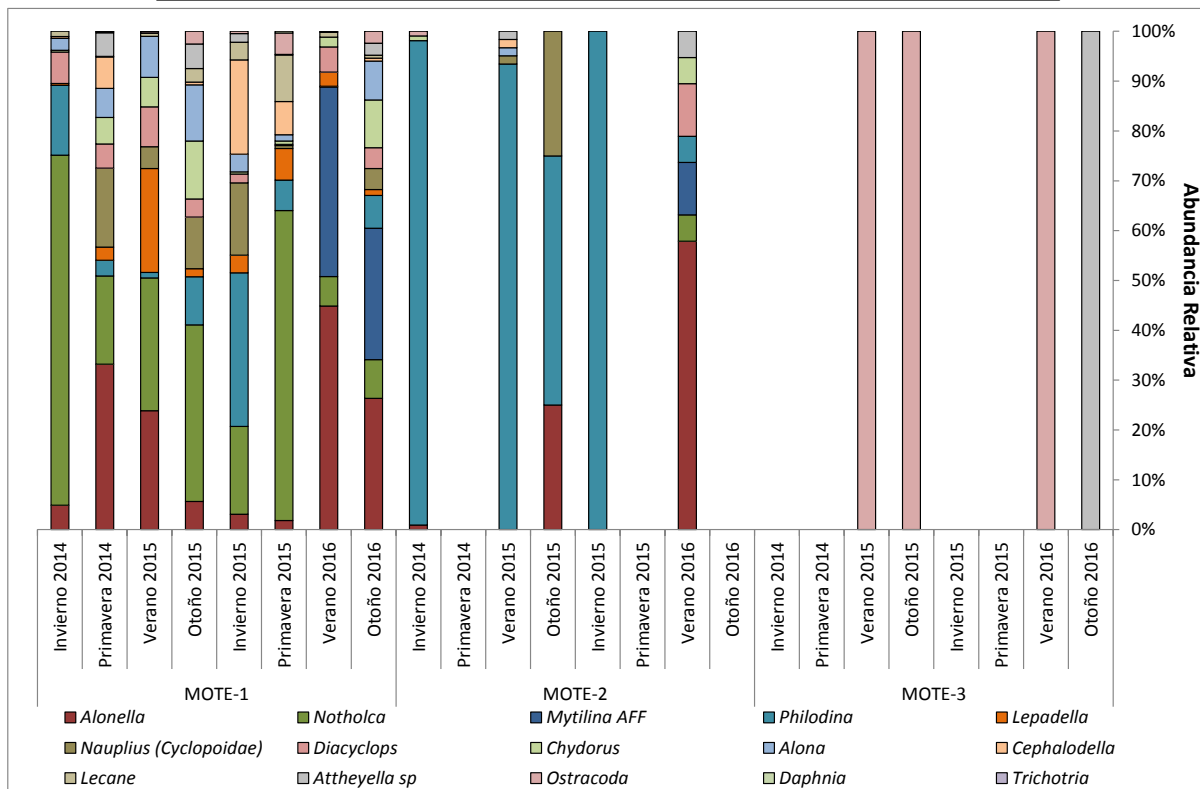
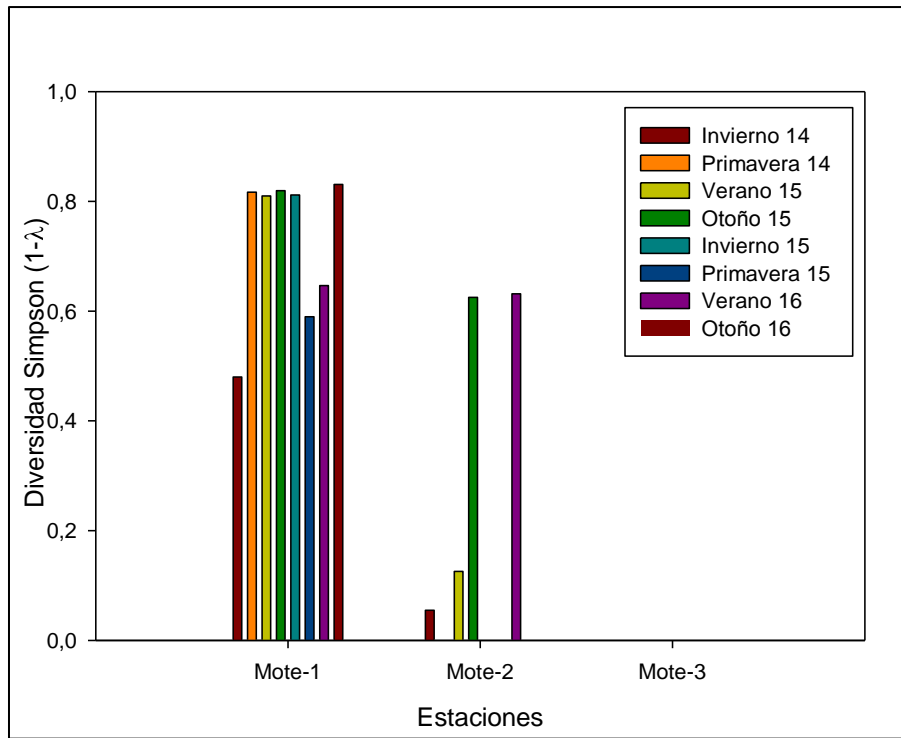
Los resultados anteriores se asocian fuertemente a la características físicas y químicas de la columna de agua de la estación MOTE-3, cuya calidad influye directamente en la estructuración de sistemas menos diversos, respecto de los observados en otras estaciones pertenecientes al mismo sistema límnic.

El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones de muestreo ( $R: 0,436; p < 0,001$ ) con un test *a posteriori* pareado que mostró diferencias entre todas las estaciones. Al comparar entre las campañas de desarrollo de muestreo no se detectó diferencias entre las mismas usando el test ANOSIM ( $R: -0,041; p: 0,701$ ).

Los taxa más abundantes en el sector corresponden a *Alonella* y *Notholca*. En MOTE-1 la comunidad estuvo dominada por *Alonella* y *Notholca*, en MOTE-2 la dominancia recayó en *Philodina* y *Alonella*, mientras que en MOTE-3 solo se registró la presencia ocasional de Ostracoda.

**Figura 3.4-30. Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Agua del Mote.**





Fuente: Elaboración Propia

**b) Sector Quebrada Blanca**

A lo largo de esta quebrada se establecieron cinco estaciones de muestreo diferentes (ver Plano 3.4-1 y Plano 3.4-2). Durante el año 2013, los caudales de esta quebrada variaron en promedio entre 0,04 y 2,3 l/s de acuerdo con el estudio de hidrología y balance hídrico (EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, Anexo 3.2.7-1, GOLDER, 2014). Además, existe una estación en Quebrada Cascasca que es analizada junto a Quebrada blanca ya que su cauce desemboca en Quebrada Blanca.

**b.1) QB1**

En esta zona el curso de agua es poco profundo, menos de 0,1 m, con un ancho no superior a los 0,5 m y un sustrato compuesto principalmente por guijarros arena y algunas piedras, en las riberas se observaron algunas plantas terrestres aisladas (Fotografía 3.4-4).

**Fotografía 3.4-4. Vista general estación de muestreo QB1.**

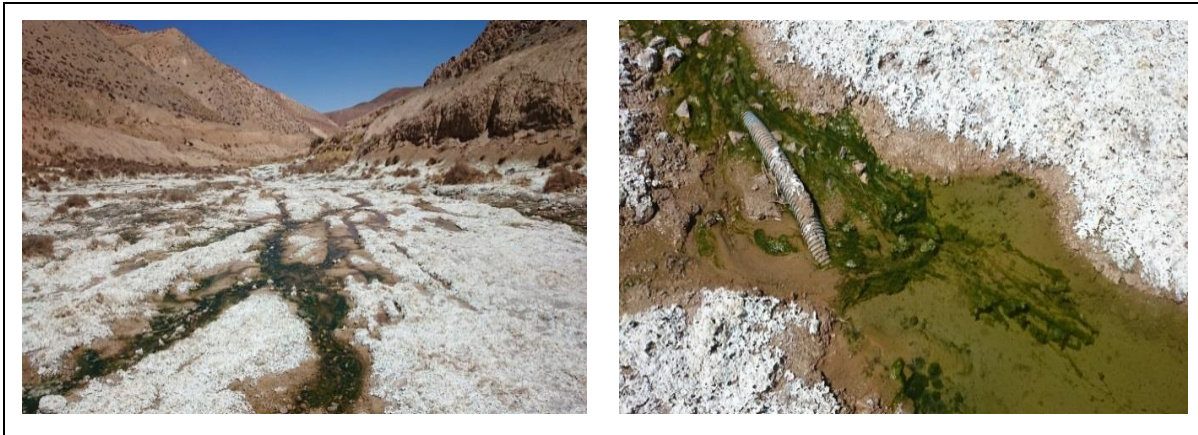


Fuente: Elaboración Propia.

**b.2) QB3**

En esta zona de la quebrada, el agua escurre en la planicie encajonada entre una ladera y el borde del camino, en la ribera se acumulan sales de color blanquecino verdoso, con escasos matojos de pastos duros, la columna de agua no superó los 10 cm. y el ancho fue variable entre los 0,2 y 1 m (Fotografía 3.4-5). El sustrato corresponde principalmente a grava y arena.

**Fotografía 3.4-5. Vista general estación de muestreo QB3**

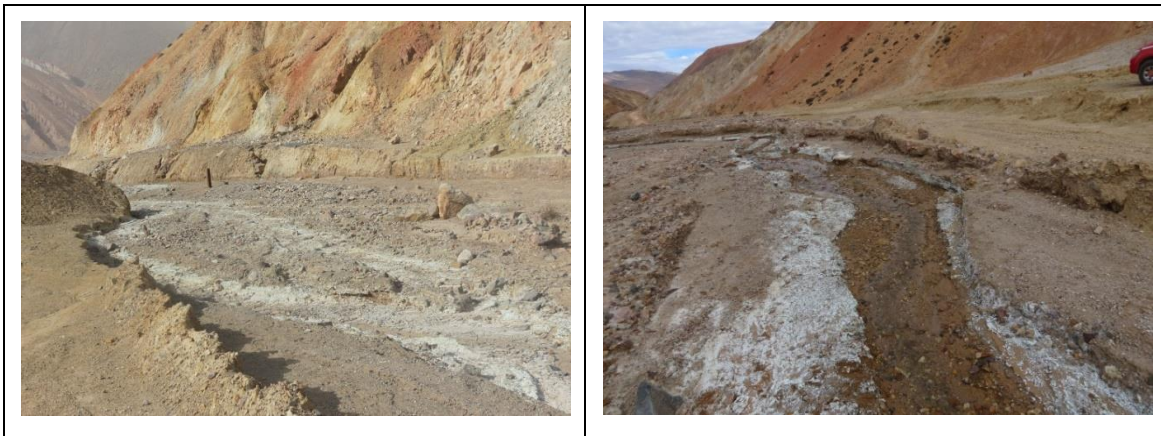


Fuente: Elaboración Propia

b.3) QB4

En esta zona (Fotografía 3.4-6.) de la quebrada el cauce es amplio, sin escurrimiento superficial aparente durante invierno y primavera, en una de las riberas se observaron algunas grandes rocas mientras que la otra mostró una pendiente más suave. El sustrato correspondió principalmente a arena fina mezclada con grava. Durante la campaña de verano se registró escurrimiento superficial.

**Fotografía 3.4-6. Vista general estación de muestreo QB4.**



Fuente: Elaboración Propia.



## b.4) QB5

En esta zona Fotografía 3.4-7., el agua circula en una planicie limitada por una ribera escalonada con formaciones similares a terrazas, en esta planicie no se observó vegetación y el sustrato correspondió principalmente a sedimento fino y en los límites del curso de agua a costras de sal blanquecinas. La profundidad de la columna de agua no superó los 0,1 m, y el ancho osciló entre 0,2 y 0,4 m.

**Fotografía 3.4-7. Vista general estación de muestreo QB5.**



Fuente: Elaboración Propia.

## b.5) QB6

Esta estación (ver Fotografía 3.4-8) se ubica inmediatamente aguas arriba de la intersección con la quebrada Ramucho, es un cauce no superior a los 0,3 metros de ancho y una profundidad de 7 cm. El agua corre entre matas de pasto y macrófitas, siendo el sustrato visible principalmente arena. En la ribera se observó una costra de sales blanquecinas.

**Fotografía 3.4-8. Vista general estación de muestreo QB6.**



Fuente: Elaboración Propia.

b.6) QC-1

Dentro del mismo sistema o cuenca hidrológica, Fotografía 3.4-9, se ubicó una estación dentro de la quebrada Cascasca. Esta mostró un cauce seco durante las campañas, con un ancho cercano a los 2 metros, es un cauce marcado notoriamente donde el sustrato predominante correspondió a arena y limo. Las riberas están pobladas por arbustos propios de la zona.

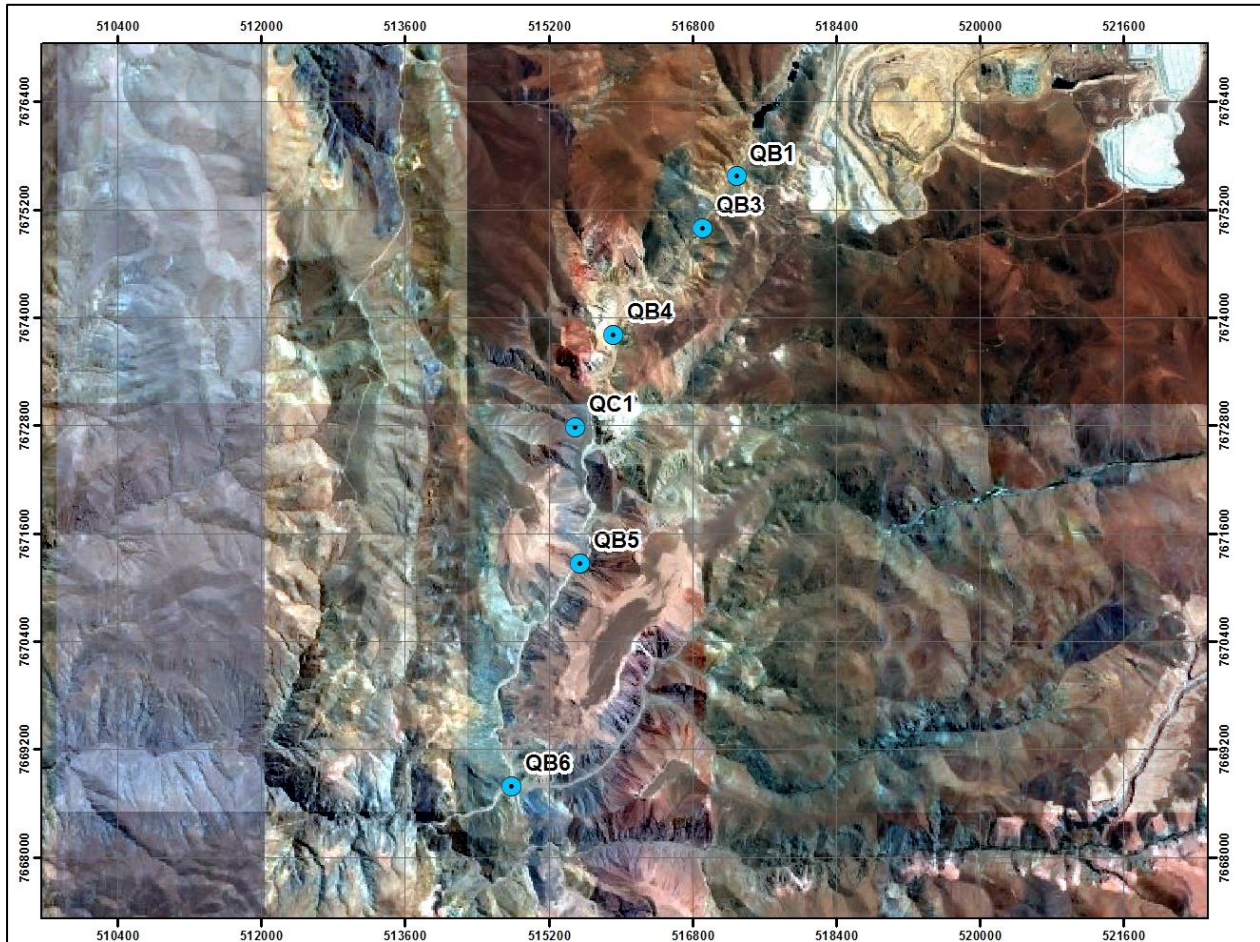
**Fotografía 3.4-9. Vista general estación de muestreo QC-1.**



Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 3.4-31. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Blanca**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre los rangos de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que presentan valores distintos a los rangos referenciales en una o más campañas, utilizándose como referencia la valores señalados en la NCh 1.333 Of 78 para el caso del agua y en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos. Las línea en rojo, dan cuenta de los valores superiores o rangos establecidos en la normativa referencial.

b.7) Calidad de Agua

El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones de muestreo del sector ( $R:0,393$ ;  $p: 0,001$ ), el análisis pareado mostró diferencias entre todas las parejas de estaciones exceptuando a QB-1/QB-3, QB-1/QB-4, QB-3/QB-4 Y QB-5/QB-4. La comparación entre las temporadas de

desarrollo de las campañas mediante ANOSIM mostró que existen diferencias entre ellas (R:0,09; p:0,025) aunque el análisis *a posteriori* no mostró diferencias dentro de las parejas de estaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de parámetros con importancia limnológica, los niveles se observan variables entre las campañas, Tabla 3.4-19. Al respecto, considerando el conjunto de parámetros medidos, todos ellos muestran diferencias respecto a los rangos de referencia utilizados (NCh. 1.333), observándose situaciones sobre o bajo estos últimos en las distintas campañas realizadas para QB-1 y QB-3. A partir de la estación QB-4, se observan valores que superan sostenidamente los rangos de referencia para los parámetros de pH, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales e incluso Oxígeno Disuelto. Para estos tres últimos parámetros, se observan valores superiores a los rangos de referencia en la última estación del sistema acuático, justo antes de descargar las aguas al sistema Ramucho-Choja-Maní. También destacan los valores de acidez registrados en la estación QB-5, los cuales se neutralizarían en algún punto de la quebrada, llegando a QB-6 con valores más neutros.

**Tabla 3.4-19. Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Quebrada Blanca.**

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                  |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333 |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
| Quebrada Blanca  | QB-1                 | Invierno 2014  | 20,9                                  | 8    | 658                             | 332                              | 5,41                    | <500                 | <5000                  | 96                       | <200           | 800            |
|                  |                      | Primavera 2014 | 25,5                                  | 8,4  | 725                             | 365                              | 4,72                    | <500                 | <5000                  | 70                       | <100           | <1000          |
|                  |                      | Verano 2015    | 18,9                                  | 8,6  | 854                             | 427                              | 4,9                     | 500                  | <5000                  | 90                       | <50            | 2200           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 11,3                                  | 8,4  | 1694                            | 847                              | 6,2                     | 500                  | <5000                  | 57                       | <50            | 10100          |
|                  |                      | Invierno 2015  | 15,4                                  | 8,37 | 523                             | 262                              |                         | <500                 | <5000                  | 86                       | <50            | 1980           |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 8    | 1222                            | 731                              |                         | <0,5                 | <5                     | 73                       | <0,05          | 2.8            |
|                  |                      | Verano 2016    | 22,5                                  | 8,64 | 659                             | 329                              | 5,89                    | 1700                 | <5000                  | 76                       | <50            | 2470           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 17,5                                  | 7,85 | 1153                            | 576                              | 5,28                    | 500                  | <5000                  | 66                       | <50            | 2690           |
|                  | QB-3                 | Invierno 2014  | 17,8                                  | 3,8  | 5240                            | 2620                             | 6,29                    | 700                  | <5000                  | <5                       | <200           | 33000          |
|                  |                      | Primavera 2014 | 22,8                                  | 6,2  | 750                             | 375                              | 5,08                    | <500                 | <5000                  | 23                       | <100           | <1000          |
|                  |                      | Verano 2015    | 15,2                                  | 8,14 | 863                             | 432                              | 5,14                    | 1600                 | <5000                  | 70                       | <50            | <500           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 10,8                                  | 7,71 | 1397                            | 699                              | 5,94                    | 800                  | <5000                  | 56                       | <50            | 9700           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 4,8                                   | 4,33 | 694,5                           | 348                              |                         | <500                 | <5000                  | <10                      | <50            | 1130           |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 8,4  | 1253                            | 770                              |                         | <0,5                 | <5                     | 77                       | <0,05          | <0,2           |
|                  |                      | Verano 2016    | 19,6                                  | 8,84 | 668                             | 334                              | 6,21                    | 1600                 | <5000                  | 89                       | <50            | <500           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 19                                    | 7,61 | 1129                            | 564                              | 5,34                    | 1000                 | <5000                  | 61                       | <50            | 1180           |

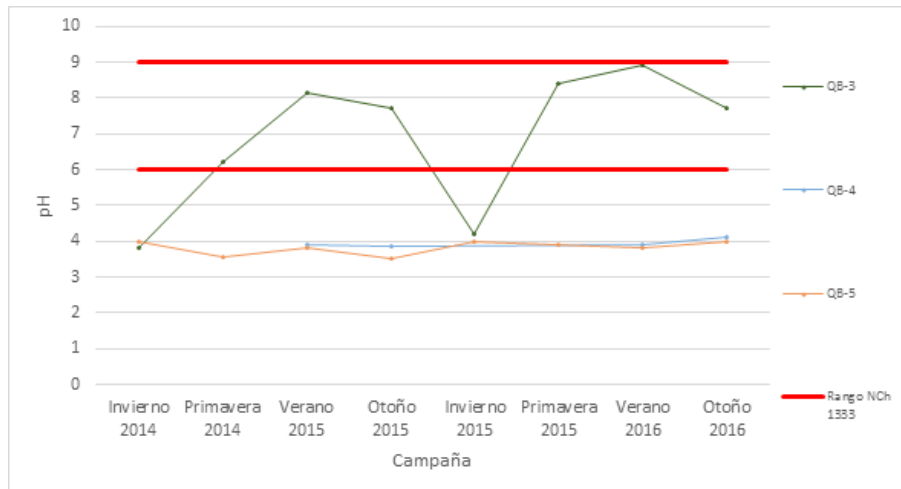
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                  |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrito (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333 |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
|                  | QB-4                 | Invierno 2014  | Estación Seca                         |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|                  |                      | Primavera 2014 | Estación Seca                         |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|                  |                      | Verano 2015    | 14,4                                  | 3,92 | 4310                            | 2160                             | 6,85                    | 1300                 | <5000                  | 51                       | <50            | 9300           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 6,1                                   | 3,86 | 4170                            | 2090                             | 6,28                    | 700                  | <5000                  | 10                       | <50            | 19700          |
|                  |                      | Invierno 2015  | Estación Seca                         |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|                  |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                         |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|                  |                      | Verano 2016    | 16,8                                  | 2,94 | 3540                            | 1770                             | 5,85                    | 2100                 | <5000                  | <10                      | <50            | 9480           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 9,4                                   | 3,82 | 3290                            | 1650                             | 6,67                    | <500                 | <5000                  | <10                      | <50            | 9780           |
|                  | QB-5                 | Invierno 2014  | 14,2                                  | 4    | 6950                            | 3480                             | 6,65                    | <500                 | <5000                  | <5                       | <200           | 32.000         |
|                  |                      | Primavera 2014 | 14,3                                  | 3,56 | 6260                            | 3130                             | 6,02                    | 500                  | <5000                  | 0                        | <100           | 39000          |
|                  |                      | Verano 2015    | 14                                    | 3,81 | 7390                            | 3700                             | 6,26                    | 900                  | <5000                  | 37                       | <50            | 52500          |
|                  |                      | Otoño 2015     | 10,4                                  | 3,53 | 7040                            | 3520                             | 7,18                    | 600                  | <5000                  | 10                       | <50            | 38700          |
|                  |                      | Invierno 2015  | 9,4                                   | 3,09 | 5150                            | 2570                             |                         | <500                 | <5000                  | <10                      | <50            | 48600          |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 3,9  | 12140                           | 8620                             |                         | <0,5                 | <5                     | <10                      | <0,05          | 49.2           |
|                  |                      | Verano 2016    | 13,1                                  | 3,04 | 6250                            | 3120                             | 7,47                    | 1600                 | <5000                  | <10                      | <50            | 50900          |
|                  |                      | Otoño 2016     | 7,3                                   | 3,61 | 6460                            | 3230                             | 6,96                    | 600                  | <5000                  | <10                      | <50            | 48300          |
|                  | QB-6                 | Invierno 2014  | 15,4                                  | 7,9  | 3460                            | 1730                             | 5,37                    | <500                 | <5000                  | 138                      | <200           | 9.100          |
|                  |                      | Primavera 2014 | 14,4                                  | 6,75 | 3620                            | 1810                             | 4,42                    | <500                 | <5000                  | 150                      | <100           | 7830           |
|                  |                      | Verano 2015    | 12,7                                  | 7,15 | 3555                            | 1770                             | 3,24                    | <500                 | <5000                  | 152                      | <50            | 33900          |
|                  |                      | Otoño 2015     | 10,8                                  | 7,85 | 2589                            | 1293                             | 4,46                    | <500                 | <5000                  | 143                      | 160            | 4400           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 10,1                                  | 8,04 | 1937                            | 968                              |                         | <500                 | <5000                  | 138                      | <50            | 31600          |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 7,7  | 5236                            | 3600                             |                         | <0,5                 | <5                     | 138                      | <0,05          | 26.5           |
|                  |                      | Verano 2016    | 13,2                                  | 8,03 | 3600                            | 1800                             | 3,54                    | 1700                 | <5000                  | 175                      | <50            | 38700          |
|                  |                      | Otoño 2016     | 10,7                                  | 7,01 | 3620                            | 1810                             | 4,9                     | <500                 | <5000                  | 174                      | <50            | 37500          |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática, \*\* Límite establecido para agua de riego. Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

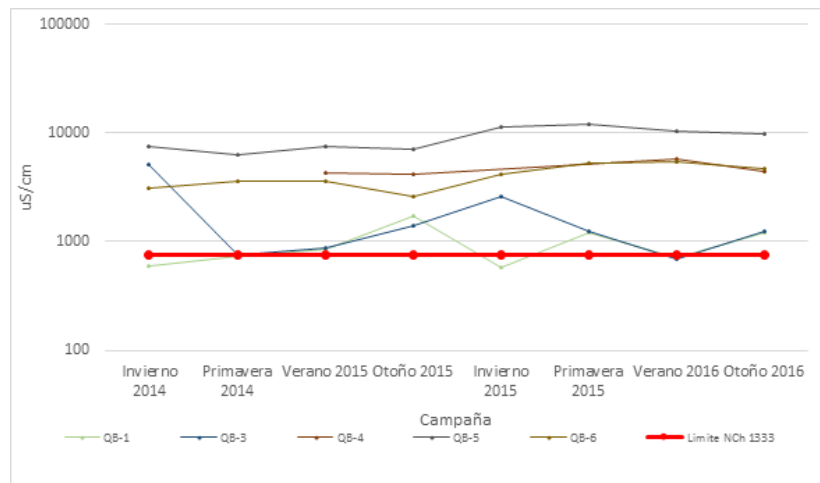
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos parámetros de importancia limnológica que presentan valores por sobre los valores de referencia (NCh. 1.333), señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

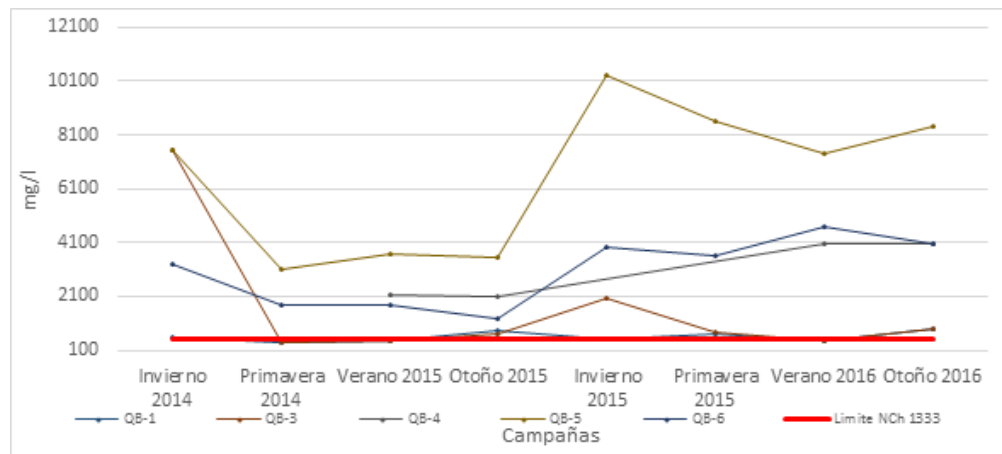
**Figura 3.4-32. Valores de pH, sector Quebrada Blanca.**



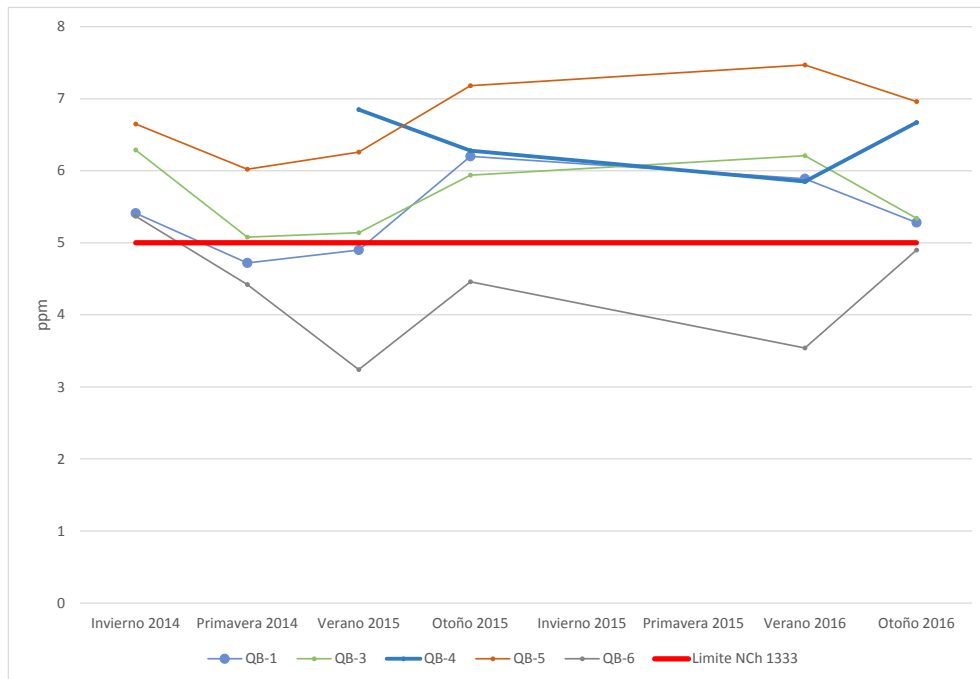
**Figura 3.4-33. Valores de Conductividad eléctrica, sector Quebrada Blanca.**



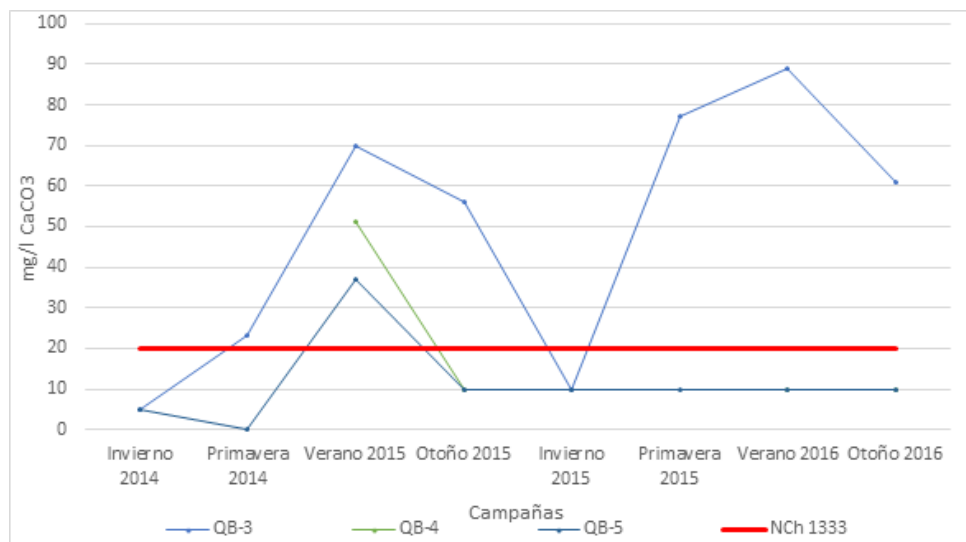
**Figura 3.4-34. Valores de Solidos Totales Disueltos, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-35. Valores de Sólidos Oxígeno, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-36. Valores de Sólidos Alcalinidad, sector Quebrada Blanca.**



Los resultados de la medición de macroelementos, Tabla 3.4-20, muestran que los niveles se observan variables entre las campañas con cambios de uno a dos órdenes de magnitud en los valores obtenidos, por ejemplo, para Cadmio y Magnesio. Considerando el conjunto de parámetros evaluados, prácticamente la totalidad de las estaciones de este sistema dan cuenta de valores sostenidamente superiores a los rangos referenciales para Sulfatos en prácticamente todas las campañas realizadas. Evidenciando valores alterados desde la parte alta del sistema (QB-3) hasta la zona de descarga (QB-6).



**Tabla 3.4-20. Resultados análisis de macroelementos, Sector Quebrada Blanca.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |        |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|--------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio  | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |        |         |        |          |
| Quebrada Blanca         | QB-1                 | Invierno 2014  | 41,9                  | 236          | 46,35  | 7,31    | 55     | 29,9     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 30                    | 206          | 45     | 9,6     | 32,2   | 25,6     |
|                         |                      | Verano 2015    | 44                    | 276          | 55,8   | 8,8     | 58,2   | 33       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 133                   | 707          | 118    | 17      | 107    | 91       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 36                    | 193          | 41     | 14      | 47     | 27       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 72                    | 386          | 70     | 12      | 66     | 50       |
|                         |                      | Verano 2016    | 38                    | 262          | 60     | 10      | 42     | 26       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 82                    | 436          | 87     | 14      | 69     | 57       |
|                         | QB-3                 | Invierno 2014  | 130                   | 5.096        | 100,83 | 19,4    | 331    | 444,3    |
|                         |                      | Primavera 2014 | 34                    | 563          | 60     | 15,4    | 75,3   | 64,5     |
|                         |                      | Verano 2015    | 46                    | 339          | 53,3   | 8,5     | 63,7   | 37       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 137                   | 705          | 116    | 17      | 111    | 92       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 67                    | 1432         | 58     | 15      | 140    | 147      |
|                         |                      | Primavera 2015 | 64                    | 407          | 72     | 13      | 69     | 50       |
|                         |                      | Verano 2016    | 35                    | 287          | 51     | 13      | 47     | 29       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 86                    | 440          | 97     | 16      | 81     | 60       |
|                         | QB-4                 | Invierno 2014  | Estación Seca         |              |        |         |        |          |
|                         |                      | Primavera 2014 | Estación Seca         |              |        |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2015    | 69                    | 3790         | 66,2   | 12,6    | 204    | 281      |
|                         |                      | Otoño 2015     | 100                   | 3309         | 90     | 14      | 176    | 264      |
|                         |                      | Invierno 2015  | Estación Seca         |              |        |         |        |          |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca         |              |        |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2016    | 60                    | 3361         | 80     | 18      | 197    | 240      |
|                         |                      | Otoño 2016     | 73                    | 2544         | 101    | 22      | 199    | 240      |
|                         | QB-5                 | Invierno 2014  | 1.158                 | 5.557        | 139,6  | 20,1    | 387    | 839,7    |
|                         |                      | Primavera 2014 | 105                   | 6458         | 142    | 21,5    | 420,6  | 37,1     |
|                         |                      | Verano 2015    | 112                   | 6660         | 126    | 13,1    | 373,1  | 947      |
|                         |                      | Otoño 2015     | 103                   | 6042         | 125    | 14      | 325    | 934      |
|                         |                      | Invierno 2015  | 122                   | 5886         | 128    | 22      | 331    | 802      |
|                         |                      | Primavera 2015 | 72                    | 386          | 70     | 12      | 66     | 50       |
| Verano 2016             |                      | 128            | 6495                  | 109          | 17     | 290     | 912    |          |
| Otoño 2016              |                      | 99             | 5898                  | 129          | 20     | 365     | 876    |          |
| QB-6                    | Invierno 2014        | 819            | 2.050                 | 98,4         | 8,14   | 395     | 184,3  |          |
|                         | Primavera 2014       | 81             | 2083                  | 99           | 7,1    | 447     | 202,6  |          |
|                         | Verano 2015          | 83             | 2249                  | 91,9         | 7,7    | 430,6   | 183    |          |
|                         | Otoño 2015           | 81             | 2321                  | 105          | 6      | 402     | 215    |          |
|                         | Invierno 2015        | 82             | 2309                  | 90           | 12     | 445     | 220    |          |

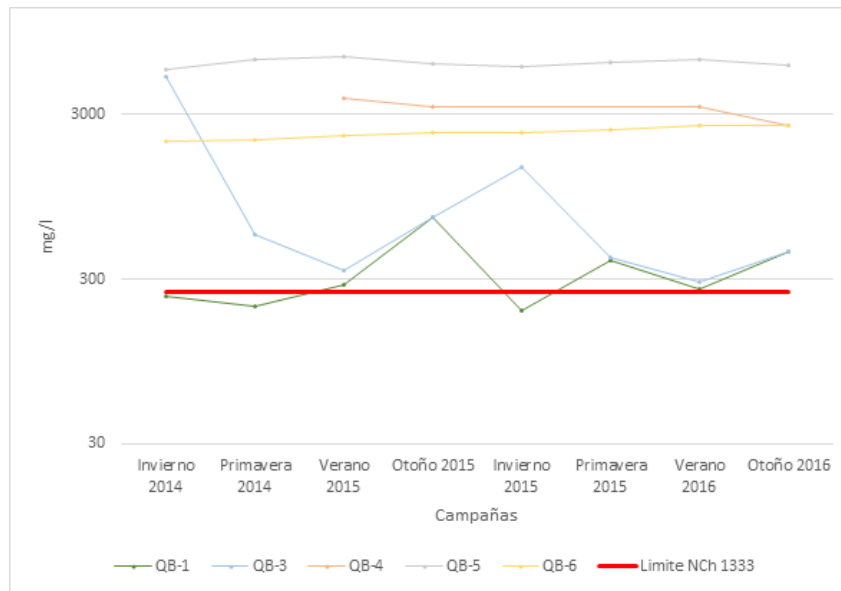
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |         |       |         |        |          |
|------------------|----------------------|----------------|-----------------------|---------|-------|---------|--------|----------|
|                  |                      |                | Cloruro               | Sulfato | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| Límites NCh 1333 |                      |                | 200**                 | 250**   |       |         |        |          |
|                  |                      | Primavera 2015 | 82                    | 2416    | 109   | 10      | 471    | 213      |
|                  |                      | Verano 2016    | 91                    | 2581    | 103   | 9       | 461    | 182      |
|                  |                      | Otoño 2016     | 78                    | 2572    | 103   | 7       | 525    | 249      |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de los macroelementos que presentan valores por sobre los rangos de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-37. Valores de concentración de Sulfato, sector Quebrada Blanca.**



Los resultados obtenidos para metales, Tabla 3.4-21, dan cuenta de valores altos en todas las estaciones de muestreo considerando como referencia los rangos establecidos en la NCh. 1.333. Al respecto, si bien algunas estaciones varían la concentración de metales entre campañas, metales como el Cromo, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno y Aluminio, registran niveles por superiores a los de referencia en la mayoría de las campañas realizadas en las estaciones a lo largo de este sistema, descargando al sistema Ramucho-Choja-Maní, de acuerdo a lo registrado en la última estación, aguas con concentraciones elevadas de Cadmio, Boro y Molibdeno.

**Tabla 3.4-21. Resultados análisis de metales, Sector Quebrada Blanca.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|--------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |        |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |        |
| Quebrada Blanca         | QB-1                 | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,13       | 4,2           | 1,1          | 0,03           | 0,01       | 0,24         | 0,02   |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,22          | 1,1          | 0,05           | 0,01       | 0,32         | 0,012  |
|                         |                      | Verano 2015    | 0,74          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,38       | 2,54          | 1,1          | 0,071          | 0,15       | 0,35         | 0,012  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,12           | <0,001     | 0,06       | 0,24          | 4            | 0,238          | <0,01      | 0,58         | 0,014  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,165         | 0,54         | <0,01          | 0,027      | <0,05        | 0,018  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,01         | 0,09           | <0,001     | <0,05      | 0,18          | 1,2          | 0,06           | 0,02       | 0,52         | 0,001  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | <0,01        | 0,22           | <0,001     | <0,05      | 0,97          | 0,87         | 0,16           | 0,02       | 0,7          | 0,015  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,6           | 0,67         | 0,1            | <0,01      | 0,2          | 0,013  |
|                         | QB-3                 | Invierno 2014  | 0,05          | 0,81         | 186            | <0,001     | 0,41       | 0,66          | 1,5          | 32,3           | 0,03       | 15           | <0,002 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,08         | 18             | <0,001     | <0,05      | 0,09          | 1,2          | 2,95           | 0,03       | 29           | 0,014  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,02         | 8              | <0,001     | 0,34       | 0,07          | 1,1          | 0,525          | 0,04       | 6,78         | 0,012  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,08           | <0,001     | <0,05      | 1,01          | 3,6          | 0,247          | <0,01      | 1,17         | 0,01   |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | 0,29         | 60             | <0,001     | <0,05      | 0,206         | 0,79         | 11,258         | 0,034      | 102          | 0,005  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | <0,01        | 0,1            | <0,001     | <0,05      | 0,49          | 1,2          | 0,18           | 0,03       | 0,89         | 0,012  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | <0,01        | 0,05           | <0,001     | <0,05      | 0,44          | 0,85         | 0,07           | 0,04       | 0,38         | 0,017  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | 0,01         | 0,16           | <0,001     | <0,05      | 1,41          | 0,72         | 0,35           | <0,01      | 1,26         | 0,014  |
|                         | QB4                  | Invierno 2014  | Estación Seca |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|                         |                      | Primavera 2014 | Estación Seca |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|                         |                      | Verano 2015    | 0,1           | 0,6          | 142            | <0,001     | 0,17       | 2,17          | 1,3          | 26,344         | 0,01       | 236,8        | 0,004  |



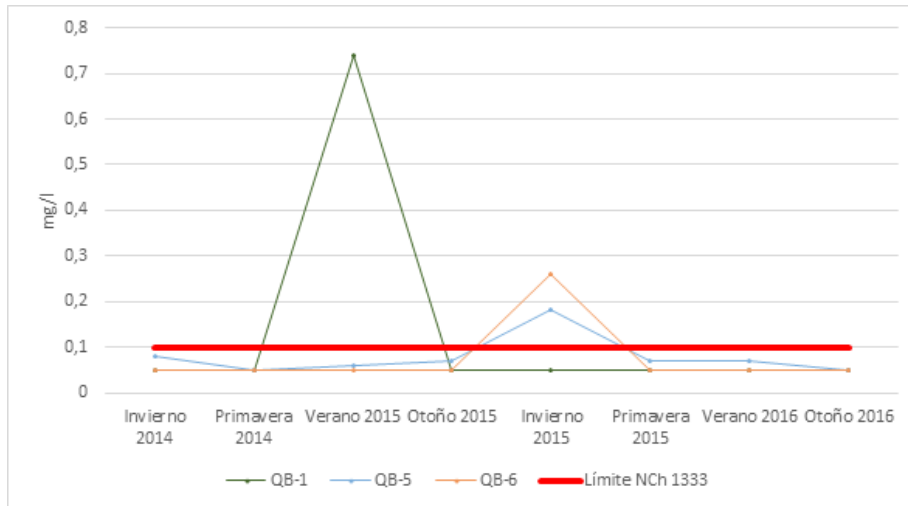
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|--------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |        |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |        |
|                         |                      | Otoño 2015     | 0,05          | 0,51         | 129            | <0,001     | <0,05      | 2,41          | 2,2          | 21,852         | <0,01      | 207,4        | 0,003  |
|                         |                      | Invierno 2015  | Estación Seca |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,49         | 118            | <0,001     | <0,05      | 2,27          | 1,15         | 20             | 0,02       | 285          | 0,011  |
|                         | Otoño 2016           | <0,05          | 0,39          | 95           | <0,001         | <0,05      | 3,41       | 0,63          | 16,86        | 0,01           | 225        | 0,012        |        |
|                         | QB-5                 | Invierno 2014  | 0,08          | 0,78         | 116            | <0,001     | 0,48       | 52            | 2,1          | 47             | 0,11       | 7            | 0,016  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,92         | 149,3          | <0,001     | 0,32       | 0,21          | 2,1          | 54,62          | 0,02       | 278          | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2015    | 0,06          | 1            | 173            | <0,001     | 0,64       | 0,71          | 1,7          | 59,337         | 0,05       | 345,8        | 0,001  |
|                         |                      | Otoño 2015     | 0,07          | 1,04         | 183            | <0,001     | <0,05      | 0,23          | <0,5         | 53,652         | <0,01      | 299,1        | 0,002  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,183         | 0,98         | 161            | <0,001     | <0,05      | 0,951         | 1,21         | 50,268         | 0,043      | 268          | 0,002  |
|                         |                      | Primavera 2015 | 0,07          | 1,001        | 199            | <0,001     | <0,05      | 0,3           | 1,6          | <0,01          | 0,06       | 278          | <0,001 |
|                         |                      | Verano 2016    | 0,07          | 0,98         | 202            | <0,001     | <0,05      | 0,22          | 1,62         | 50             | 0,04       | 287          | 0,002  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | 0,97         | 197            | <0,001     | <0,05      | 0,19          | 0,79         | 49,76          | <0,01      | 265          | 0,002  |
|                         | QB-6                 | Invierno 2014  | <0,05         | 0,02         | 0,1            | <0,001     | 0,28       | <0,05         | 2,5          | 0,03           | 0,04       | 0,27         | 0,008  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,02         | <0,05          | <0,001     | 0,27       | 0,12          | 0,9          | 0,02           | 0,01       | 0,41         | 0,001  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,01         | 0,09           | <0,001     | 0,48       | <0,05         | 2            | 0,034          | 0,05       | 0,61         | 0,003  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,07          | 0,6          | 0,018          | <0,01      | 0,21         | 0,006  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,259         | 0,016        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 2,352         | 1,4          | 0,037          | 0,084      | 0,17         | 0,009  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,017        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,18          | 2,2          | <0,01          | 0,05       | 0,37         | 0,005  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,02         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,1           | 1,82         | <0,01          | 0,03       | 0,15         | 0,008  |
| Otoño 2016              |                      | <0,05          | 0,01          | <0,05        | <0,001         | <0,05      | 0,06       | 1,09          | <0,01        | 0,01           | <0,05      | 0,008        |        |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego

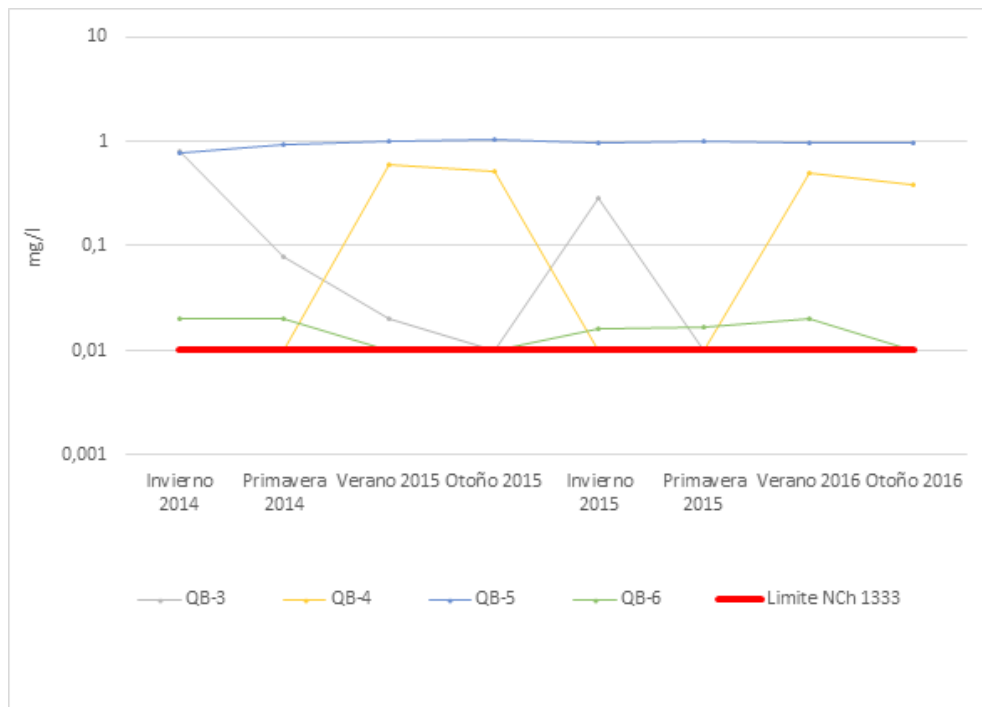
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre los rangos de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

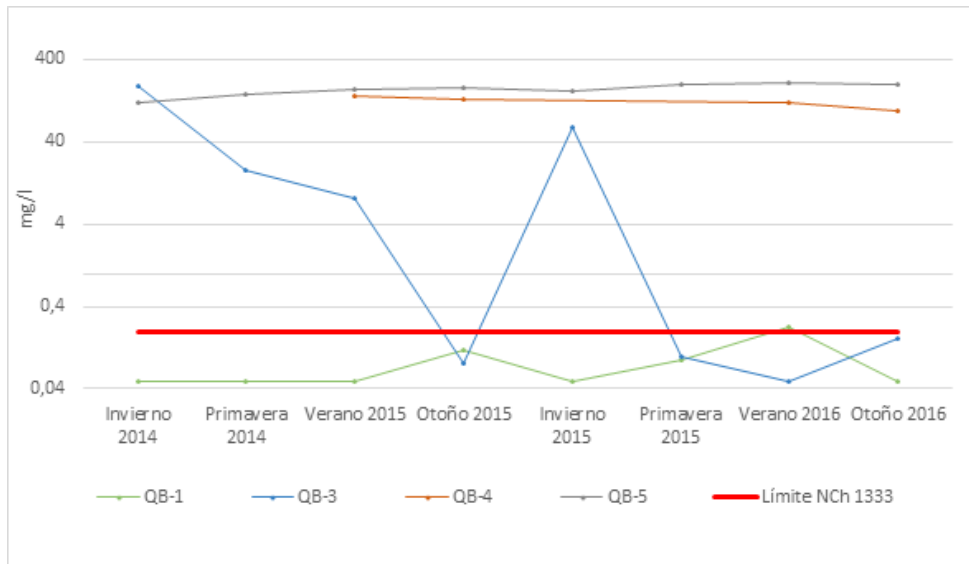
**Figura 3.4-38. Valores de concentración de Cromo, sector Quebrada Blanca.**



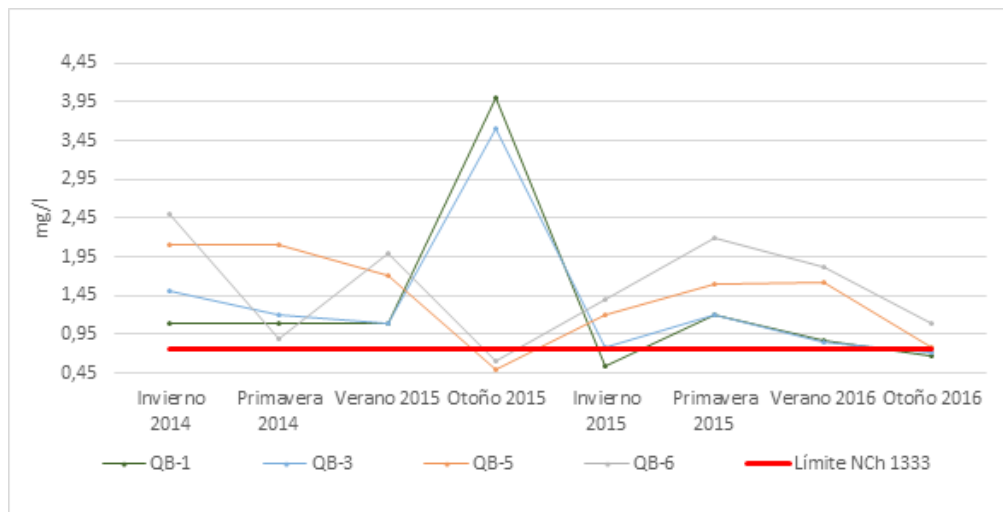
**Figura 3.4-39. Valores de concentración de Cadmio, sector Quebrada Blanca.**



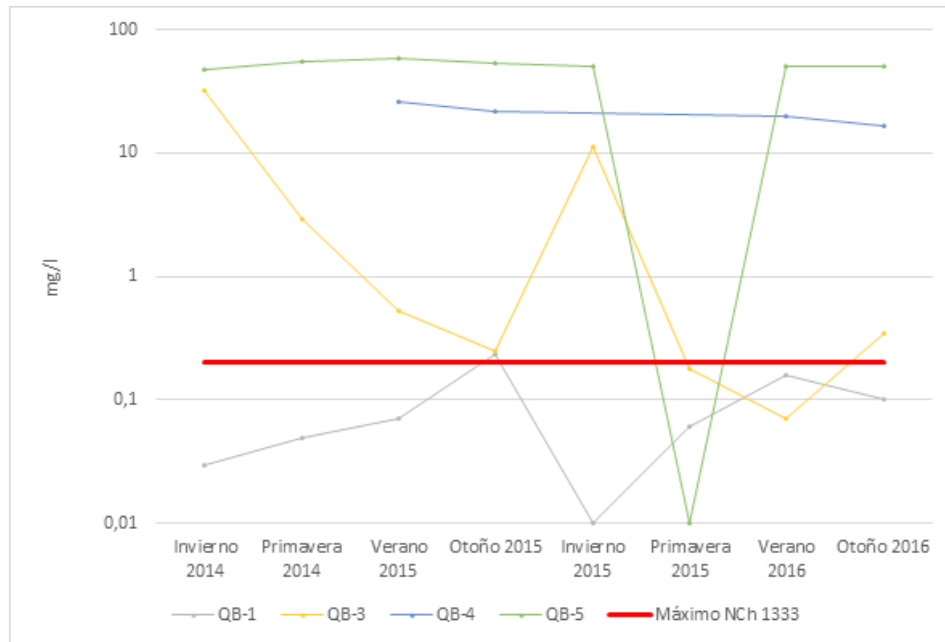
**Figura 3.4-40. Valores de concentración de Cobre, sector Quebrada Blanca.**



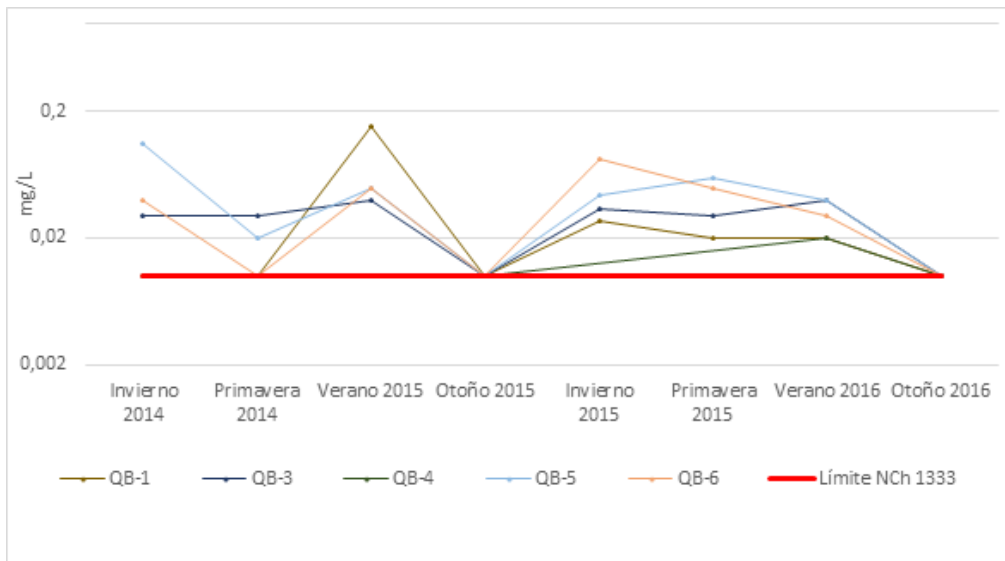
**Figura 3.4-41. Valores de concentración de Boro, sector Quebrada Blanca.**



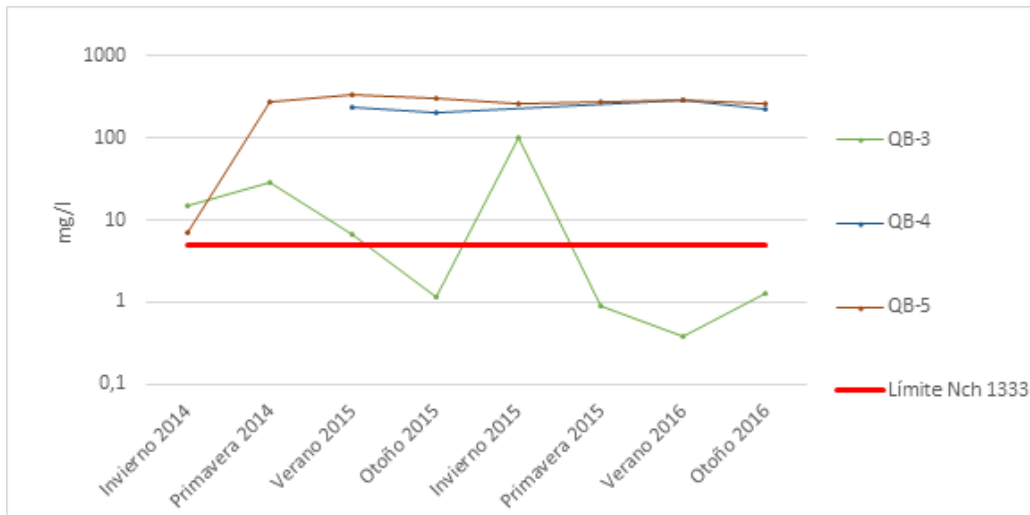
**Figura 3.4-42. Valores de concentración de Manganeso, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-43. Valores de concentración de Molibdeno, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-44. Valores de concentración de Aluminio, sector Quebrada Blanca.**



Los resultados obtenidos para parámetros orgánicos y otros, Tabla 3.4-22, dan cuenta de niveles que en general se mantienen constantes entre las campañas y bajo el límite de detección. Solo se observan variaciones entre campañas para los niveles de DBO<sub>5</sub>, DQO, y Coliformes, los cuales varían en todas las estaciones de este sector, observándose los mayores cambios en la estación QB-6.

**Tabla 3.4-22. Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Quebrada Blanca.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|--|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |  |
| <b>Límite NCh 1.333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  |                              | <b>1000**</b>                |  |
| Quebrada Blanca         | QB-1                 | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 2                            |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 18       | <0,5             | <1,8                         | 460                          |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 14   | 18       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 11   | 30       | <0,5             | 4,5                          | 460                          |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 13                           | 140                          |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 12       | <0,5             | 23                           | 33                           |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 5        | <0,5             | <1,8                         | 540                          |  |
|                         | QB-3                 | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 18       | <0,5             | <1,8                         | 460                          |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 17   | 18       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 490                          | 490                          |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 110                          | 110                          |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | 130                          | 240                          |  |
|                         | QB-4                 | Invierno 2014  | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 14       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 11   | 22       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|--|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |  |
| <b>Límite NCh 1.333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  |                              | <b>1000**</b>                |  |
|                         | QB-5                 | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 21   | 28       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 11   | 28       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         | QB-6                 | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | 30       | <0,5             | 8                            | 7,8                          |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | 23                           | 1300                         |  |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 13   | 24       | <0,5             | 11                           | 330                          |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 14   | 18       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 13   | 28       | <0,5             | <1,8                         | 79                           |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |  |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 4,5                          | 4,5                          |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 240                          | 540                          |  |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

Las mediciones de clorofila, Tabla 3.4-23, dan cuenta de valores similares que se mantienen relativamente constante entre las campañas de muestreo. Sólo se aprecian algunas variaciones importantes en QB-3, QB-4 y QB-5, que podrían corresponder a situaciones puntuales producto del bajo nivel y desplazamiento de aguas durante los muestreos realizados.

**Tabla 3.4-23. Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Quebrada Blanca.**

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/L |
|------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
| Quebrada Blanca  | QB-1                 | Invierno 2014  | 1,06                       |
|                  |                      | Primavera 2014 | 2,65                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 3,39                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 3,55                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,36                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 8,90                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 10,45                      |
|                  |                      | Otoño 2016     | 4,22                       |
|                  | QB-3                 | Invierno 2014  | 13,61                      |
|                  |                      | Primavera 2014 | 40,54                      |
|                  |                      | Verano 2015    | 4,10                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 2,22                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,38                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 27,48                      |
|                  |                      | Verano 2016    | 6,27                       |
|                  |                      | Otoño 2016     | 3,01                       |
|                  | QB-4                 | Invierno 2014  | ES                         |
|                  |                      | Primavera 2014 | ES                         |
|                  |                      | Verano 2015    | 123,56                     |
|                  |                      | Otoño 2015     | 6,57                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | ES                         |
|                  |                      | Primavera 2015 | ES                         |
|                  |                      | Verano 2016    | 12,52                      |
|                  |                      | Otoño 2016     | 7,39                       |
|                  | QB-5                 | Invierno 2014  | 12,92                      |
|                  |                      | Primavera 2014 | 31,28                      |
|                  |                      | Verano 2015    | 6,47                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 3,24                       |
| Invierno 2015    |                      | 15,53          |                            |



| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua $\mu\text{g/L}$ |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|
|                  |                      | Primavera 2015 | 21,04                                 |
|                  |                      | Verano 2016    | 12,01                                 |
|                  |                      | Otoño 2016     | 5,64                                  |
|                  | QB-6                 | Invierno 2014  | 1,07                                  |
|                  |                      | Primavera 2014 | 0,17                                  |
|                  |                      | Verano 2015    | 2,21                                  |
|                  |                      | Otoño 2015     | 1,19                                  |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,68                                  |
|                  |                      | Primavera 2015 | 13,91                                 |
|                  |                      | Verano 2016    | 0,73                                  |
|                  |                      | Otoño 2016     | 1,59                                  |

ES: Estación Seca

Fuente: Elaboración Propia.

b.8) Sedimentos

El ANOSIM mostró que no existe diferencias entre las estaciones del sector ( $R:0,009$ ;  $p:0,384$ ), mientras que al comparar las temporadas de desarrollo de las campañas si existe una diferencia ( $R:0,239$ ;  $p:0,001$ ), el análisis pareado mostró diferencias en las parejas con la excepción de Primavera/Verano y Verano/Otoño.

Los valores de metales en sedimentos (Tabla 3.4-24) dan cuenta de niveles que varían entre las campañas en uno o dos órdenes de magnitud, no siendo constante en la mayoría de las estaciones. Considerando los valores de referencia (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), se registran valores elevados para Arsénico y Cobre que se mantienen en la mayoría de las estaciones, y de manera ocasional para Cadmio y Mercurio.

**Tabla 3.4-24. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Blanca.**

| Cuerpo de agua              | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |       |         |       |        |            |        |            |           |
|-----------------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------|-------|---------|-------|--------|------------|--------|------------|-----------|
|                             |                      |                | Aluminio                      | Arsénico  | Bario | Berilio | Boro  | Cadmio | Cobalto    | Cobre  | Cromo      |           |
| <b>Peligro biota (PEL)*</b> |                      |                |                               | <b>17</b> |       |         |       |        | <b>3,5</b> |        | <b>197</b> | <b>90</b> |
| Q. Blanca                   | QB1                  | Invierno 2014  | 7907                          | 2,40      | 63,00 | 0,08    | 46,00 | 0,50   | 10,20      | 380,40 | 7,70       |           |
|                             |                      | Primavera 2014 | 9685                          | 2,49      | 48    | 0,54    | 33    | 1,1    | 12,4       | 352    | 8,7        |           |
|                             |                      | Verano 2015    | 7132                          | 46        | 173   | 1,1     | 66    | 1,1    | 16,5       | 671    | 9,7        |           |
|                             |                      | Otoño 2015     | 4685                          | 17,07     | 41    | 0,2     | < 1   | 0,2    | 5,4        | 206    | 4,2        |           |
|                             |                      | Invierno 2015  | 2625                          | 26,2      | 49    | 0,1     | 14    | 0,3    | 5,6        | 157    | 3,8        |           |
|                             |                      | Primavera 2015 | 8898                          | 22        | 57,6  | 0       | 0     | 1,4    | 10,6       | 34     | 34         |           |
|                             |                      | Verano 2016    | 11584                         | 1,6       | 82,7  | < 0,1   | <0,5  | 1,36   | 10,8       | 474    | 32,1       |           |
|                             |                      | Otoño 2016     | 8543                          | 3,348     | 78    | < 0,1   | <0,5  | 1,05   | 13,85      | 321,6  | 19,23      |           |
|                             | QB3                  | Invierno 2014  | 7964                          | 2,00      | 39,00 | 0,31    | 36,00 | 0,90   | 6,30       | 341,10 | 8,60       |           |
|                             |                      | Primavera 2014 | 12511                         | 2,4       | 45    | 0,88    | 41    | 9,1    | 16,2       | 937    | 9          |           |
|                             |                      | Verano 2015    | 8922                          | 43        | 118   | 0,8     | 66    | 1,6    | 12,9       | 932    | 12,4       |           |
|                             |                      | Otoño 2015     | 5199                          | 8,5       | 66    | 0,1     | < 1   | 0,7    | 7,9        | 220    | 6          |           |
|                             |                      | Invierno 2015  | 6069                          | 28        | 73    | 0,2     | 22    | 0,4    | 5,2        | 244    | 4,5        |           |
|                             |                      | Primavera 2015 | 11552                         | 18,8      | 36,14 | 0,2     | 0     | 1,8    | 10,2       | 44,2   | 34,2       |           |
|                             |                      | Verano 2016    | 10812                         | 0,7       | 91,6  | < 0,1   | <0,5  | 1,8    | 12,9       | 497    | 31,3       |           |
|                             | QB4                  | Invierno 2014  | 5913                          | 2,47      | 61    | 0,37    | 52    | 1,3    | 9,0        | 459    | 6,8        |           |
|                             |                      | Primavera 2014 | 6779                          | 2,42      | 18    | 0,4     | 36    | 5,7    | 7,9        | 356    | 4,4        |           |
|                             |                      | Verano 2015    | 4596                          | 62        | 69    | 0,6     | 70    | 1,5    | 13         | 678    | 6,8        |           |
|                             |                      | Otoño 2015     | 2499                          | 19        | 83    | 0,2     | < 1   | 0,9    | 6,8        | 198    | 2,4        |           |
|                             |                      | Invierno 2015  | 2966                          | 20,2      | 92    | 0,2     | 14    | 0,4    | 4,3        | 232    | 2,8        |           |
|                             |                      | Verano 2016    | 9817                          | 2,4       | 80,4  | < 0,1   | <0,5  | 0,59   | 9,6        | 81     | 23,8       |           |
|                             |                      | Otoño 2016     | 9312                          | 3,4       | 52    | < 0,1   | <0,5  | 0,92   | 12,34      | 504,8  | 8,19       |           |
|                             | QB6                  | Invierno 2014  | 6028                          | 2,58      | 29    | 0,05    | 33    | 0,78   | 5,7        | 88,2   | 5,1        |           |
|                             |                      | Primavera 2014 | 6851                          | 2,6       | 32    | 0,43    | 28    | 2,4    | 9,2        | 128    | 3,9        |           |
|                             |                      | Verano 2015    | 5228                          | 50        | 50    | 0,4     | 49    | 1,5    | 9,3        | 240    | 5,3        |           |
|                             |                      | Otoño 2015     | 2638                          | 1,7       | 17    | 0,1     | < 1   | 0,4    | 4,1        | 61     | 1,5        |           |

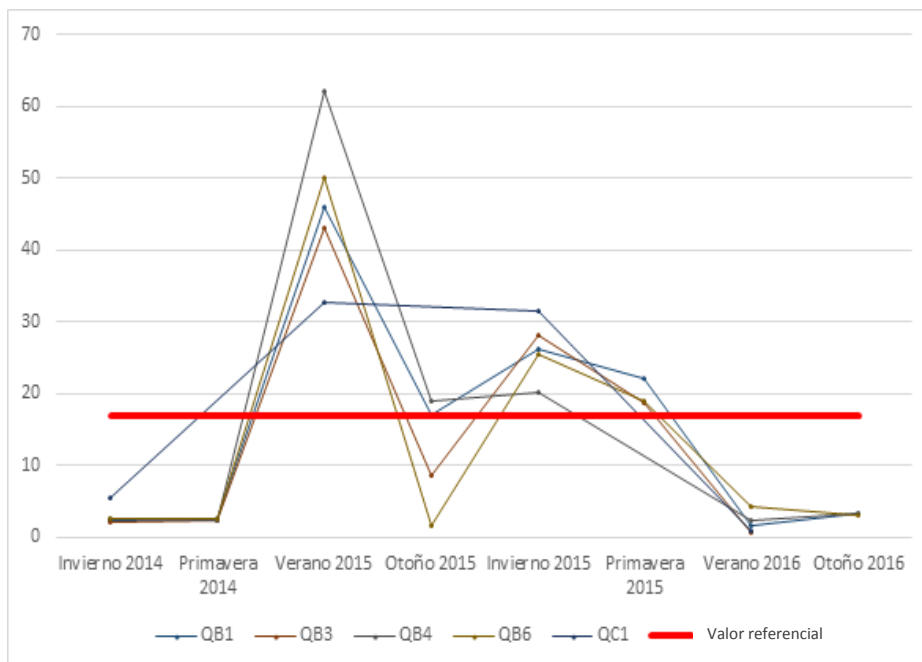
| Cuerpo de agua       | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |    |
|----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|----|
|                      |                      |                | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |    |
| Peligro biota (PEL)* |                      |                |                               | 17       |       |         |      |        | 3,5     |       | 197   | 90 |
|                      |                      | Invierno 2015  | 2403                          | 25,4     | 31    | < 0,1   | 10   | 0,2    | 3,3     | 56    | 1,9   |    |
|                      |                      | Primavera 2015 | 5018                          | 18,9     | 21,9  | 0       | 0    | 1      | 5,95    | 17,1  | 17,1  |    |
|                      |                      | Verano 2016    | 10141                         | 4,2      | 49,3  | < 0,1   | <0,5 | 1,31   | 10,6    | 205   | 27    |    |
|                      |                      | Otoño 2016     | 6636                          | 3,0      | 29,1  | 0,1     | <0,5 | 0,76   | 13,86   | 442,2 | 4,01  |    |
| Q. Cascasca          | QC1                  | Invierno 2014  | 6106                          | 5,44     | 55    | 0,17    | 38   | 0,79   | 5,7     | 43,7  | 4,9   |    |
|                      |                      | Verano 2015    | 5092                          | 32,78    | 54    | 0,2     | 30   | 1,2    | 6,8     | 74,1  | 4,2   |    |
|                      |                      | Invierno 2015  | 2956                          | 31,6     | 25    | < 0,1   | 41   | < 0,1  | 1,5     | 169   | 1,2   |    |
|                      |                      | Verano 2016    | 12077                         | 0,95     | 123   | < 0,1   | <0,5 | 6,49   | 14,6    | 143,8 | 59,8  |    |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña

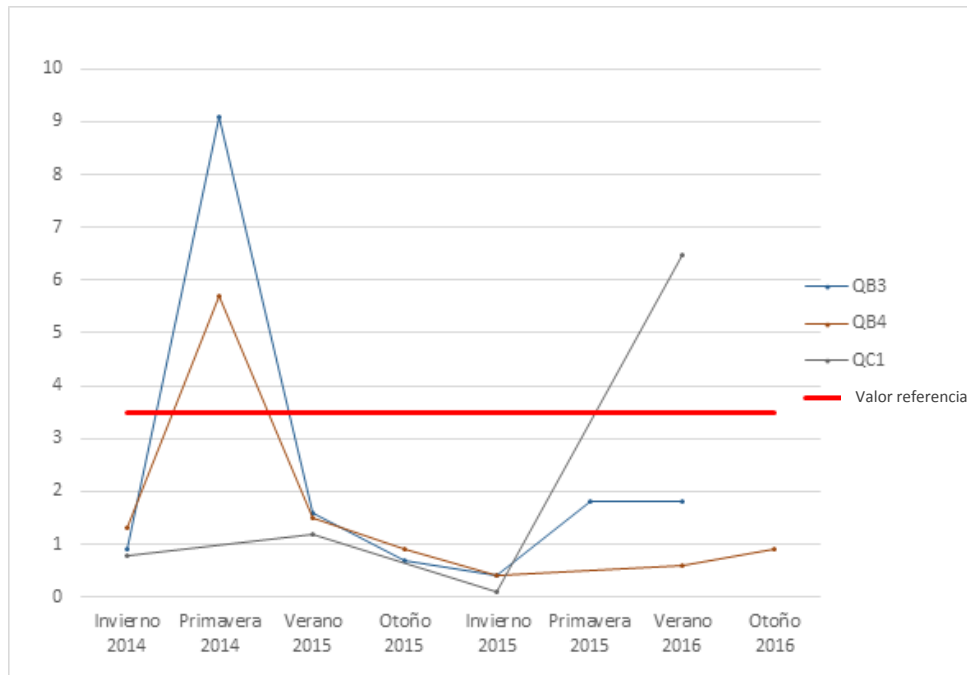
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre los rangos referenciales establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores límite con líneas en color rojo.

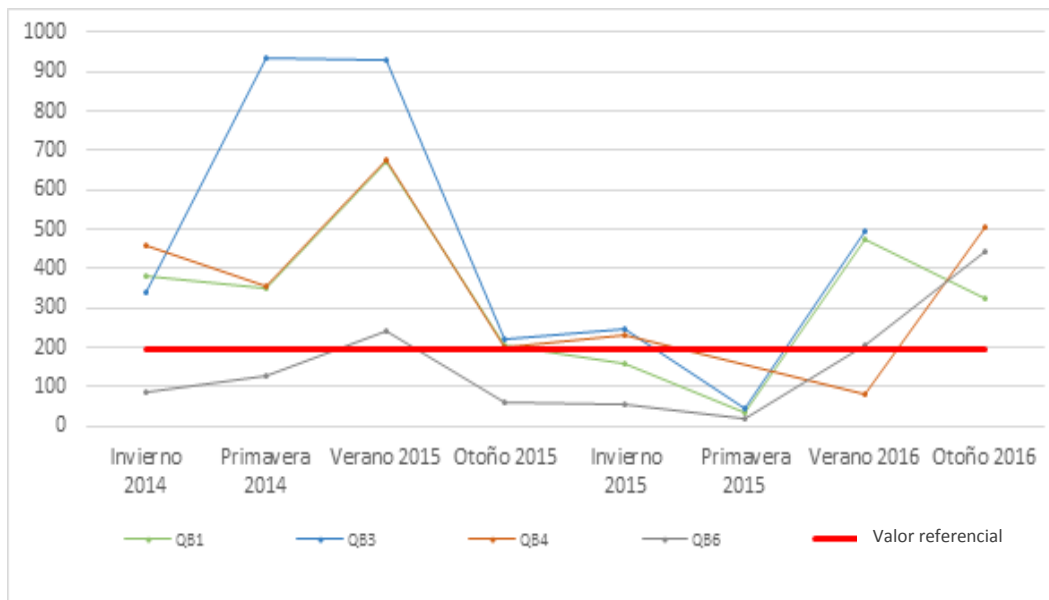
**Figura 3.4-45. Valores de concentración de Arsénico mg/Kg, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-46. Valores de concentración de Cadmio mg/Kg, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-47. Valores de concentración de Cobre mg/Kg, sector Quebrada Blanca.**



**Tabla 3.4-25. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Blanca.**

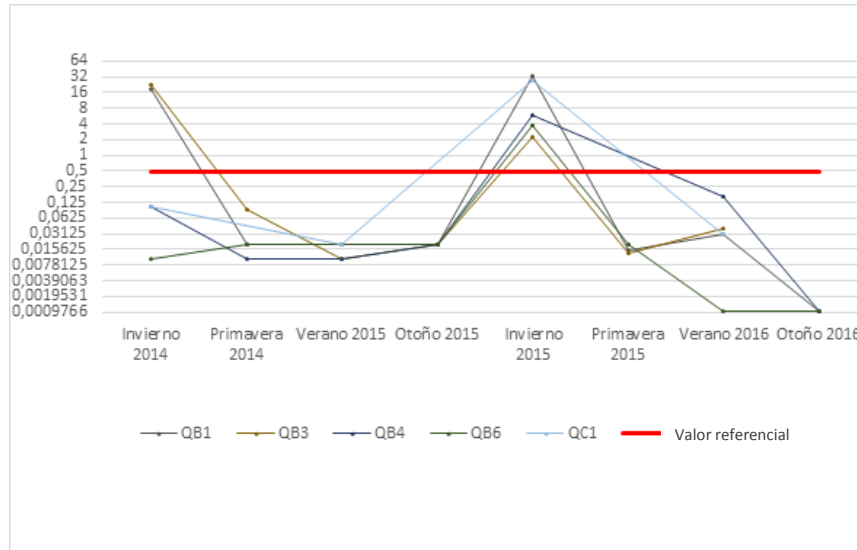
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |             |         |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------------|---------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo       | Vanadio | Zinc       |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       | <b>91,3</b> |         | <b>315</b> |
| Q, Blanca             | QB1                  | Invierno 2014  | 8733                          | 5491     | 475,00    | 18,70        | 3,40      | 7,30   | < 1   | 22,50       | 36,00   | 94,80      |
|                       |                      | Primavera 2014 | 19100                         | 4214     | 593       | 0,02         | 6,9       | 5,9    | <1    | 2,9         | 38      | 121,4      |
|                       |                      | Verano 2015    | 16088                         | 6457     | 996       | 0,02         | 5,8       | 11,1   | < 1   | 38,3        | 69      | 113        |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5990                          | 3801     | 331       | 0,02         | 2,6       | 4,1    | < 1   | 15          | 23      | 49         |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3760                          |          | 398       | 33           | 0,2       | 4,2    | < 1   | 13,1        | 14      | 46         |
|                       |                      | Primavera 2015 | 12056                         |          | 701       | 0,015        | 4,6       | 25,2   | 0     | 27,8        | 47,3    | 103        |
|                       |                      | Verano 2016    | 22994                         |          | 573       | 0,03         | 7,17      | 7,9    | < 1   | 34,3        | 50,3    | 122,4      |
|                       |                      | Otoño 2016     | 25204                         |          | 997,2     | <0,001       | 2,5       | 12,06  | < 1   | 31,4        | 47,3    | 115,8      |
|                       | QB3                  | Invierno 2014  | 7932                          | 5028     | 284,00    | 23,00        | 2,80      | 7,00   | < 1   | 20,20       | 27,00   | 97,40      |
|                       |                      | Primavera 2014 | 17023                         | 5194     | 781       | 0,09         | 6,1       | 7      | 1     | 8,1         | 36      | 170,2      |
|                       |                      | Verano 2015    | 16340                         | 5900     | 820       | 0,01         | 5,8       | 11,6   | < 1   | 32,4        | 64      | 665        |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6134                          | 3156     | 637       | 0,02         | 2,4       | 5,3    | 1     | 20,5        | 23      | 64         |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3937                          |          | 281       | 2,3          | 0,7       | 4,2    | < 1   | 12,6        | 15      | 51         |
|                       |                      | Primavera 2015 | 11803                         |          | 500       | 0,013        | 4,7       | 22,9   | 0     | 22,7        | 46,4    | 125        |
|                       |                      | Verano 2016    | 20569                         |          | 794       | 0,04         | 4,4       | 10,6   | < 1   | 25,5        | 46,4    | 150,9      |
|                       | QB4                  | Invierno 2014  | 9064                          | 2988     | 757       | < 0,1        | 6,2       | 5,9    | < 1   | 37          | 31      | 139        |
|                       |                      | Primavera 2014 | 10335                         | 3289     | 389       | 0,01         | 3,9       | 4,8    | <1    | 14,7        | 20      | 156,7      |
|                       |                      | Verano 2015    | 17714                         | 3068     | 827       | 0,01         | 9,7       | 7,5    | < 1   | 45          | 52      | 152        |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5697                          | 1781     | 1081      | 0,02         | 1,8       | 2,4    | < 1   | 27,2        | 14      | 52         |
|                       |                      | Verano 2016    | 16294                         |          | 731       | 0,16         | 0,58      | 6,61   | < 1   | 14,6        | 61,8    | 48,8       |
|                       |                      | Otoño 2016     | 29454                         |          | 689,1     | <0,001       | 5,2       | 9,18   | < 1   | 40,2        | 46,2    | 135,6      |
|                       | QB6                  | Invierno 2014  | 5848                          | 3931     | 362       | < 0,01       | 1,6       | 4,8    | < 1   | 12,6        | 19      | 73,3       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 9969                          | 4835     | 521       | 0,02         | 4,1       | 3,7    | 1,3   | 18,5        | 22      | 89,4       |
|                       |                      | Verano 2015    | 11960                         | 5630     | 917       | 0,02         | 3,2       | 7,3    | < 1   | 36,9        | 38      | 118        |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6134                          | 2877     | 281       | 0,02         | 0,8       | 2,1    | 2,3   | 7,5         | 7       | 37         |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3099                          |          | 226       | 3,8          | 0,3       | 3      | < 1   | 9           | 8       | 54         |
|                       |                      | Primavera 2015 | 7891                          |          | 420       | 0,02         | 1,4       | 26,7   | 0     | 19,1        | 20,5    | 90,6       |
|                       |                      | Verano 2016    | 21544                         |          | 635,4     | <0,001       | 2,3       | 9,15   | < 1   | 30,3        | 38,3    | 159        |
| Otoño 2016            |                      | 13867          |                               | 878,1    | <0,001    | 2,95         | 8,86      | < 1    | 28,9  | 25,6        | 102,7   |            |
| Q. Cascasca           | QC1                  | Invierno 2014  | 7341                          | 4175     | 608       | < 0,1        | 0,8       | 4,8    | < 1   | 48          | 25      | 118,7      |
|                       |                      | Verano 2015    | 10638                         | 4835     | 886       | 0,02         | 0,4       | 5,6    | < 1   | 57          | 33      | 117,1      |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2168                          |          | 102       | 27           | 0,3       | 1,3    | < 1   | 3           | 11      | 14         |
|                       |                      | Verano 2016    | 20142                         |          | 1278      | 0,03         | 0,2       | 13,1   | < 1   | 130         | 57,6    | 306,8      |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña

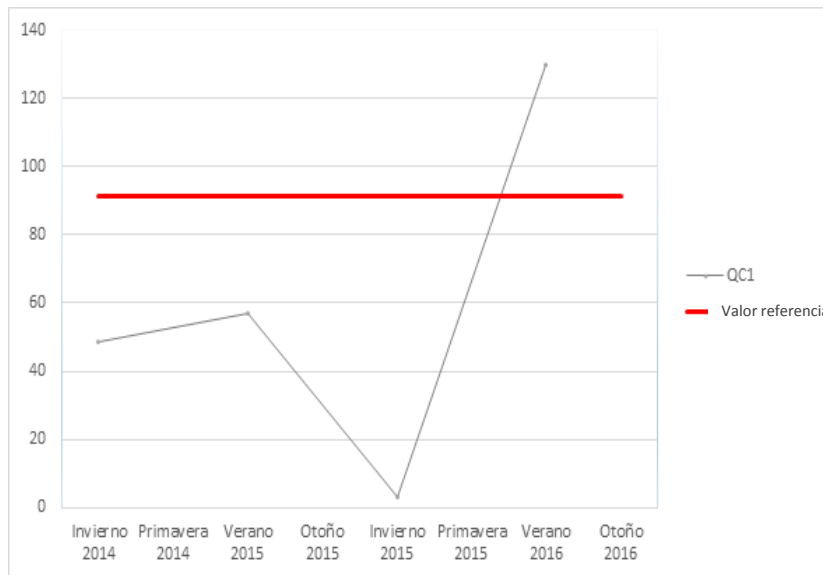
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre los rangos referenciales establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

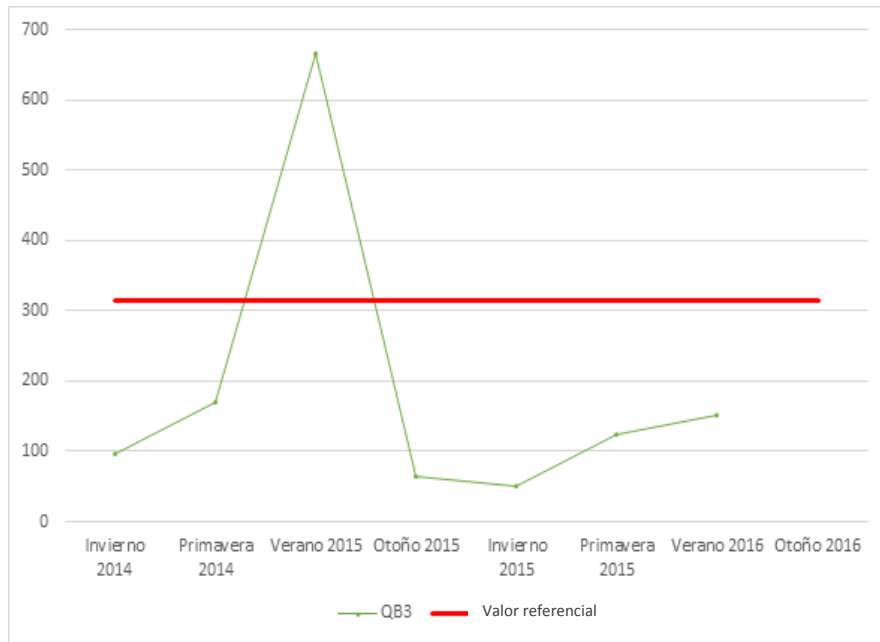
**Figura 3.4-48. Valores de concentración de Mercurio mg/Kg, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-49. Valores de concentración de Plomo mg/Kg, sector Quebrada Blanca.**



**Figura 3.4-50. Valores de concentración de Plomo mg/Kg, sector Quebrada Blanca.**



Los compuestos orgánicos en sedimentos, muestran valores frecuentemente bajo el límite de detección, observándose algunas variaciones entre campañas. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total en las estaciones QB-1 y QB-6, particularmente en las campañas de invierno 2015.

**Tabla 3.4-26. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Quebrada Blanca.**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |      |
|----------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                      |                      | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota</b> |                      | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
| Q. Blanca            | QB1                  | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 0,93                    | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | <0,01                   | < 50                | <50  |
|                      |                      | Otoño 2015                   | 7,99                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Invierno 2015                | 20600                   | < 0,1               | 39   |
|                      |                      | Primavera 2015               | < 0,01                  | 0                   | 5    |
|                      |                      | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                      |                      | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |
|                      | QB3                  | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 1,28                    | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | 0,11                    | < 50                | <50  |
|                      |                      | Otoño 2015                   | 5,19                    | < 0,1               | < 50 |

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |      |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                      |                      |                | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota</b> |                      |                | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | 0,23                    | 35                  |      |
|                      |                      | Primavera 2015 | < 0,01                       | 0                       | 16                  |      |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |      |
|                      | QB4                  | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |      |
|                      |                      | Primavera 2014 | 0,86                         | <0,1                    | <50                 |      |
|                      |                      | Verano 2015    | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |      |
|                      |                      | Otoño 2015     | 1,19                         | < 0,1                   | < 50                |      |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | < 0,1                   | 23                  |      |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |      |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |      |
|                      |                      | QB6            | Invierno 2014                | 0,32                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      |                | Primavera 2014               | 0,67                    | <0,1                | <50  |
|                      | Verano 2015          |                | 0,61                         | < 50                    | <50                 |      |
|                      | Otoño 2015           |                | 5,19                         | < 0,1                   | < 50                |      |
|                      | Invierno 2015        |                | 22300                        | < 0,1                   | 14                  |      |
|                      | Primavera 2015       |                | < 0,01                       | 0                       | 14                  |      |
|                      | Q. Cascasca          | QC1            | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                      |                      |                | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |
| Invierno 2014        |                      |                | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |      |
| Verano 2015          |                      |                | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |      |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | < 0,1                   | 7                   |      |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |      |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, los análisis de granulometría indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, una fracción menor de arena fina, con alguna fracción de Limo grueso en casi todas las estaciones de muestreo de este sector.



**Tabla 3.4-27. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Quebrada Blanca.**

| Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |       |            |       |       |       |             |
|----------|---------------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|
|          |                     | Arena gruesa            |       |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |
|          | Unidad medida       | % Retención             |       |       |       |            |       |       |       |             |
|          | Apertura Malla (mm) | 2                       | 1     | 0,5   | 0,25  | 0,125      | 0,088 | 0,074 | 0,063 | 0,044       |
| QB1      | Invierno 2014       | 25,92                   | 19,24 | 17,81 | 14,16 | 11,33      | -     | -     | -     | 2,98        |
|          | Primavera 2014      | 20,67                   | 23,6  | 21,69 | 12,76 | 7,31       |       |       |       | 4,46        |
|          | Verano 2015         | 50,56                   | 12,66 | 11,88 | 9,24  | 8,82       |       |       |       | 5,93        |
|          | Otoño 2015          | 40,88                   | 19,16 | 16,86 | 13,03 | 7,19       |       |       |       | 2,71        |
|          | Invierno 2015       | 48,02                   | 13,87 | 11,92 | 9,69  | 7,4        |       |       | 5,07  |             |
|          | Primavera 2015      | 10                      | 14,2  | 18,9  | 14,8  | 15,2       |       |       | 10,6  |             |
|          | Verano 2016         | 34,27                   | 15,78 | 13,6  | 9,86  | 7,31       |       |       | 7,04  |             |
|          | Otoño 2016          | 51,86                   | 11,17 | 9,04  | 8,24  | 6,25       |       |       | 4,54  |             |
| QB3      | Invierno 2014       | 15,43                   | 14,24 | 25,23 | 14,8  | 10,4       | -     | -     | -     | 3,28        |
|          | Primavera 2014      | 31,54                   | 13,6  | 12,87 | 10,73 | 6,78       |       |       |       | 4,86        |
|          | Verano 2015         | 32,3                    | 16,92 | 14,32 | 14,63 | 13,61      |       |       |       | 7,78        |
|          | Otoño 2015          | 39,74                   | 13,33 | 13,3  | 11,62 | 17,55      |       |       |       | 1,09        |
|          | Invierno 2015       | 56,42                   | 14,3  | 8,34  | 8,95  | 7,47       |       |       | 3,65  |             |
|          | Primavera 2015      | 22                      | 6,43  | 6,18  | 10,6  | 14,6       |       |       | 7,8   |             |
|          | Verano 2016         | 22,21                   | 8,44  | 8,82  | 9,93  | 13         |       |       | 13,4  |             |
| QB4      | Invierno 2014       | 44,89                   | 17,32 | 15,24 | 11,11 | 6,3        | -     | -     | -     | 2,04        |
|          | Primavera 2014      | 60,2                    | 15,95 | 11,39 | 5,81  | 2,14       |       |       |       | 0,68        |
|          | Verano 2015         | 36,3                    | 16,73 | 17,71 | 16,23 | 11,79      |       |       |       | 1,07        |
|          | Otoño 2015          | 49,13                   | 21,5  | 15,85 | 7,48  | 2,83       |       |       |       | 0,44        |
|          | Invierno 2015       | 24,43                   | 17,05 | 16    | 12,82 | 11,29      |       |       | 4,24  |             |
|          | Verano 2016         | 24,8                    | 11,93 | 12,49 | 10,28 | 5,08       |       |       | 2,44  |             |
|          | Otoño 2016          | 56,33                   | 13,25 | 7,82  | 7,53  | 6,12       |       |       | 3,39  |             |
| QB6      | Invierno 2014       | 69,59                   | 10,29 | 7,16  | 3,69  | 2,82       | -     | -     | -     | 1,52        |
|          | Primavera 2014      | 71,77                   | 5,53  | 4,33  | 4,64  | 3,81       |       |       |       | 2,63        |
|          | Verano 2015         | 54,2                    | 7,85  | 5,11  | 4,72  | 5,8        |       |       |       | 3,99        |
|          | Otoño 2015          | 6,61                    | 16,14 | 10,85 | 6,08  | 4,12       |       |       |       | 1,06        |
|          | Invierno 2015       | 56,42                   | 20,88 | 11,75 | 6,37  | 2,47       |       |       | 0,67  |             |
|          | Primavera 2015      | 62                      | 9,96  | 7,32  | 5,35  | 4,52       |       |       | 1,9   |             |
|          | Verano 2016         | 60,15                   | 11,3  | 6,77  | 4,78  | 3,12       |       |       | 1,63  |             |
|          | Otoño 2016          | 48,3                    | 20,51 | 15,96 | 7,36  | 2,42       |       |       | 0,88  |             |
| QC1      | Invierno 2014       | 52,21                   | 19,47 | 16,14 | 7,34  | 3,02       | -     | -     | -     | 0,79        |
|          | Verano 2015         | 17,75                   | 26,25 | 32,84 | 17,84 | 5,65       |       |       |       | 1,55        |
|          | Invierno 2015       | 15,13                   | 9,33  | 12,91 | 52,76 | 8,05       |       |       | 1,38  |             |
|          | Verano 2016         | 45,49                   | 24,45 | 16,41 | 7,43  | 4,06       |       |       | 2,07  |             |

Fuente: Elaboración Propia.

b.9) Biota acuática

- Quebrada Blanca

- Anfibios

No se encontraron individuos de este componente en el Sector.

- Macrófitas

En esta quebrada, solo se registró este componente en la estación QB-6, cercana a la confluencia con la quebrada Ramucho. Si bien la abundancia varió ampliamente dependiendo de la campaña, con máximos durante primavera 2014 y otoño e invierno 2015, la riqueza fue muy similar a lo largo de todo el año con 2 o 3 taxa en la estación por cada campaña.

**Tabla 3.4-28. Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Quebrada Blanca.**

| Estación | Campaña        | Briofita | <i>Veronica anagallis aquatica</i> | <i>Poaceae.</i> | Abundancia % | Riqueza |
|----------|----------------|----------|------------------------------------|-----------------|--------------|---------|
| QB6      | Invierno 2014  |          | 5                                  | 10              | 15           | 2       |
|          | Primavera 2014 |          | 40                                 | 50              | 90           | 2       |
|          | Verano 2015    |          | 30                                 | p               | 35           | 2       |
|          | Otoño 2015     | p        | p                                  | 60              | 70           | 3       |
|          | Invierno 2015  |          | 25                                 | 45              | 70           | 2       |
|          | Primavera 2015 | p        | 30                                 |                 | 30           | 2       |
|          | Verano 2016    | p        | 10                                 | 50              | 65           | 3       |
|          | Otoño 2016     | p        | 30                                 | 30              | 65           | 3       |

Fuente: Elaboración Propia.

- Fitobentos

La abundancia en este sector, fue más alta en general para la estación QB-5, aunque se registró valores particularmente altos en otras estaciones.

La riqueza de taxa fue mayor en general para la estación QB-6, mientras que los menores valores registrados se encontraron en QB-5.

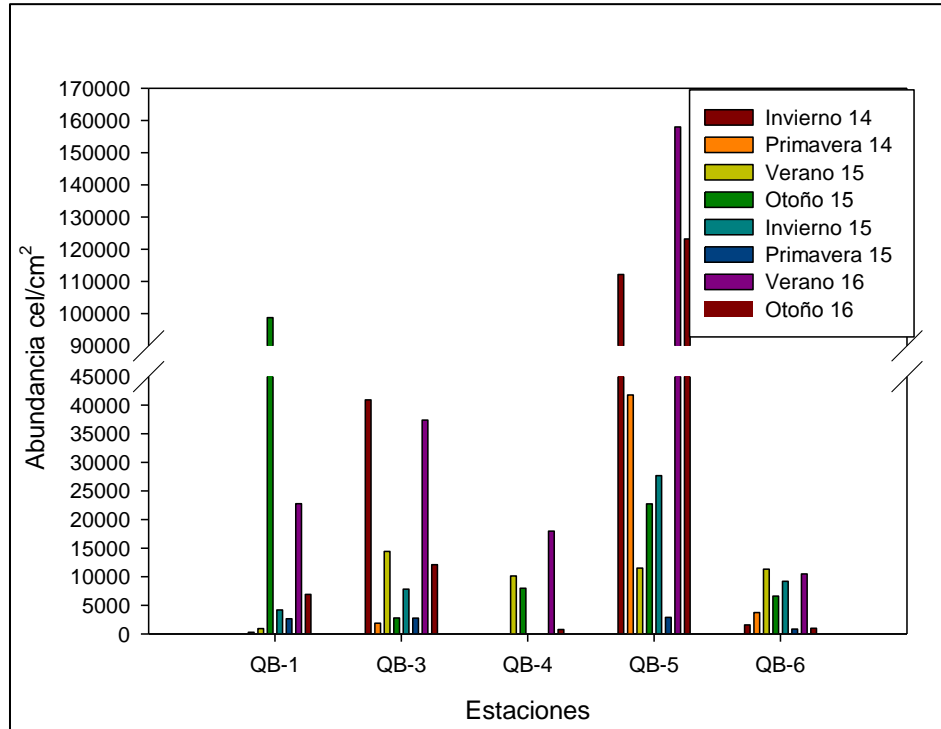
Los valores de diversidad, más altos se registraron en las estaciones QB-1 y QB-6, mientras que los más bajos en QB-4 y QB-5.

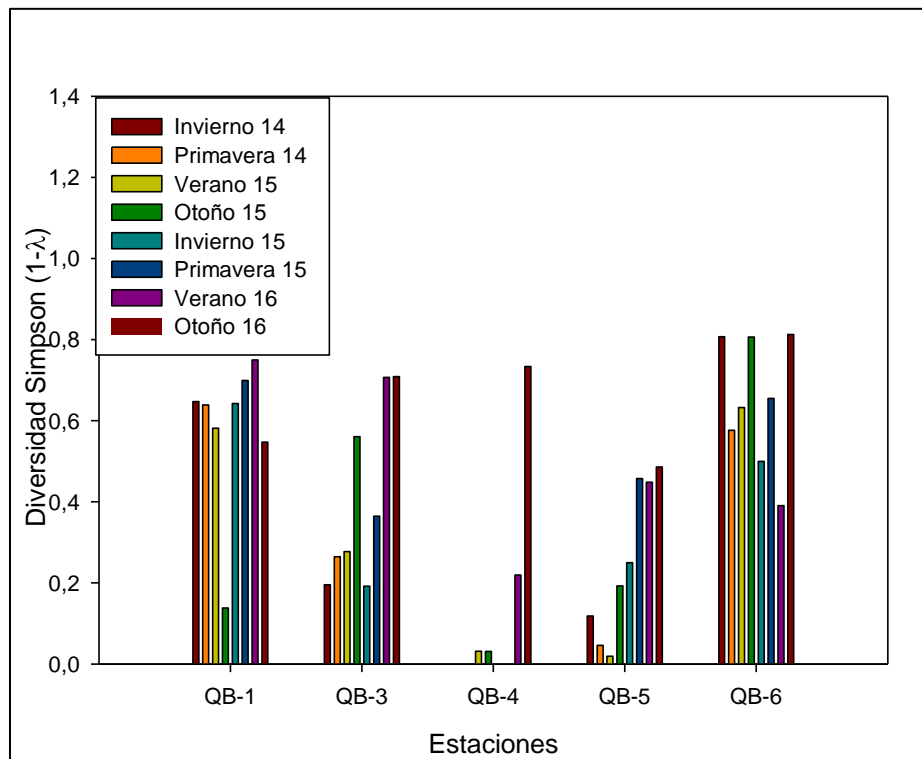
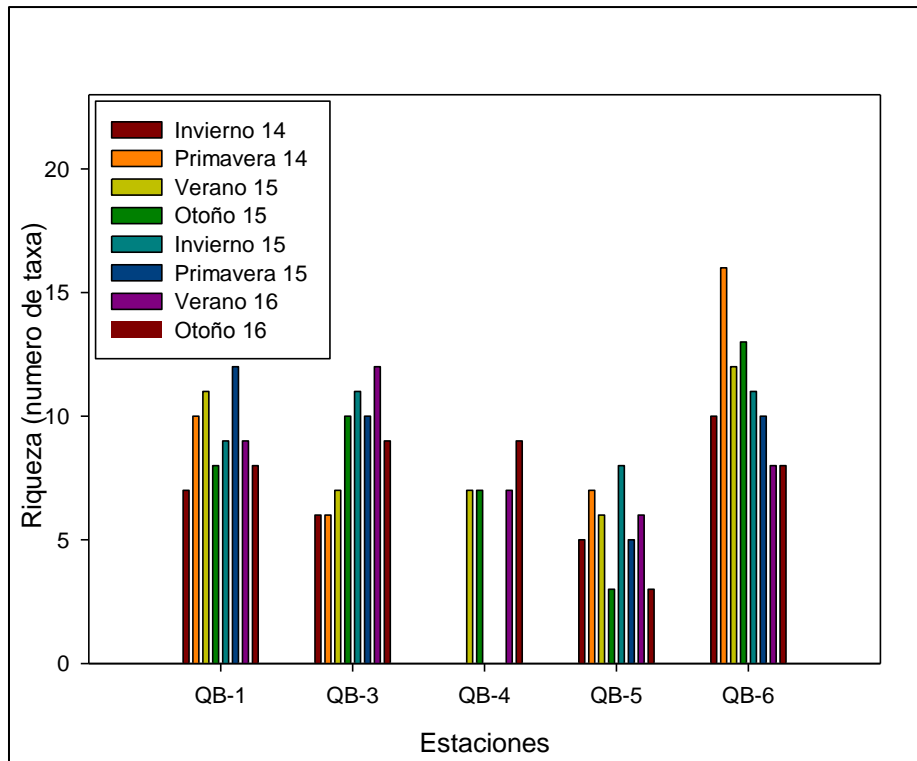
El análisis ANOSIM mostró diferencias entra las estaciones de muestreo del sector (R: 0,439 p: 0,001), sin embargo el análisis pareado *a posteriori* no pudo diferenciar entre los pares de estaciones QB-1/QB-3, QB5/QB4. Por otra parte al comparar entre las estaciones durante las que se desarrollaron las campañas no se encontró diferencia entre ellas (R:-0,018; p: 0,614).

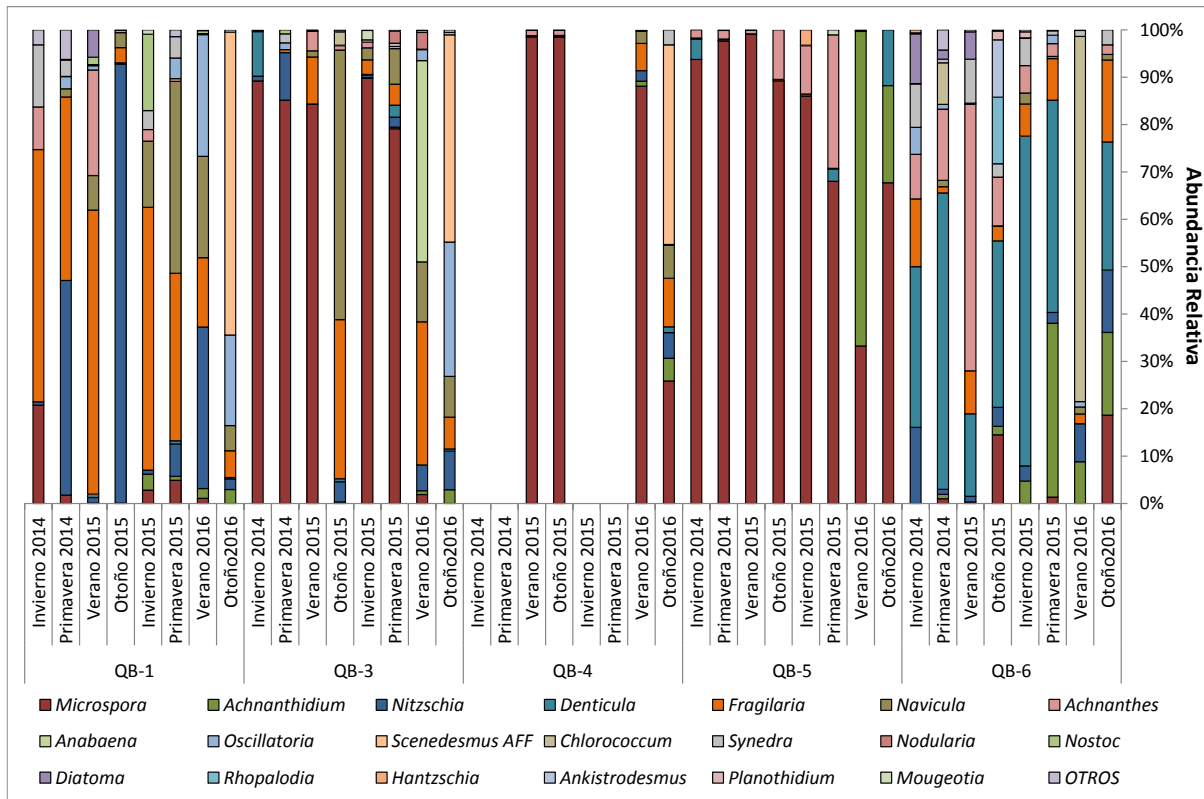
En este sector se encontró una mayor abundancia de los taxa *Microspora* y *Achnantidium*.

En la estación QB-1, los taxa dominantes corresponden a *Fragilaria* y *Nitzschia*, mientras que para QB-3, QB-4 y QB-5 el taxa dominante correspondió a *Microspora*, para QB-6 la dominancia recayó sobre *Denticula*, *Achnantidium* y *Chlorococcum*.

**Figura 3.4-51. Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Blanca.**







Fuente: Elaboración Propia.

- Fitoplancton

La abundancia de fitoplancton en este sector, tuvo sus más altos registros en QB-4 cuando se detectó la presencia de agua y pudo monitorearse.

La riqueza en general marcó sus máximos durante las últimas campañas de invierno y primavera y los mínimos durante la primera campaña de invierno.

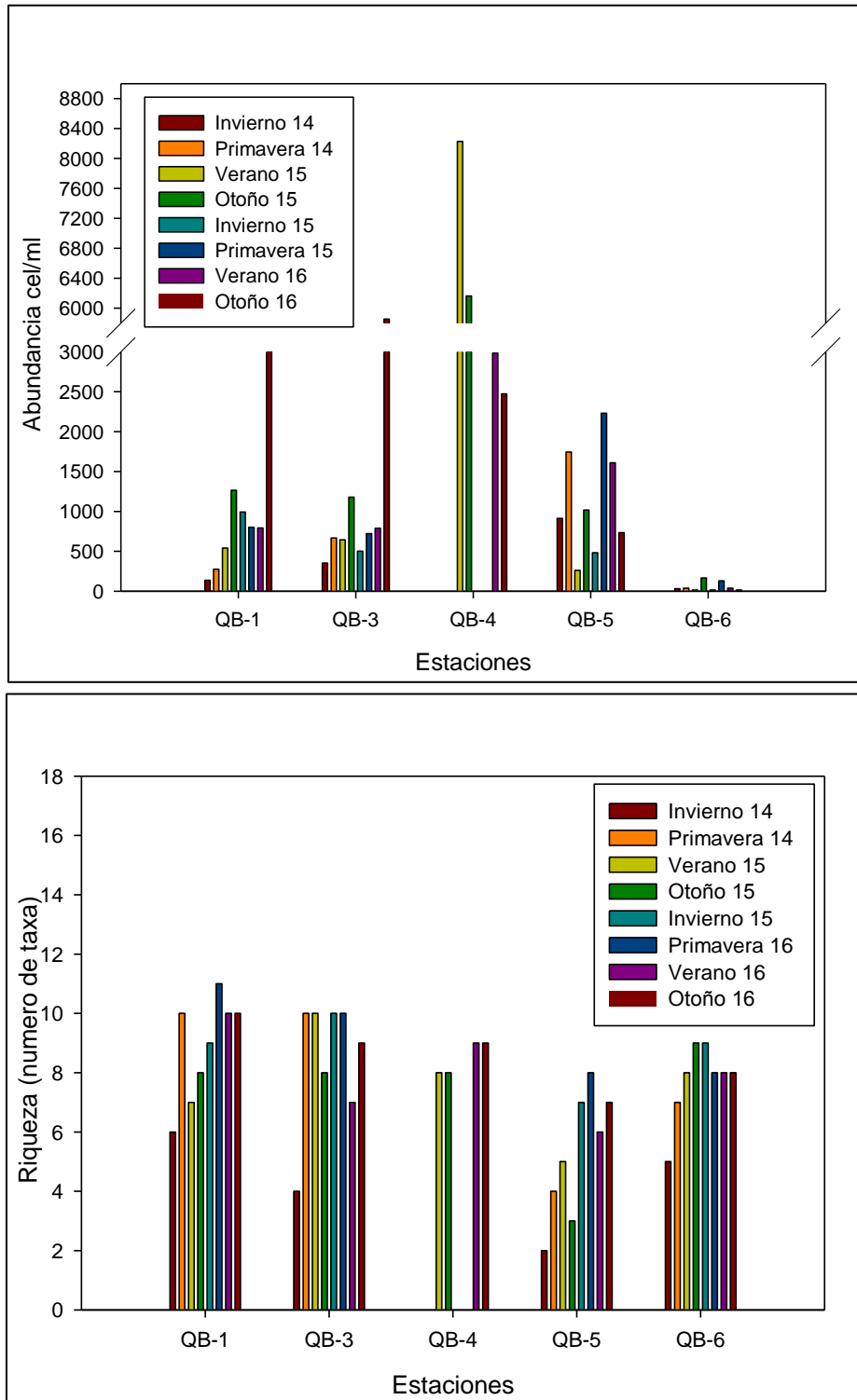
Los valores de diversidad registrados mostraron a QB-4 con los registros más bajos.

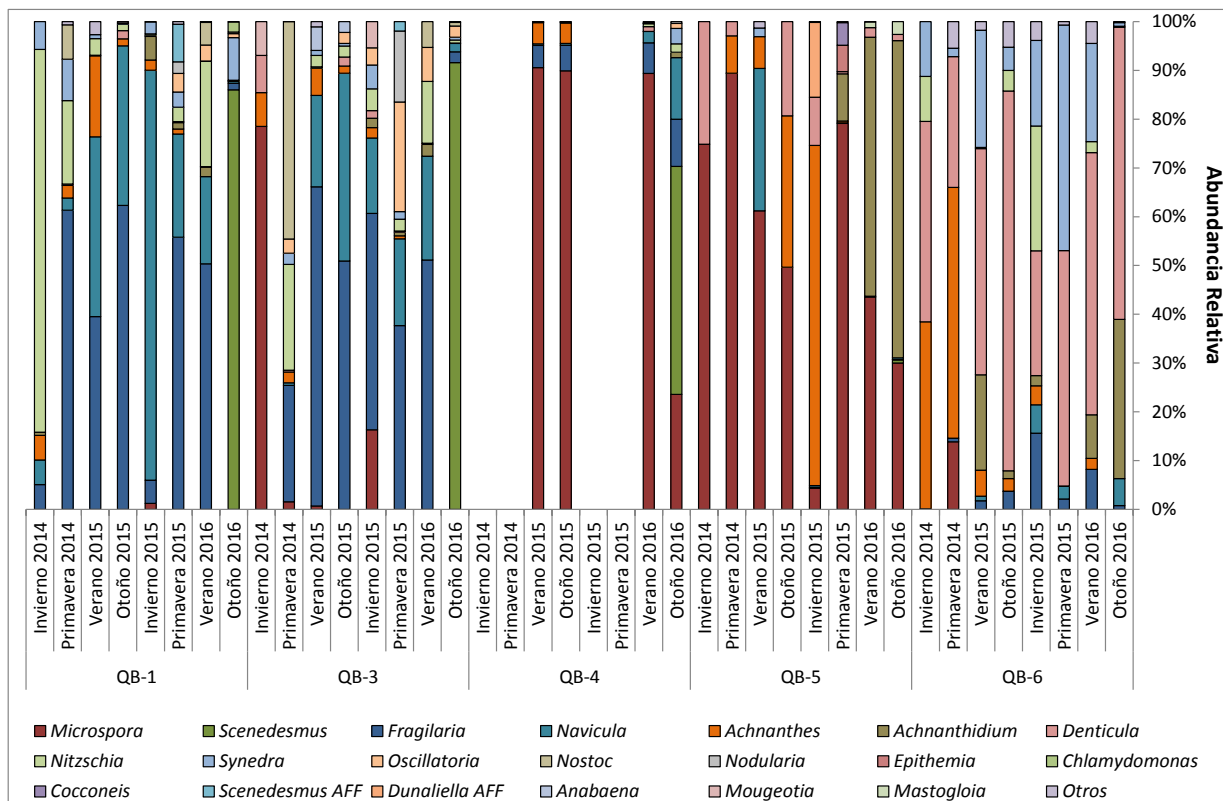
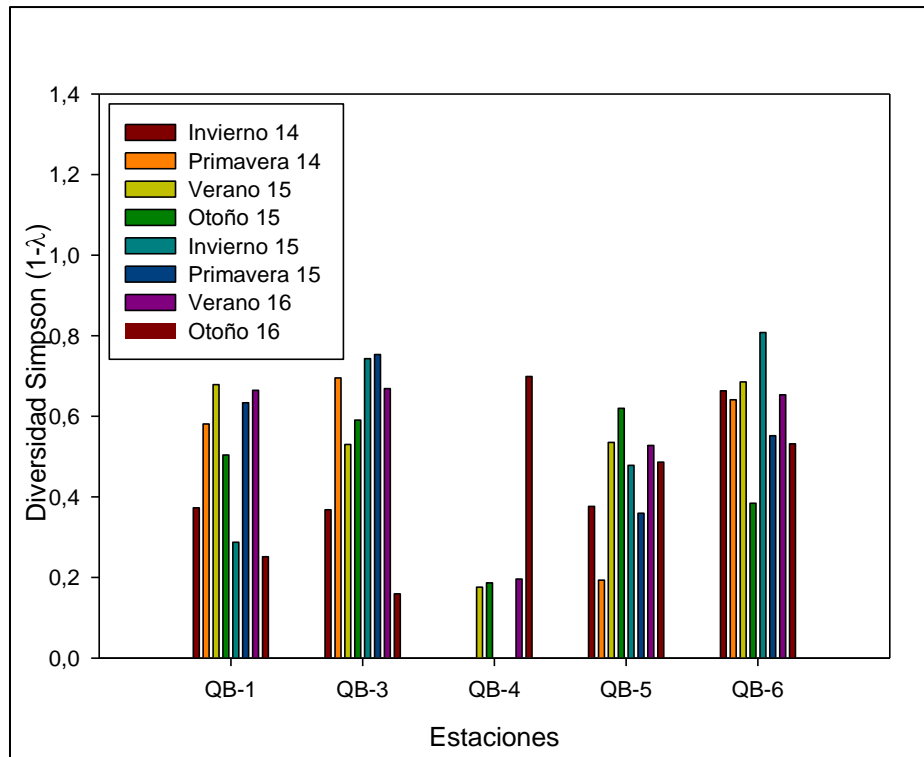
El análisis ANOSIM mostró que existen diferencias entre las estaciones de muestreo (R: 0,654; p: 0,001) aunque el análisis *a posteriori* no pudo diferenciar significativamente entre QB-1/QB-3. El uso de ANOSIM no mostró diferencia entre las estaciones del año en que fueron desarrolladas las campañas (R:-0,034; p: 0,751).

Los taxa más abundantes en el sector corresponden a *Microspora* y *Fragilaria*.

En las estaciones QB-1 y QB-3 los taxa dominantes corresponden a *Fragilaria* y *Navícula*, en QB-4 y QB-5 el taxa dominante corresponde a *Microspora* y en la estación QB-6 la dominancia recae en *Denticula* y *Achnantes*.

**Figura 3.4-52. Variables comunitarias de fitoplancton en Quebrada Blanca.**





Fuente: Elaboración Propia

- Zoobentos

La abundancia de zoobentos fue mayor en general, en las estaciones QB-1 y QB-6, especialmente durante la campaña de otoño, en general la estación QB-4 mostró los valores más bajos, lo que puede deberse al carácter intermitente del flujo de agua en dicho sector. En la riqueza también se registraron los valores mayores en las estaciones QB-1 y QB-6.

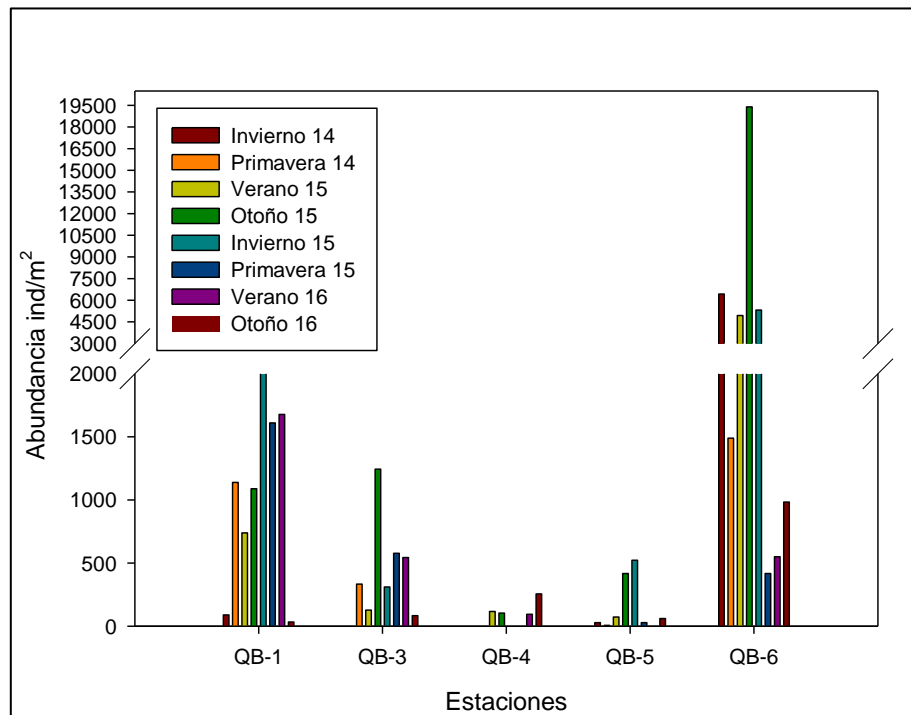
La diversidad fue muy similar entre las campañas de QB-4, mientras que para el resto de las estaciones tuvo variaciones.

El análisis ANOSIM mostró diferencias entra las estaciones de muestreo (R: 0,205; p: 0,001) aunque el análisis pareado *a posteriori* no encontró diferencias significativas entre el par QB1/QB/3, QB3/QB4, QB-5/QB-4. El análisis entre las estaciones durante las que se desarrolló las campañas no mostró diferencias entre las mismas (R: -0,02; p: 0,672).

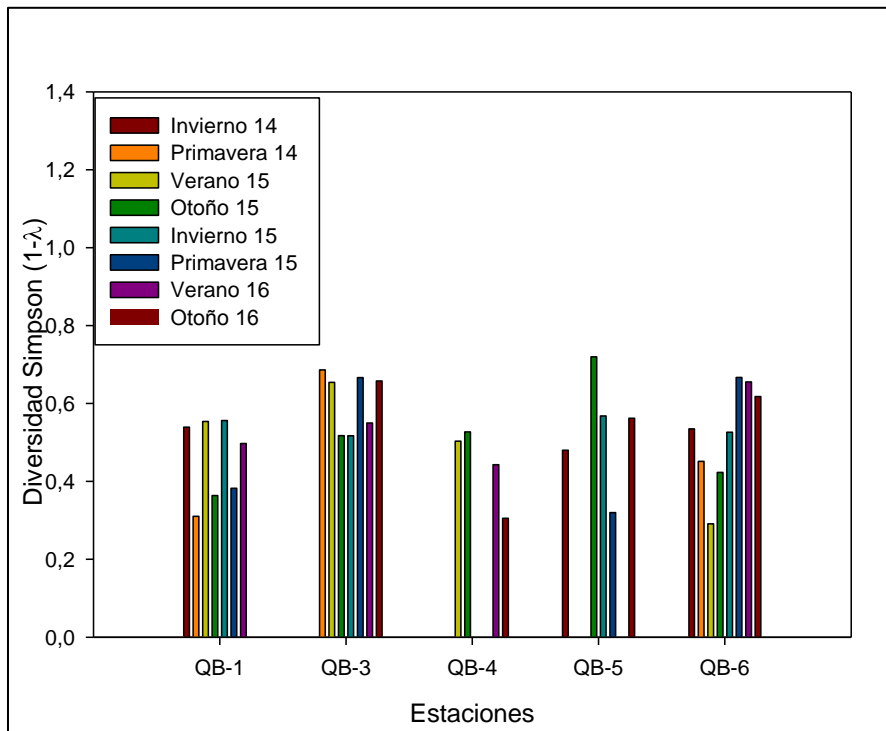
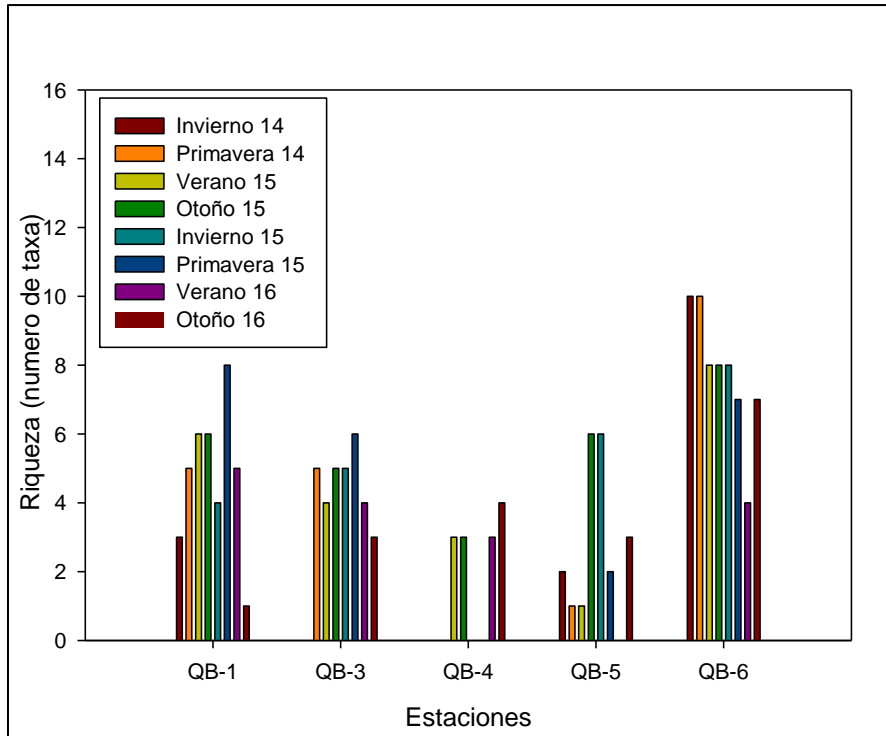
Los taxa más abundantes en el sector corresponden a Ostracoda y Chironomidae.

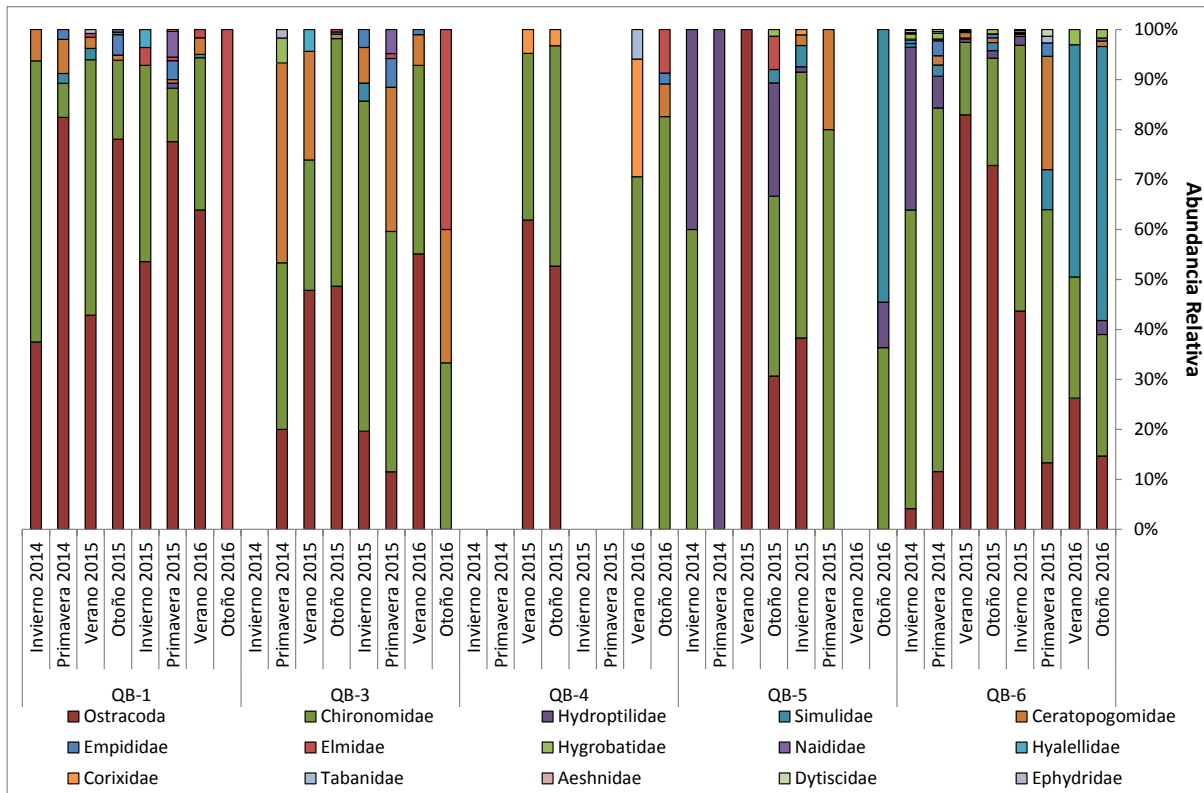
En todas las estaciones del sector los taxa dominantes correspondieron a Ostracoda y Chironomidae con algunas excepciones puntuales.

**Figura 3.4-53. Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Blanca**









Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton

En general, las estaciones QB-5 y QB-6 registraron las menores abundancias, mientras que en QB-3 se registró el valor más alto, durante la campaña de verano.

Los valores de Riqueza cambiaron con las campañas de una manera similar en las estaciones QB-1, QB-3 y QB-6, mientras que QB-4 y QB-5 mostraron menores variaciones.

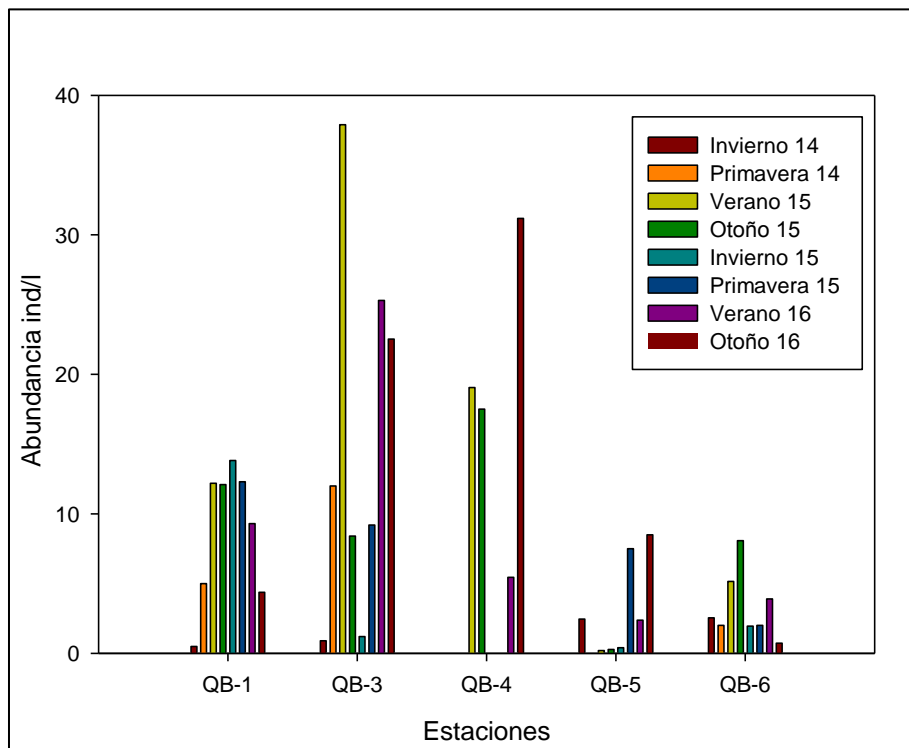
La diversidad mostró cambios entre campañas similares entre las estaciones QB-1, QB-3 y QB-6, mientras que QB-4 se mantuvo muy similar.

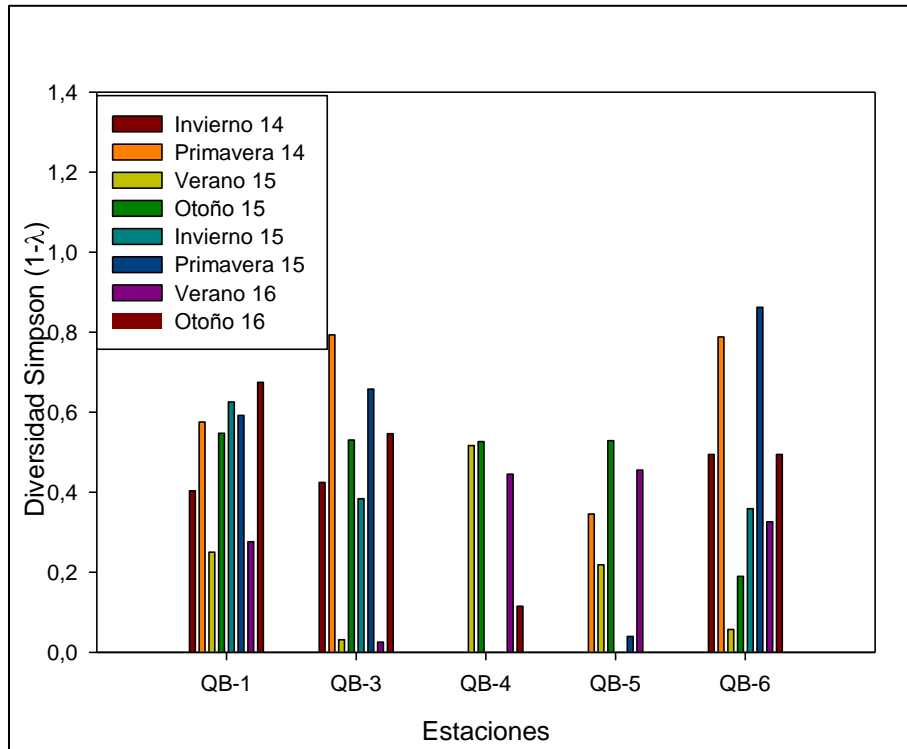
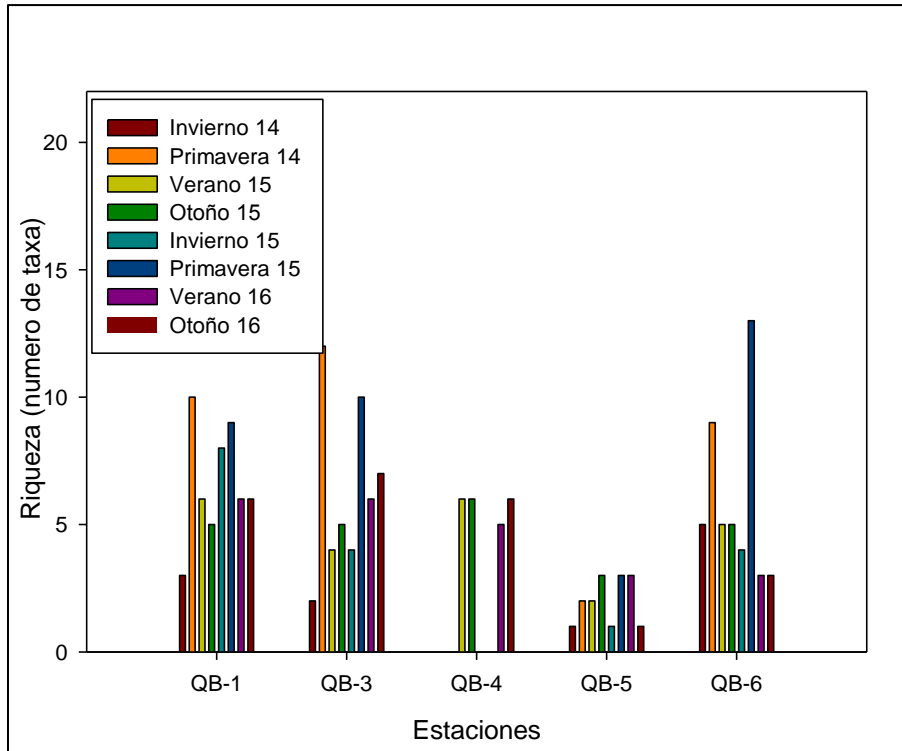
El análisis ANOSIM mostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones ( $R: 0,145$ ;  $p: 0,013$ ), el análisis *a posteriori* pudo diferenciar entre los integrantes de los pares QB-1/QB-5 y QB-5/QB-6. La comparación entre las campañas de desarrollo de muestreo mostró diferencias entre las mismas ( $R: 0,188$ ;  $p: 0,001$ ), aunque el análisis pareado *a posteriori* no pudo identificar diferencias entre los integrantes de los pares Primavera/Otoño; Verano/Otoño.

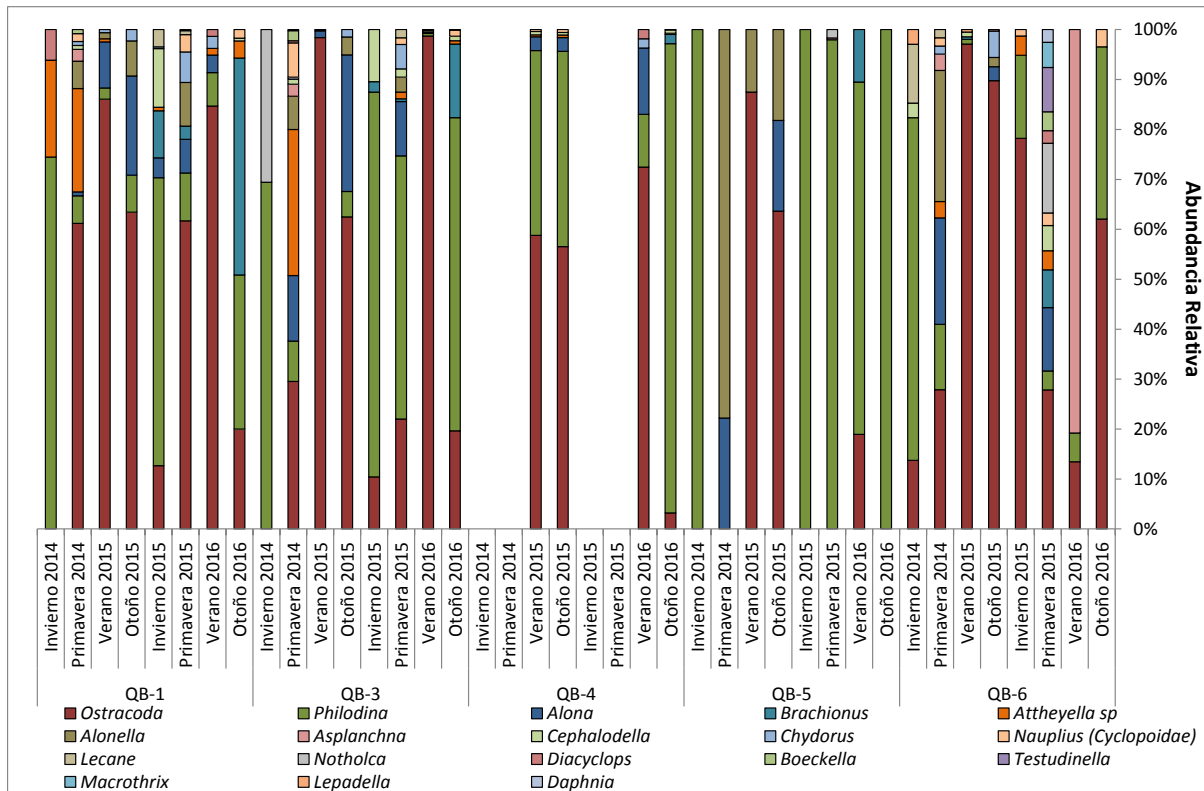
Los taxa más abundantes en el sector corresponden a Ostracoda y Philodina.

En general en las estaciones los taxa dominantes correspondieron a Ostracoda y Philodina, con la excepción de QB-5 donde *Alonella* cobra importancia.

**Figura 3.4-54. Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Blanca.**







Fuente: Elaboración Propia

c) Sector Quebrada LLareta

A lo largo de esta quebrada se establecieron cuatro estaciones de muestreo diferentes (ver Plano 3.4-1). En ella se registró un caudal promedio de 1,5 l/s de acuerdo con el estudio de hidrología y balance hídrico desarrollado (EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, Anexo 3.2.7-1, GOLDER, 2014), aunque la mayoría de las estaciones muestreadas presentó escurrimiento superficial intermitente a lo largo del estudio.

c.1) QL1

En esta zona existe un afloramiento de aproximadamente 60 metros de largo, escurre entre cojines de vegetación con un ancho cercano a los 0,5 metros con menos de 5 cm de profundidad. El sustrato es principalmente sedimento fino.

**Fotografía 3.4-10. Vista general estación de muestreo QL1.**

Fuente: Elaboración Propia.

## c.2) QL2

En esta zona la planicie por donde fluye el agua de la quebrada esta colonizada por vegetación ribereña en cojinetes, entre los cuales se detectó un sustrato fino, y algunos cristales de sal, el cauce de agua es apenas perceptible y se forma en las orillas del cauce o entre los cojines formando algunas pozas de un par de centímetros de profundidad (Fotografía 3.4-11).

**Fotografía 3.4-11. Vista general estación de muestreo QL2.**

Fuente: Elaboración Propia.

## c.3) QL4

En este sector hay un afloramiento del agua, la que escurre con un ancho de 0,4 metros y una profundidad de no más de 5 cm, excepto en algunos pozones que alcanzan una profundidad de 0,2 m. El sustrato es principalmente arena. (Fotografía 3.4-12).



**Fotografía 3.4-12. Vista general estación de muestreo QL4.**



Fuente: Elaboración Propia.

c.4) QL5

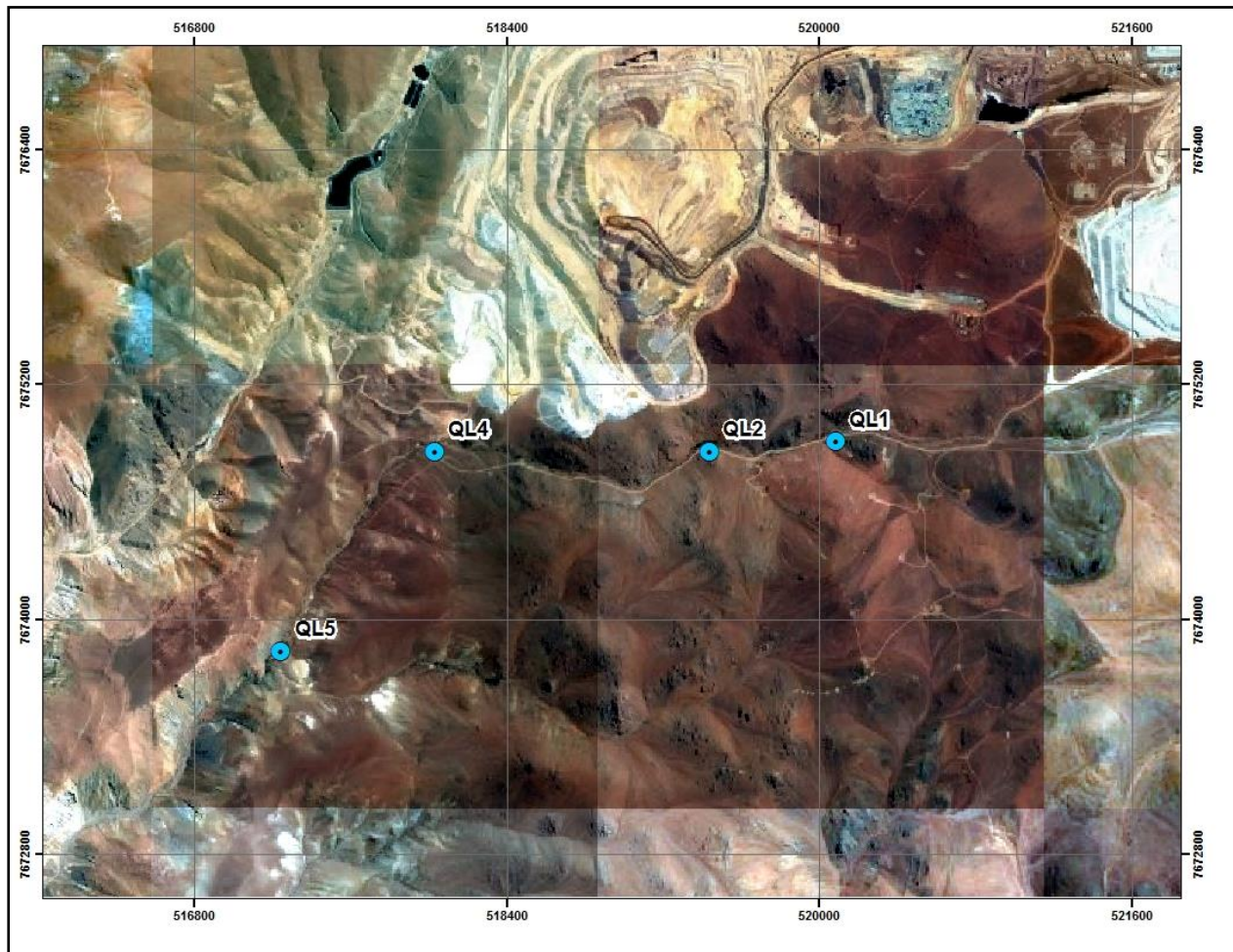
En este punto el agua escurre entre cojines de vegetación con un ancho variable entre los 0,2 m y 1 m, la profundidad es inferior a los 5 cm. El sustrato es principalmente arena y limo.

**Fotografía 3.4-13. Vista general estación de muestreo QL5.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 3.4-55. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Llaleta**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que superan la normativa de referencia en una o más campañas, NCh 1.333 Of 78 para agua o Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos. Sólo se consideró aquellas estaciones que presentaron al menos un valor por fuera de la norma en el parámetro graficado. Las líneas en rojo, dan cuenta de los valores límite o rangos establecidos en la normativa.



c.5) Calidad de Agua

El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones del sector (R: 0,273;p:0,02) aunque el análisis *a posteriori* no mostro diferencias entre QL-2/QL-4. Al comparar las temporadas de desarrollo de las campañas no se encontró diferencias entre estas (R:0,085; p:0,112).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de parámetros con importancia limnológica, en general los valores registrados no presentan variaciones importantes al menos en orden de magnitud. Considerando el conjunto de parámetros evaluados, se observan diferencias respecto a los rangos de referencia utilizados (NCh. 1.333) en algunas de las campañas, aunque no de manera constante. Para este sistema, solo destacarían los niveles de conductividad registrados en la estación QL-5, por encontrarse sobre los rangos referenciales en el 50% de las campañas realizadas a la fecha.

**Tabla 3.4-29. Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Quebrada Llaleta.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                              |                        |                          |                |                |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--|
|                         |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L)         | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                              |                        |                          | ≥ 20*          |                |  |
| Quebrada Llaleta        | QL-1                 | Invierno 2014  | 12,3                                  |      | 272                             | 135,8                            | 9,25                    | Columna de agua insuficiente |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Primavera 2014 |                                       |      |                                 |                                  |                         |                              |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 13,4                                  | 6,9  | 346                             | 173                              | 5,49                    | Columna de agua insuficiente |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Otoño 2015     |                                       |      |                                 |                                  |                         |                              |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 13,1                                  | 9,42 | 207,1                           | 103,5                            |                         | Columna de agua insuficiente |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Primavera 2015 |                                       |      |                                 |                                  |                         |                              |                        |                          |                |                |  |
|                         | QL-2                 | Invierno 2014  | 8,8                                   | 7,3  | 476                             | 238                              | 4,75                    | <500                         | <5000                  | 150                      | <200           | 400            |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | 20                                    | 9,3  | 334                             | 168                              | 6,52                    | 500                          | <5000                  | 102                      | <100           | <1000          |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 20,4                                  | 8,44 | 380                             | 190                              | 3,42                    | 1300                         | <5000                  | 145                      | 50             | <500           |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | 9,8                                   | 8,23 | 289,6                           | 144,3                            | 8,72                    | <500                         | <5000                  | 88                       | <50            | <500           |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 13,7                                  | 7,68 | 281,2                           | 140,6                            |                         | <500                         | <5000                  | 98                       | <50            | <200           |  |
|                         |                      | Primavera 2015 | 25                                    | 7,49 | 377                             | 188                              | 6                       | Columna de agua insuficiente |                        |                          |                |                |  |
|                         |                      | Verano 2016    | 20,1                                  | 8,48 | 376                             | 188                              | 6,41                    | 1800                         | <5000                  | 125                      | <50            | <500           |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | 16,7                                  | 7,9  | 338                             | 169                              | 6,06                    | 700                          | <5000                  | 265                      | <50            | <500           |  |
|                         | QL-4                 | Invierno 2014  | 13                                    | 8,3  | 511                             | 254                              | 4,79                    | <500                         | <5000                  | 124                      | <200           | 500            |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | 18,6                                  | 8,23 | 608                             | 304                              | 6,09                    | <500                         | <5000                  | 207                      | <100           | <1000          |  |

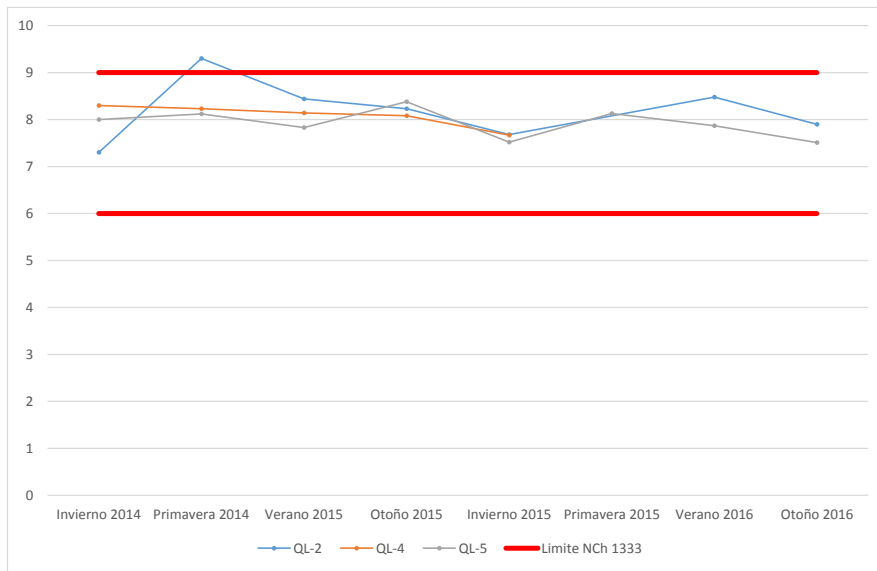
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                              |                        |                          |                |                |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                  |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L)         | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333 |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                              |                        | ≥ 20*                    |                |                |
| QL-5             |                      | Verano 2015    | 18,6                                  | 8,14 | 660                             | 330                              | 5,47                    | 500                          | <5000                  | 251                      | <50            | 2100           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 12,1                                  | 8,08 | 924                             | 462                              | 5,76                    | 500                          | <5000                  | 271                      | <50            | 2500           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 11,4                                  | 7,67 | 324                             | 162                              |                         | <500                         | <5000                  | 168                      | <50            | 2070           |
|                  |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                         |      |                                 |                                  |                         |                              |                        |                          |                |                |
|                  |                      | Verano 2016    | 24,4                                  | 7,83 | 636                             | 318                              | 9,61                    | Columna de agua insuficiente |                        |                          |                |                |
|                  |                      | Invierno 2014  | 7,8                                   | 8    | 667                             | 333                              | 7,11                    | <500                         | <5000                  | 172                      | <200           | <200           |
|                  |                      | Primavera 2014 | 10,6                                  | 8,12 | 1013                            | 506                              | 6,41                    | 600                          | <5000                  | 247                      | <100           | <1000          |
|                  |                      | Verano 2015    | 22                                    | 7,83 | 1011                            | 505                              | 3,7                     | 700                          | <5000                  | 322                      | <50            | 1000           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 10,5                                  | 8,38 | 550                             | 275                              | 6,21                    | 500                          | <5000                  | 194                      | <50            | 1800           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 14,3                                  | 7,52 | 636                             | 318                              |                         | <500                         | <5000                  | 228                      | <50            | 1220           |
|                  |                      | Primavera 2015 | 18,9                                  | 8,13 | 954                             | 476                              | 7,17                    | <500                         | <5000                  | 223                      | <50            | <200           |
|                  |                      | Verano 2016    | 10                                    | 7,87 | 842                             | 421                              | 8,41                    | 1700                         | <5000                  | 231                      | <50            | 1120           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 2                                     | 7,51 | 708                             | 354                              | 5,9                     | <500                         | <5000                  | 222                      | <50            | <500           |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática,\*\* Límite establecido para agua de riego. Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

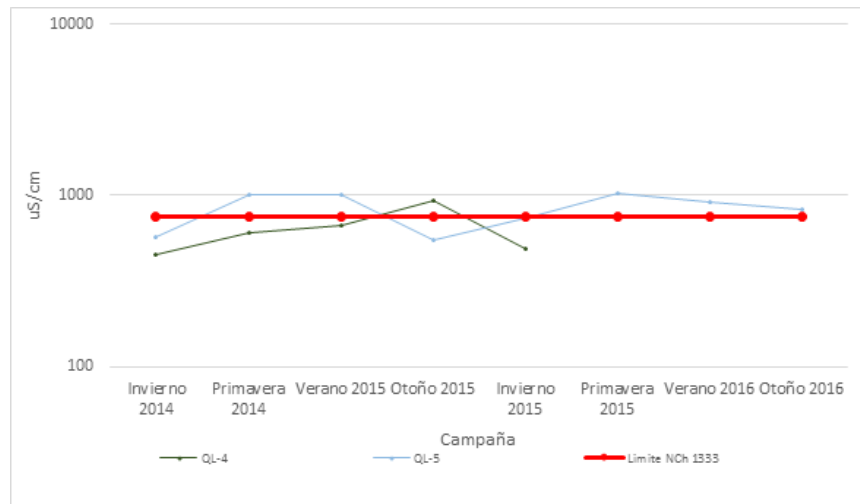
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos parámetros de importancia limnológica que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

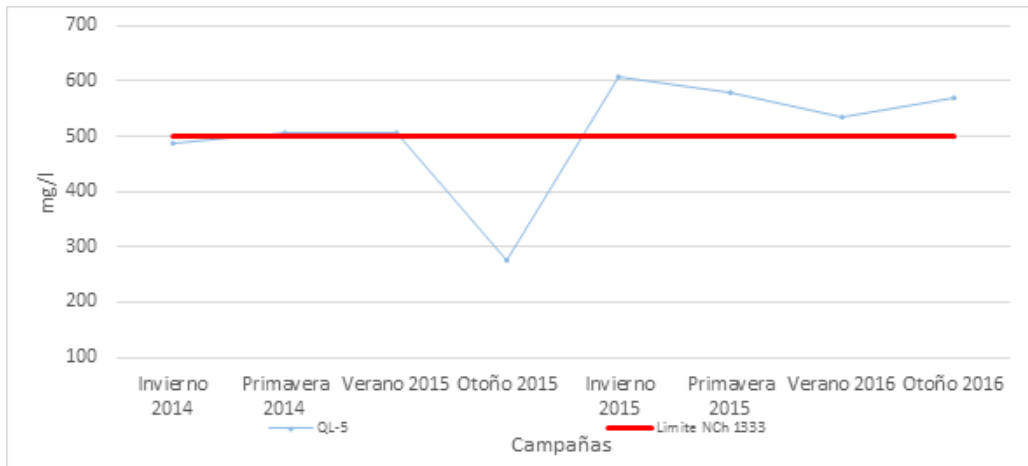
**Figura 3.4-56. Valores de pH, sector Quebrada Llareta.**



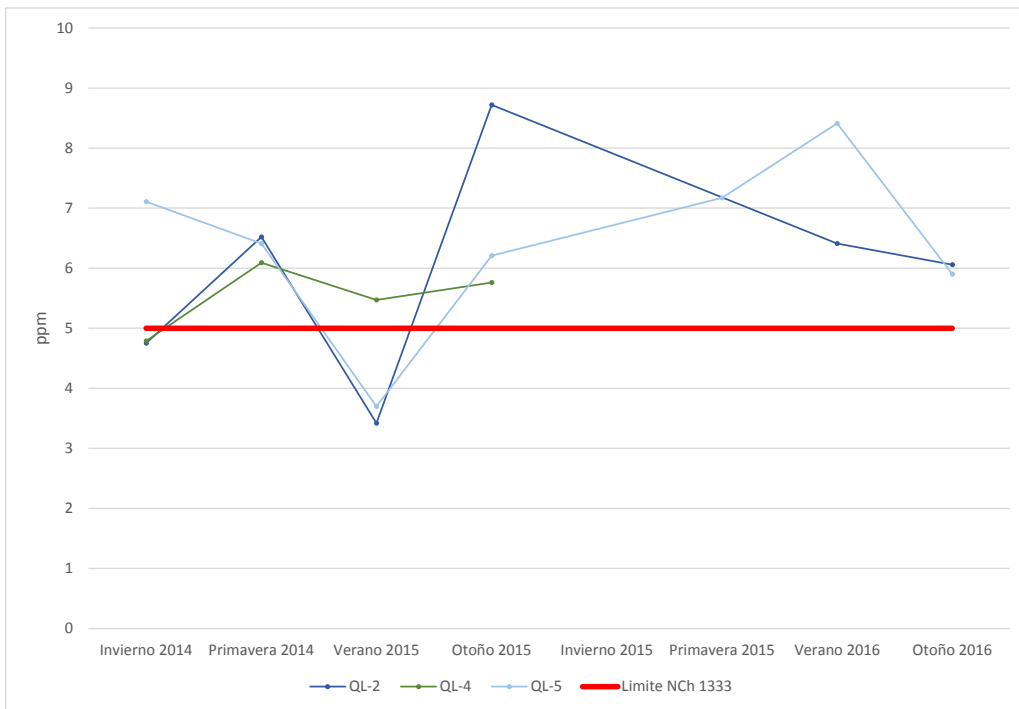
**Figura 3.4-57. Conductividad eléctrica, sector Quebrada Llareta.**



**Figura 3.4-58. Sólidos Totales disueltos, sector Quebrada Llaretta.**



**Figura 3.4-59. Valores de Oxígeno, sector Quebrada Llaretta.**



Los resultados de la medición de macroelementos (Tabla 3.4-30), señalan que las estaciones de muestreo presentan concentraciones que varían de manera poco significativa entre las distintas campañas realizadas. Considerando el conjunto de parámetros normados, solo se identifica un evento, en la estación QL-4, de valores que superan los rangos referenciales (NCh. 1.333) para Cloruro durante la campaña de Invierno 2014. Además del sulfato, que presetó valores superiores al valor referencial en las dos últimas campañas en QL-5.

**Tabla 3.4-30. Resultados análisis de macroelementos, Sector quebrada Llaretá.**

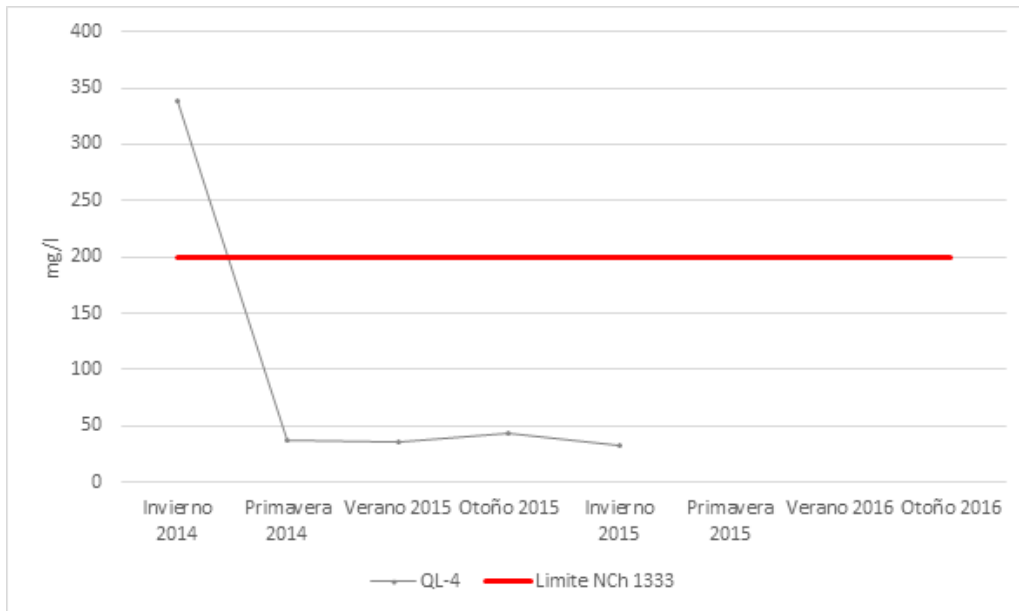
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l)        |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|------------------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro                      | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>                 | <b>250**</b> |       |         |        |          |
| Quebrada Llaretá        | QL-2                 | Invierno 2014  | 58,9                         | 50           | 12,97 | 1,26    | 43     | 8        |
|                         |                      | Primavera 2014 | 15                           | 52           | 12    | 2,2     | 27     | 8,1      |
|                         |                      | Verano 2015    | 19                           | 48           | 13,5  | 3,1     | 55,8   | 11       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 14                           | 48           | 10    | 1       | 34     | 9        |
|                         |                      | Invierno 2015  | 17                           | 62           | 11    | 6       | 43     | 9        |
|                         |                      | Primavera 2015 | Columna de agua insuficiente |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2016    | 22                           | 94           | 11    | 3       | 49     | 7        |
|                         |                      | Otoño 2016     | 46                           | 166          | 20    | 2       | 76     | 17       |
|                         | QL-4                 | Invierno 2014  | 339                          | 87           | 20,8  | 2,91    | 84     | 15,4     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 37                           | 79           | 23    | 2,9     | 55,2   | 16,5     |
|                         |                      | Verano 2015    | 35                           | 79           | 21,1  | 2,1     | 90,1   | 18       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 44                           | 196          | 287   | 5       | 7      | 6        |
|                         |                      | Invierno 2015  | 32                           | 79           | 16    | 11      | 66     | 14       |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2016    | Estación Seca                |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Otoño 2016     | Estación Seca                |              |       |         |        |          |
|                         | QL-5                 | Invierno 2014  | 38,4                         | 176          | 28,89 | 3,53    | 98     | 19,3     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 45                           | 216          | 39    | 5,3     | 88     | 25       |
|                         |                      | Verano 2015    | 49                           | 161          | 57    | 4,4     | 132,4  | 27       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 31                           | 83           | 21    | 1       | 76     | 18       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 44                           | 180          | 29    | 12      | 108    | 23       |
| Primavera 2015          |                      | 44             | 204                          | 36           | 6     | 117     | 27     |          |
| Verano 2016             |                      | 54             | 315                          | 42           | 7     | 109     | 29     |          |
| Otoño 2016              |                      | 44             | 280                          | 40           | 7     | 111     | 26     |          |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

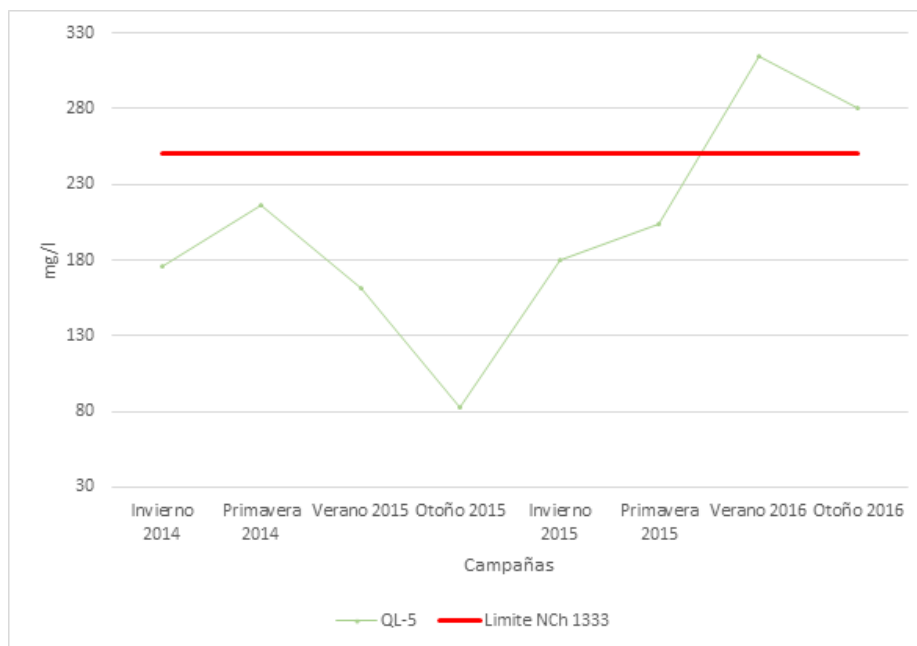
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de los macroelementos que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-60. Cloruro, sector Quebrada Llaretta.**



**Figura 3.4-61. Sulfato, sector Quebrada Llaretta.**



Por su parte, los resultados obtenidos para metales, dan cuenta de valores superiores a los rangos referenciales (NCh 1.333) en todas las estaciones de muestreo (Tabla 3.4-31). Al respecto, metales como el Boro, Manganeso y Molibdeno, registran niveles por sobre la norma de referencia en la mayoría de las campañas realizadas en las estaciones a lo largo de este

sistema. Además de observarse algunos eventos específicos de concentraciones elevadas de Hierro y Aluminio, particularmente en las estaciones de QL-2 y QL-4.

**Tabla 3.4-31. Resultados análisis de metales, Sector quebrada Llaleta.**

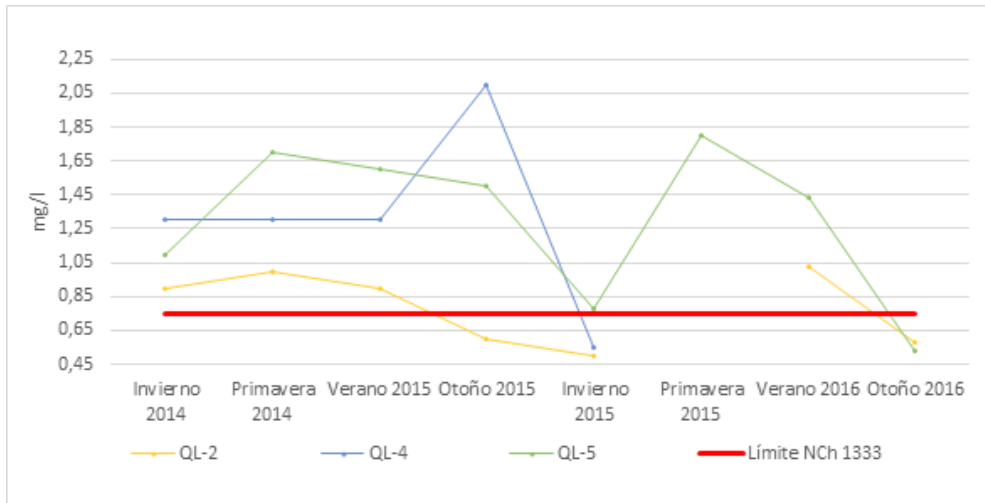
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |                              |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|-------------------------|----------------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|-------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio                       | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |       |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b>                | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |       |
| Quebrada Llaleta        | QL-2                 | Invierno 2014  | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,06       | 1,56          | 0,9          | 0,91           | <0,01      | 0,26         | 0,003 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05                        | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 8             | 1            | 0,47           | 0,01       | 0,85         | 0,012 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05                        | <0,01        | 0,09           | <0,001     | 0,42       | 12,84         | 0,9          | 1,836          | 0,05       | 11,28        | 0,017 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,2           | 0,6          | 0,147          | <0,01      | 1,78         | 0,008 |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,479         | <0,5         | 0,19           | 0,553      | 1,41         | 0,009 |
|                         |                      | Primavera 2015 | Columna de agua insuficiente |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 2,17          | 1,03         | 0,37           | 0,01       | 1,11         | 0,017 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 14,24         | 0,58         | 3,36           | <0,01      | 0,05         | 0,014 |
|                         | QL-4                 | Invierno 2014  | <0,05                        | 0,01         | 0,07           | <0,001     | 0,15       | 24            | 1,3          | 0,08           | 0,03       | 0,44         | 0,01  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05                        | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,15          | 1,3          | 0,06           | 0,01       | 0,06         | 0,002 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,36       | 0,98          | 1,3          | 0,019          | 0,04       | 1,05         | 0,007 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,07          | 2,1          | 0,08           | <0,01      | 0,11         | 0,007 |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,14                         | <0,01        | 0,125          | <0,001     | <0,05      | 0,93          | 0,55         | 0,016          | 0,075      | 0,09         | 0,008 |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|                         |                      | Verano 2016    | Estación Seca                |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|                         |                      | Otoño 2016     | Estación Seca                |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|                         | QL-5                 | Invierno 2014  | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,11       | <0,05         | 1,1          | 0,03           | 0,01       | 0,13         | 0,011 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05                        | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,8           | 1,7          | 0,4            | 0,01       | 0,49         | 0,009 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,41       | 0,3           | 1,6          | 2,019          | 0,04       | 0,78         | 0,018 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,31          | 1,5          | 0,1            | <0,01      | 0,42         | 0,007 |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,05                         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,544         | 0,78         | 0,277          | 0,041      | 0,1          | 0,013 |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,44          | 1,8          | 0,24           | 0,04       | 0,3          | 0,012 |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,55          | 1,43         | 0,18           | 0,01       | 0,113        | 0,019 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05                        | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,13          | 0,53         | 0,06           | 0,01       | <0,05        | 0,012 |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

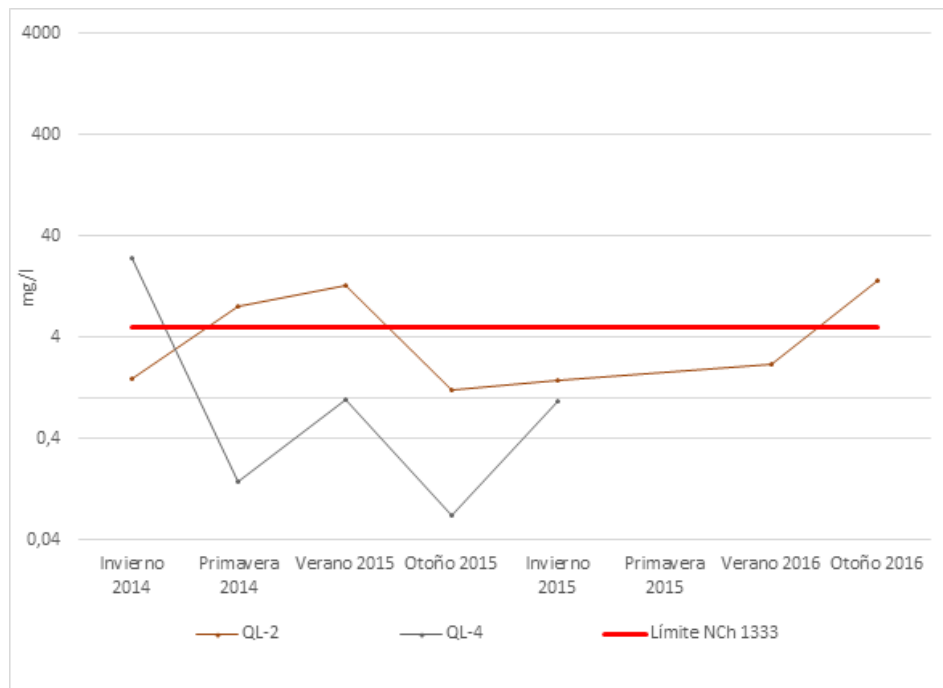
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-62. Concentración de Cromo, sector Quebrada Llareta.**

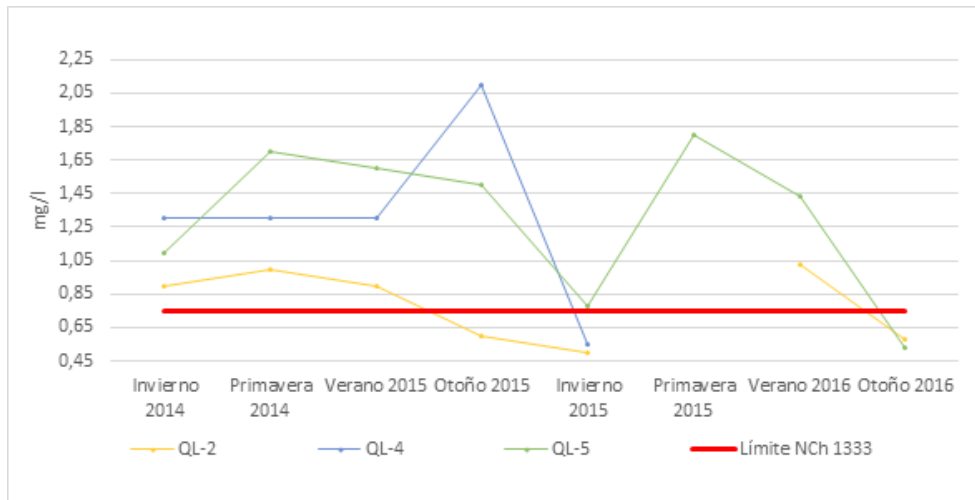


**Figura 3.4-63. Concentración de Hierro, sector Quebrada Llareta.**

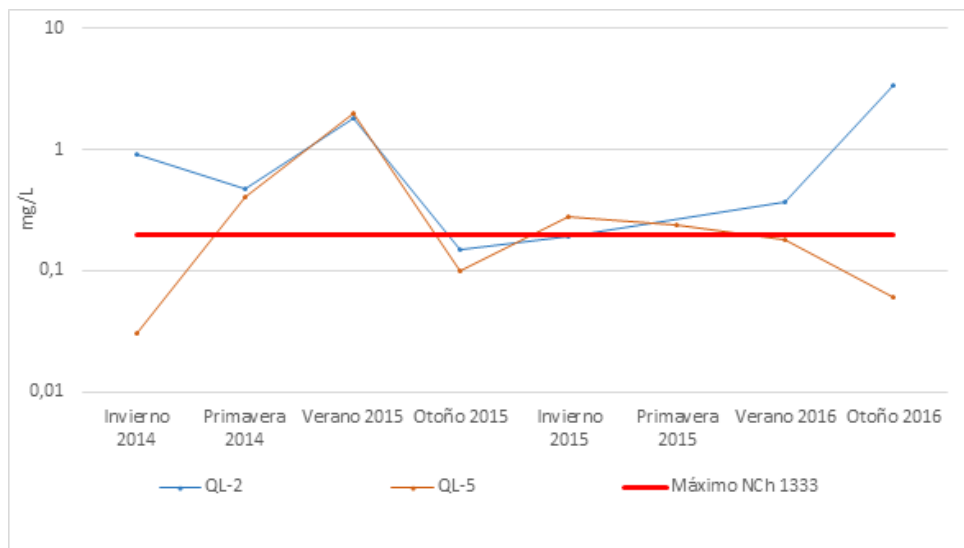




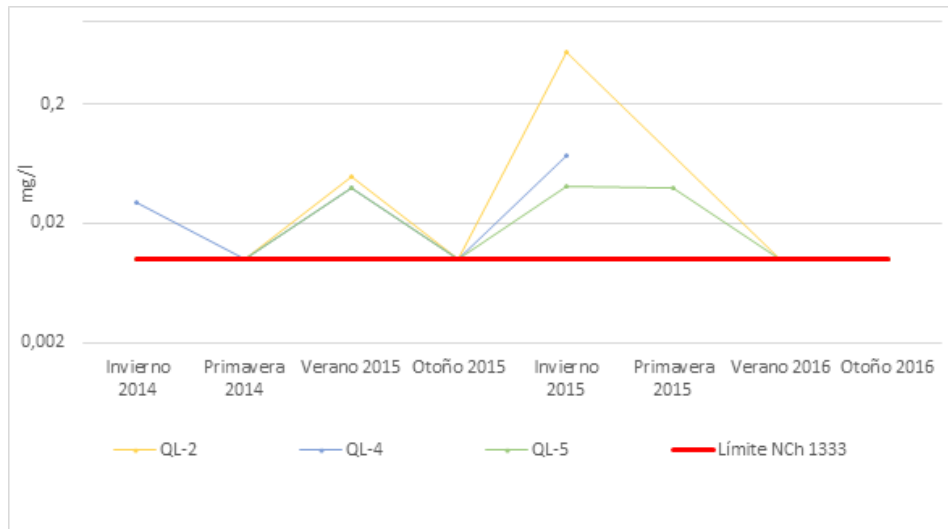
**Figura 3.4-64. Concentración de Boro, sector Quebrada Llaretta.**



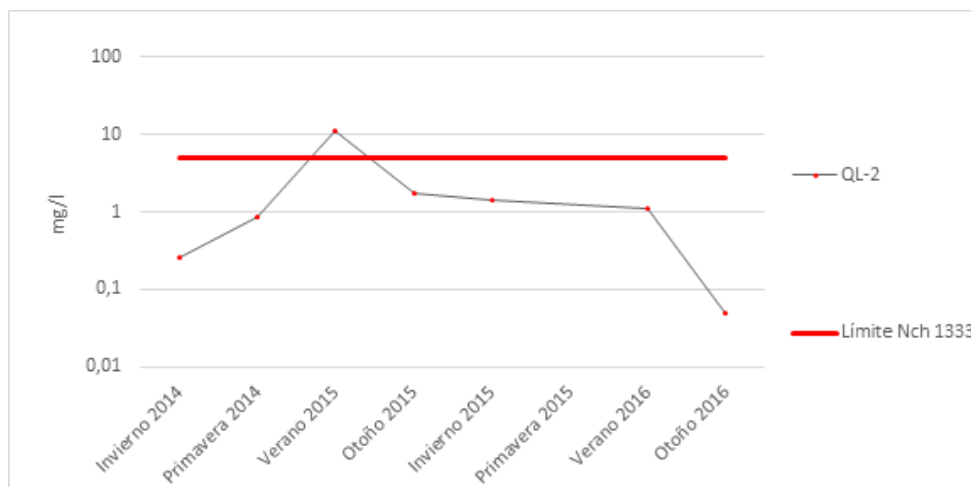
**Figura 3.4-65. Concentración de Manganeso, sector Quebrada Llaretta.**



**Figura 3.4-66. Concentración de Molibdeno, sector Quebrada Llaretta.**



**Figura 3.4-67. Concentración de Aluminio, sector Quebrada Llaretta.**



Los resultados obtenidos para parámetros orgánicos y otros, dan cuenta de niveles que en general se mantienen constantes entre las campañas y bajo el límite de detección. Solo se observan variaciones entre campañas para los niveles de DBO<sub>5</sub>, DQO, y Coliformes, los cuales varían en todas las estaciones de este sector, observándose los mayores cambios en la estación QL-2.

**Tabla 3.4-32. Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector quebrada Llaleta.**

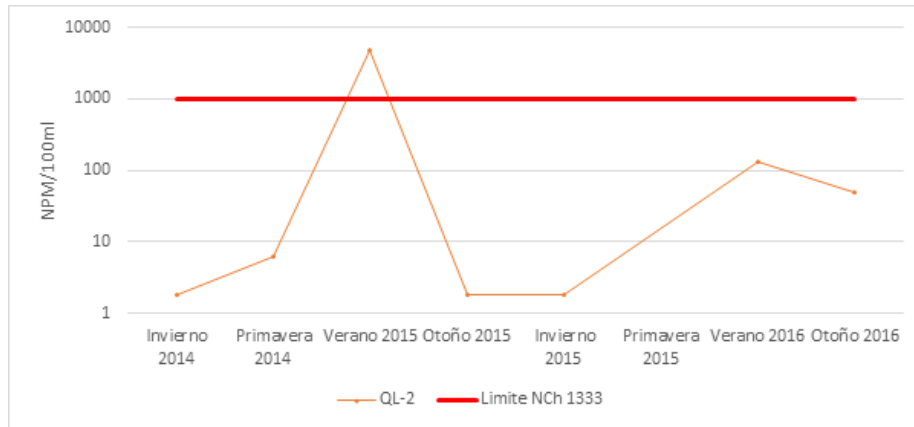
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                              |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |       |  |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|-------|--|
|                         |                      | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L   | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5  | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |       |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                       |                              |                          |                              |       |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |       |  |
| Quebrada Llaleta        | QL-2                 | Invierno 2014         | <10                          | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Primavera 2014        | <10                          | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | 6,1                          | 17000 |  |
|                         |                      | Verano 2015           | 11                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 21       | 46               | <0,5                         | 4900                         | 460   |  |
|                         |                      | Otoño 2015            | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 10               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Invierno 2015         | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 14       | 30               | <0,5                         | <1,8                         | 4900  |  |
|                         |                      | Primavera 2015        | Columna de agua insuficiente |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |       |  |
|                         |                      | Verano 2016           | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 16               | <0,5                         | 130                          | 14000 |  |
|                         |                      | Otoño 2016            | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 11               | <0,5                         | 49                           | 540   |  |
|                         | QL-4                 | Invierno 2014         | <10                          | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Primavera 2014        | <10                          | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | <1,8                         | 7,8   |  |
|                         |                      | Verano 2015           | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 12       | 26               | <0,5                         | 790                          | 7900  |  |
|                         |                      | Otoño 2015            | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 11       | 12               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Invierno 2015         | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 16       | 21               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Primavera 2015        | Estación Seca                |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |       |  |
|                         |                      | Verano 2016           | Estación Seca                |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |       |  |
|                         |                      | Otoño 2016            | Estación Seca                |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |       |  |
|                         | QL-5                 | Invierno 2014         | <10                          | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | 2                            | 110   |  |
|                         |                      | Primavera 2014        | <10                          | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | <1,8                         | 7,8   |  |
|                         |                      | Verano 2015           | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 12       | 12               | <0,5                         | <1,8                         | 7900  |  |
|                         |                      | Otoño 2015            | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 15       | 17               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Invierno 2015         | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 12       | 18               | <0,5                         | <1,8                         | 280   |  |
|                         |                      | Primavera 2015        | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 13               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8  |  |
|                         |                      | Verano 2016           | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 16               | <0,5                         | <1,8                         | 33    |  |
|                         |                      | Otoño 2016            | <5                           | <10                      | <5                           | <0,05 | 10       | 14               | <0,5                         | <1,8                         | 240   |  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos compuestos orgánicos que presentan valores superiores a la normativa de referencia, señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-68. Concentración de Coliformes fecales, sector Quebrada Llaretta.**



Las mediciones de clorofila, dan cuenta de valores poco constantes entre las campañas de muestreo. Se aprecian algunas variaciones importantes todas las estaciones de muestreo, con variaciones en las concentraciones en uno o dos órdenes de magnitud. Esta situación podría estar asociada con el bajo nivel de escurrimiento que en general presenta esta quebrada, y donde el agua generalmente se observa estructurando pequeñas pozas en donde aumenta la productividad biológica.

**Tabla 3.4-33. Resultados análisis de Clorofila "a" en el agua. Sector quebrada Llaretta.**

| Sistema acuático  | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/l |
|-------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
| Quebrada Llaretta | QL-2                 | Invierno 2014  | 44,54                      |
|                   |                      | Primavera 2014 | 3,82                       |
|                   |                      | Verano 2015    | 100,25                     |
|                   |                      | Otoño 2015     | 1,05                       |
|                   |                      | Invierno 2015  | 2,21                       |
|                   |                      | Primavera 2015 | ES                         |
|                   |                      | Verano 2016    | 10,26                      |
|                   |                      | Otoño 2016     | 3,39                       |
|                   | QL-4                 | Invierno 2014  | 12,73                      |
|                   |                      | Primavera 2014 | 0,64                       |
|                   |                      | Verano 2015    | 1,03                       |
|                   |                      | Otoño 2015     | 4,39                       |
|                   |                      | Invierno 2015  | 2,19                       |
|                   |                      | Primavera 2015 | ES                         |
|                   |                      | Verano 2016    | ES                         |
|                   |                      | Otoño 2016     | ES                         |

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/l |
|------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
|                  | QL-5                 | Invierno 2014  | 1,86                       |
|                  |                      | Primavera 2014 | 1,75                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 10,23                      |
|                  |                      | Otoño 2015     | 1,01                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 7,65                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 8,96                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 0,58                       |
|                  |                      | Otoño 2016     | 2,43                       |

ES: Estación seca

Fuente: Elaboración Propia.

c.6) Sedimentos

La comparación entre estaciones mediante ANOSIM, mostró que no existe una diferencia entre las mismas (R: -0,048; p:0,838), mientras que si existe una diferencia entre las distintas temporadas de desarrollo de las campañas (R: 0,155; p: 0,03) donde el análisis pareado mostró diferencias entre Invierno/Primavera y entre Invierno/Verano.

Los valores de metales en sedimentos (Tabla 3.4-34) dan cuenta de niveles que varían de manera poco significativa entre las campañas de muestreo. Considerando la guía utilizada como referencia (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), los valores obtenidos en general muestran niveles bajos, registrándose situaciones puntuales de valores llevados para Arsénico, Mercurio y, en menor medida, Cobre, las que en ningún caso se mantienen constante a lo largo del sistema acuático.

**Tabla 3.4-34. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector quebrada Llaleta.**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |    |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|----|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |    |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | 17       |       |         |      |        | 3,5     |       | 197   | 90 |
| Q. Llaleta            | QL1                  | Invierno 2014  | 7484                          | 2,73     | 69    | < 0,05  | 41   | < 0,5  | 9,0     | 53,4  | 7,8   |    |
|                       |                      | Primavera 2014 | 11963                         | 0,37     | 49    | 0,51    | 55   | 0,7    | 11,9    | 226   | 4,9   |    |
|                       |                      | Verano 2015    | 3738                          | 17,4     | 42    | < 0,1   | 21   | 9,5    | 6,2     | 74    | 4,1   |    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 6199                          | 26,5     | 58    | < 0,1   | 20   | < 0,1  | 5,8     | 48    | 3,5   |    |
|                       |                      | Primavera 2015 | 10676                         | 24,6     | 81,6  | 0       | 0    | 1,4    | 12,3    | 32,3  | 32,3  |    |
|                       |                      | Verano 2016    | 23951                         | 1,1      | 219   | < 0,1   | <0,5 | 6,7    | 26,6    | 310,7 | 83,9  |    |
|                       | Otoño 2016           | 10691          | 1,8                           | 106,4    | < 0,1 | <0,5    | 0,92 | 14,59  | 187,4   | 10,6  |       |    |
|                       | QL2                  | Invierno 2014  | 8469                          | 7,34     | 99    | < 0,05  | 48   | < 0,5  | 9,4     | 86,0  | 9,1   |    |
|                       |                      | Primavera 2014 | 11826                         | 3,76     | 39    | 0,61    | 36   | 2,1    | 13,6    | 64    | 6,7   |    |
| Verano 2015           |                      | 14677          | 78                            | 222      | 1,2   | 92      | 1,7  | 20,6   | 369     | 13,4  |       |    |

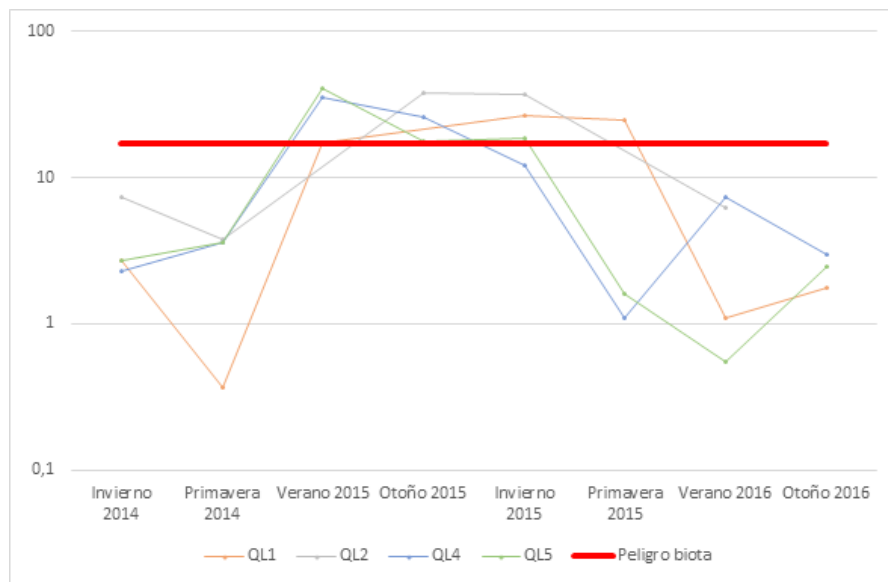
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |       |        |         |       |       |    |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|----|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro  | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |    |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | 17       |       |         |       |        | 3,5     |       | 197   | 90 |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6611                          | 37,7     | 39    | < 0,1   | < 1   | 0,3    | 7,2     | 45    | 4,1   |    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 4851                          | 36,7     | 53    | 0,2     | 17    | 0,2    | 6,8     | 54    | 3,6   |    |
|                       |                      | Verano 2016    | 26848                         | 6,2      | 181,9 | < 0,1   | <0,5  | 1,36   | 13,4    | 258   | 36,4  |    |
|                       | QL4                  | Invierno 2014  | 9860                          | 2,29     | 70    | < 0,05  | 41    | < 0,5  | 9,4     | 73,3  | 10,3  |    |
|                       |                      | Primavera 2014 | 11315                         | 3,58     | 59    | 0,46    | 18    | 0,6    | 11,4    | 96    | 7,1   |    |
|                       |                      | Verano 2015    | 6325                          | 35       | 61    | < 0,1   | 43    | 0,5    | 11,8    | 63    | 7,1   |    |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5266                          | 25,78    | 51    | < 0,1   | < 1   | < 0,1  | 5,8     | 39    | 3,7   |    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 4017                          | 12       | 40    | < 0,1   | 15    | < 0,1  | 40,9    | 23    | 3     |    |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4815                          | 1,09     | 41,9  | 0       | 0     | 0,6    | 0       | 55,4  | 22,5  |    |
|                       |                      | Verano 2016    | 11951                         | 7,4      | 71,2  | 0,1     | <0,5  | 1,58   | 9,4     | 597   | 33    |    |
|                       |                      | Otoño 2016     | 8857                          | 3,0      | 96,5  | < 0,1   | <0,5  | 0,77   | 11,66   | 61,7  | 9,34  |    |
|                       | QL5                  | Invierno 2014  | 6501                          | 2,70     | 65,00 | < 0,05  | 32,00 | < 0,5  | 7,60    | 43,30 | 6,00  |    |
|                       |                      | Primavera 2014 | 8522                          | 3,6      | 60    | 0,45    | 29    | 1      | 10,6    | 61    | 5,7   |    |
|                       |                      | Verano 2015    | 4490                          | 41       | 104   | < 0,1   | 34    | 0,7    | 11,8    | 64    | 6,6   |    |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6400                          | 17,82    | 43    | 0,1     | < 1   | 0,1    | 6,7     | 32    | 4,4   |    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3173                          | 18,4     | 57    | < 0,1   | 13    | 0,1    | 4,9     | 25    | 2,8   |    |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4159                          | 1,6      | 69,5  | 0       | 0     | 0,6    | 0       | 56,8  | 22,6  |    |
|                       |                      | Verano 2016    | 6833                          | 0,55     | 107,6 | < 0,1   | <0,5  | 0,77   | 7,8     | 69    | 21,3  |    |
| Otoño 2016            | 6728                 | 2,5            | 87,7                          | < 0,1    | <0,5  | 0,47    | 10,66 | 64,6   | 7,03    |       |       |    |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

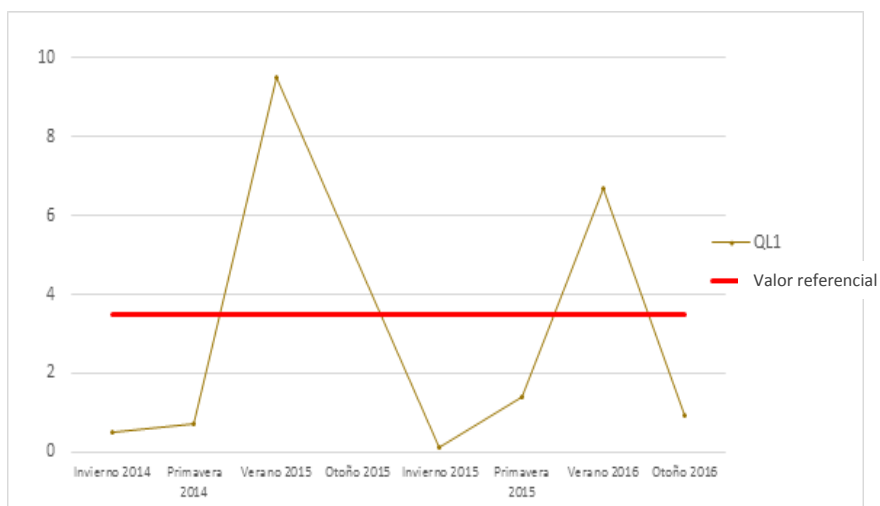
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la referencia utilizada (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

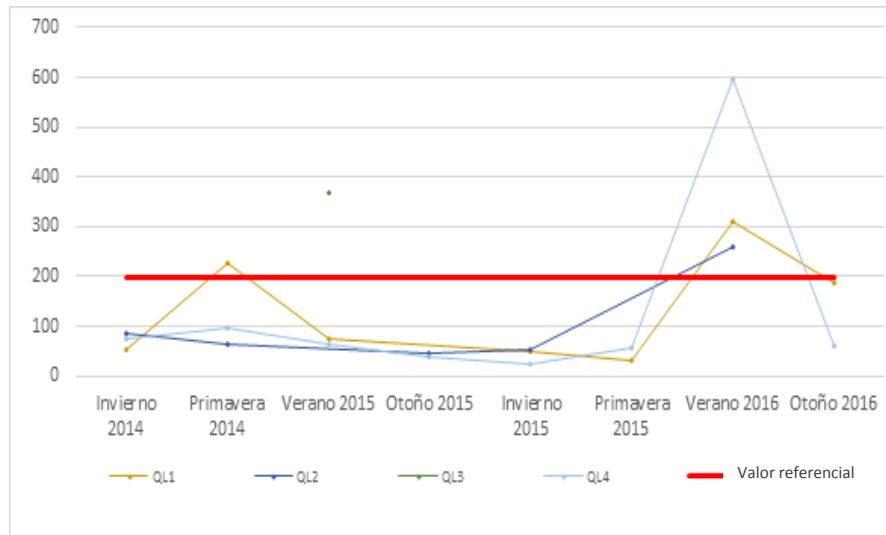
**Figura 3.4-69. Concentración de Arsénico mg/Kg, sector Quebrada Llaretta.**



**Figura 3.4-70. Concentración de Cadmio mg/Kg, sector Quebrada Llaretta.**



**Figura 3.4-71. Concentración de Cobre mg/Kg, sector Quebrada Llaretta.**



**Tabla 3.4-35. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector quebrada Llaretta.**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
| Q. Llaretta           | QL1                  | Invierno 2014  | 7916                          | 4367     | 746       | < 0,1        | 0,6       | 5,3    | < 1   | 12,7  | 42          | 49,3  |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 11963                         | 3647     | 1819      | 0,01         | 3,5       | 3,6    | <1    | 17,8  | 34          | 56    |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 8420                          | 2636     | 374       | 0,01         | 1,8       | 4,5    | < 1   | 8,2   | 27          | 33    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3960                          |          | 412       | 15,6         | < 0,05    | 3,8    | < 1   | 10,4  | 19          | 31    |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 11679                         |          | 701       | 0,02         | 1,8       | 26     | 0     | 18,3  | 56,1        | 63,5  |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 27790                         |          | 1666      | 0,01         | 1,4       | 18,9   | < 1   | 46,5  | 99,2        | 180,7 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 25452                         |          | 1098,1    | <0,001       | < 0,05    | 10,77  | < 1   | 25,8  | 62,5        | 77,5  |            |
|                       | QL2                  | Invierno 2014  | 9516                          | 4408     | 792       | < 0,1        | 1,6       | 6,0    | < 1   | 14,1  | 42          | 52,2  |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 19055                         | 4587     | 715       | 0,12         | 2,8       | 5,5    | 1,2   | 3,5   | 43          | 67,8  |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 19444                         | 10048    | 1716      | 0,12         | 5,4       | 15,7   | < 1   | 35,2  | 97          | 110   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6050                          | 4668     | 367       | 0,08         | 1,2       | 4,6    | < 1   | 9,8   | 25          | 37    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 4435                          |          | 632       | 96,5         | < 0,05    | 4,6    | < 1   | 11,4  | 18          | 39    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 25019                         |          | 832       | 6,3          | 2,1       | 11,4   | < 1   | 25,7  | 54,7        | 106,6 |            |
| QL4                   | Invierno 2014        | 8325           | 5153                          | 543      | 0,1       | 1,6          | 7,4       | < 1    | 79,4  | 43    | 51,9        |       |            |



| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
|                       |                      | Primavera 2014 | 15896                         | 5090     | 1000      | 0,12         | 4,5       | 4,8    | 1,2   | 3     | 40          | 56,6  |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 12911                         | 6069     | 810       | 0,03         | 9,4       | 7,1    | < 1   | 10,4  | 57          | 46    |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5875                          | 3950     | 584       | 0,59         | 0,2       | 4,1    | < 1   | 8     | 26          | 38    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3979                          |          | 258       | 26,9         | < 0,05    | 3,2    | < 1   | 11,8  | 18          | 24    |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 7927                          |          | 436,5     | 0,041        | 0,2       | 6,3    | 0     | 6,9   | 0           | 29    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 22180                         |          | 417       | 0,03         | 7,3       | 8,3    | < 1   | 38,9  | 45,8        | 151,4 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 17799                         |          | 713       | <0,001       | < 0,05    | 9,79   | < 1   | 29,4  | 53,4        | 60,8  |            |
|                       | QL5                  | Invierno 2014  | 7320                          | 4390     | 659       | 23,5         | 1,00      | 5,30   | < 1   | 13,30 | 31,00       | 45,10 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 13616                         | 4796     | 756       | 0,05         | 3,5       | 5,3    | <1    | 4,5   | 34          | 61,4  |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 11096                         | 4779     | 3267      | 0,07         | 9,6       | 7,2    | < 1   | 19,5  | 46          | 48    |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5977                          | 6272     | 397       | 0,03         | 0,2       | 4,3    | < 1   | 5,7   | 28          | 30    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3883                          |          | 763       | 18,2         | < 0,05    | 3,7    | < 1   | 8,6   | 13          | 32    |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 8021                          |          | 1353      | 0,031        | 0         | 5,7    | 0     | 9,7   | 0           | 36,4  |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 14403                         |          | 116       | 0,03         | < 0,05    | 5,57   | < 1   | 14,9  | 38,1        | 49,6  |            |
| Otoño 2016            | 25598                |                | 811,4                         | <0,001   | < 0,05    | 8,73         | < 1       | 16,9   | 39,7  | 54,8  |             |       |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores utilizados como referencia con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-72. Concentración de Mercurio mg/Kg, sector Quebrada Llareta.**



Los compuestos orgánicos en sedimentos (Tabla 3.4-36), muestran valores frecuentemente bajo el límite de detección, observándose algunas variaciones entre campañas. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total en las estaciones QL-1, QL-2 y QL-5, en invierno 2015 y QL-4 durante Primavera 2015.

**Tabla 3.4-36. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector quebrada Llareta.**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |      |
|----------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                      |                      | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota</b> |                      | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
| Q. Llareta           | QL1                  | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 0,81                    | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | <50  |
|                      |                      | Invierno 2015                | 18100                   | < 0,1               | 9.5  |
|                      |                      | Primavera 2015               | 2600                    | 0                   | 22   |
|                      |                      | Verano 2016                  | 0,75                    | < 0,1               | <10  |
|                      |                      | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |
|                      | QL2                  | Invierno 2014                | 0,32                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 1,35                    | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Otoño 2015                   | 5,14                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Invierno 2015                | 9800                    | < 0,1               | 26   |
|                      |                      | Verano 2016                  | 0,72                    | < 0,1               | <10  |

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |                | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| <b>Peligro biota</b> |                      |                | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |
|                      | QL4                  | Invierno 2014  | 0,22                         | 0,1                     | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 1,29                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 3,38                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | < 0,1                   | 39                  |
|                      |                      | Primavera 2015 | 13700                        | 0                       | 24.5                |
|                      |                      | Verano 2016    | 0,93                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | 0,83                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      | QL5                  | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 0,88                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 0,36                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | 18000                        | < 0,1                   | 31                  |
|                      |                      | Primavera 2015 | < 0,01                       | 0                       | 23.5                |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Los análisis de granulometría (Tabla 3.4-37) indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, una fracción menor por arena fina, con alguna fracción de Limo grueso en casi todas las estaciones de muestreo de este sector.

**Tabla 3.4-37. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector quebrada Llareta.**

| Sistema acuático    | Estación | Campañas       | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |             |      |       |
|---------------------|----------|----------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|------|-------|
|                     |          |                | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       | Limo grueso |      |       |
|                     |          | Unidad medida  | % Retención             |       |       |            |       |       |             |      |       |
| Apertura Malla (mm) | 2        | 1              | 0,5                     | 0,25  | 0,125 | 0,088      | 0,074 | 0,063 | 0,044       |      |       |
| Q. Llareta          | QL1      | Invierno 2014  | 32,74                   | 15,08 | 16,76 | 12,73      | 9,27  | -     | -           | -    | 4,26  |
|                     |          | Primavera 2014 | 41,75                   | 13,48 | 14,15 | 8,29       | 11,44 |       |             |      | 1,09  |
|                     |          | Verano 2015    | 0,05                    | 0,16  | 0,69  | 3,99       | 42,26 |       |             |      | 50,62 |
|                     |          | Invierno 2015  | 42,56                   | 4,6   | 3,29  | 2,87       | 3,94  |       |             | 8,13 |       |
|                     |          | Primavera 2015 | 17                      | 8,14  | 7,51  | 6,24       | 7,72  |       |             | 10,2 |       |
|                     |          | Verano 2016    | 31,03                   | 8,56  | 7,91  | 8,26       | 7,55  |       |             | 7,92 |       |

| Sistema acuático    | Estación   | Campañas       | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |       |             |       |
|---------------------|------------|----------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|
|                     |            |                | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |       |
|                     |            | Unidad medida  | % Retención             |       |       |            |       |       |       |             |       |
| Apertura Malla (mm) | 2          | 1              | 0,5                     | 0,25  | 0,125 | 0,088      | 0,074 | 0,063 | 0,044 |             |       |
|                     |            | Otoño 2016     | 38,74                   | 10,46 | 8,34  | 8,19       | 7,13  |       |       | 6,9         |       |
|                     | QL2        | Invierno 2014  | 18,73                   | 16,89 | 21,18 | 13,12      | 10,01 | -     | -     | -           | 6,74  |
|                     |            | Primavera 2014 | 21,93                   | 17,19 | 17,61 | 14,55      | 10,14 |       |       |             | 4,41  |
|                     |            | Verano 2015    | 3,51                    | 8,77  | 25,44 | 7,02       | 31,58 |       |       |             | 19,3  |
|                     |            | Otoño 2015     | 2,34                    | 18,17 | 29,72 | 16,32      | 14,28 |       |       |             | 2,34  |
|                     |            | Invierno 2015  | 22,57                   | 12,67 | 13,44 | 13,78      | 7,74  |       |       | 3,31        |       |
|                     |            | Verano 2016    | 37,73                   | 0,39  | 0,41  | 0,18       | 0,16  |       |       | 0,15        |       |
|                     | QL4        | Invierno 2014  | 49,61                   | 12,78 | 11,72 | 5,46       | 5,54  | -     | -     | -           | 0,92  |
|                     |            | Primavera 2014 | 36,28                   | 16,55 | 14,89 | 10,17      | 7,79  |       |       |             | 4,58  |
|                     |            | Verano 2015    | 50,8                    | 19,36 | 15,07 | 9,38       | 4,32  |       |       |             | 1     |
|                     |            | Otoño 2015     | 56,64                   | 14,5  | 12,13 | 10,59      | 4,91  |       |       |             | 1,17  |
|                     |            | Invierno 2015  | 24,81                   | 25,84 | 17,88 | 14,46      | 9,07  |       |       | 2,45        |       |
|                     |            | Primavera 2015 | 39,81                   | 24,2  | 14,84 | 7,66       | 3,13  |       |       | 1,81        |       |
|                     |            | Verano 2016    | 11,34                   | 7,39  | 13,79 | 19,09      | 19,58 |       |       | 13,29       |       |
|                     | Otoño 2016 | 15,95          | 10,32                   | 11,15 | 14,17 | 11         |       |       | 8,03  |             |       |
|                     | QL5        | Invierno 2014  | 34,81                   | 14,86 | 17,12 | 14,03      | 8,54  | -     | -     | -           | 3,53  |
|                     |            | Primavera 2014 | 26,14                   | 8,06  | 5,47  | 14,37      | 13,52 |       |       |             | 26,14 |
|                     |            | Verano 2015    | 35,58                   | 15,14 | 18,4  | 17,8       | 10,52 |       |       |             | 35,58 |
|                     |            | Otoño 2015     | 23,87                   | 25,9  | 19,49 | 16,96      | 11,72 |       |       |             | 0,64  |
|                     |            | Invierno 2015  | 46,29                   | 23,04 | 14,43 | 8,69       | 3,39  |       |       | 1,31        |       |
|                     |            | Primavera 2015 | 22,49                   | 23,95 | 23,96 | 15,66      | 6,9   |       |       | 2,79        |       |
|                     |            | Verano 2016    | 40,26                   | 25,81 | 18,04 | 8,06       | 2,93  |       |       | 1,53        |       |
| Otoño 2016          |            | 43,52          | 14,88                   | 12,93 | 1,52  | 16,63      |       |       | 3,08  |             |       |

Fuente: Elaboración Propia.

## c.7) Biota acuática

- Anfibios

No se encontraron individuos de esta comunidad en el sector.

- Macrófitas

Las macrófitas mostraron (Tabla 3.4-38) una baja cobertura en este sector, donde la mayor parte de los registros corresponde a presencia de una especie, y la riqueza no sobrepasó los tres taxa.

**Tabla 3.4-38. Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector quebrada Llaleta.**

| Estación | Campaña        | Briofita | <i>Lilaeopsis</i> | <i>Ranunculus uniflorus</i> | Abundancia % | Riqueza |
|----------|----------------|----------|-------------------|-----------------------------|--------------|---------|
| QL1      | Verano 2015    | P        |                   | P                           | 10           | 2       |
|          | Otoño 2015     | p        |                   | p                           | 10           | 2       |
|          | Primavera 2015 |          |                   | p                           | 5            | 2       |
| QL2      | Primavera 2014 |          |                   | 30                          | 30           | 1       |
|          | Verano 2015    | p        |                   | p                           | 10           | 2       |
|          | Verano 2016    |          |                   | p                           | 5            | 1       |
|          | Otoño 2016     |          |                   | p                           | 5            | 1       |
| QL4      | Primavera 2014 |          | P                 |                             | 5            | 1       |
|          | Verano 2015    |          | P                 | P                           | 10           | 2       |
|          | Otoño 2015     |          |                   | p                           | 5            | 1       |
| QL5      | Verano 2015    |          |                   | 15                          | 15           | 1       |
|          | Otoño 2015     |          | p                 | p                           | 10           | 2       |
|          | Invierno 2015  |          |                   | p                           | 5            | 1       |
|          | Primavera 2015 |          |                   | p                           | 5            | 1       |
|          | Verano 2016    |          |                   | 10                          | 10           | 1       |
|          | Otoño 2016     |          |                   | p                           | 5            | 1       |

- Fitobentos

La abundancia en este sector registró bajos valores en todas las estaciones (ver Figura 3.4-73) durante la campaña de verano, mientras que los valores más altos se registraron en campañas dispares.

La riqueza observada mostró que la estación QL-1, tuvo una menor variación entre campañas.

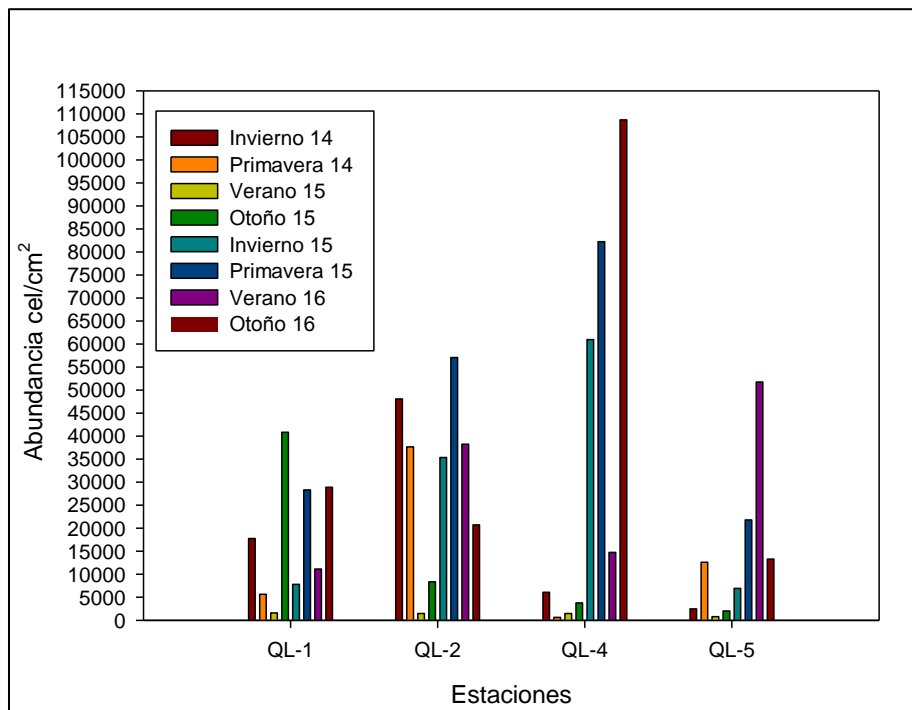
Para la diversidad, la mayoría de las estaciones mostró variaciones entre campañas siendo QL-5 la que mostró una menor variación.

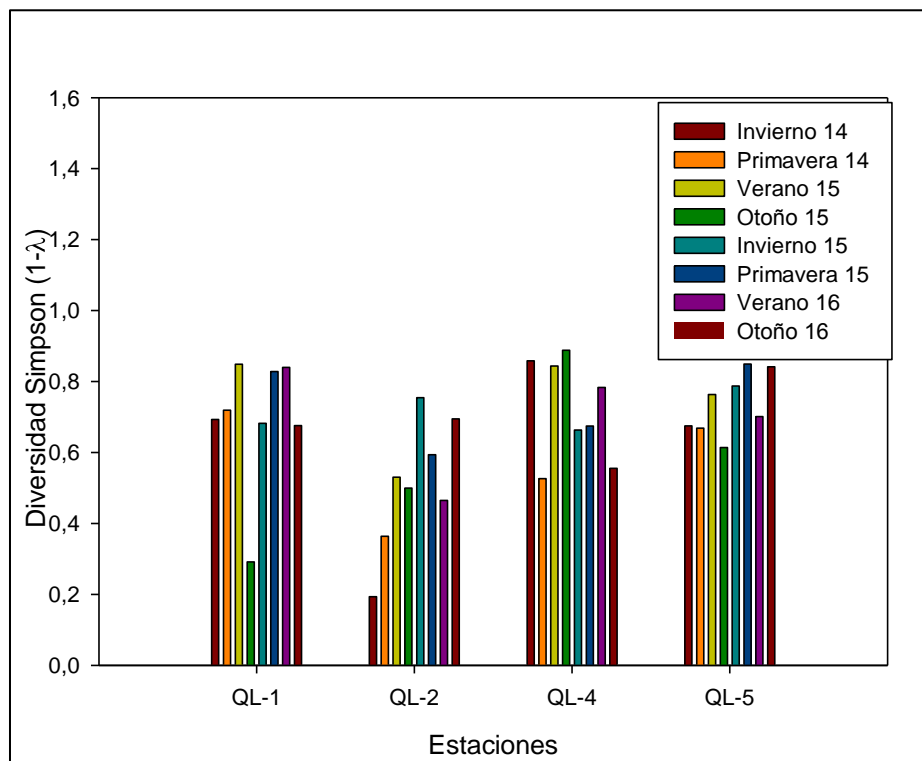
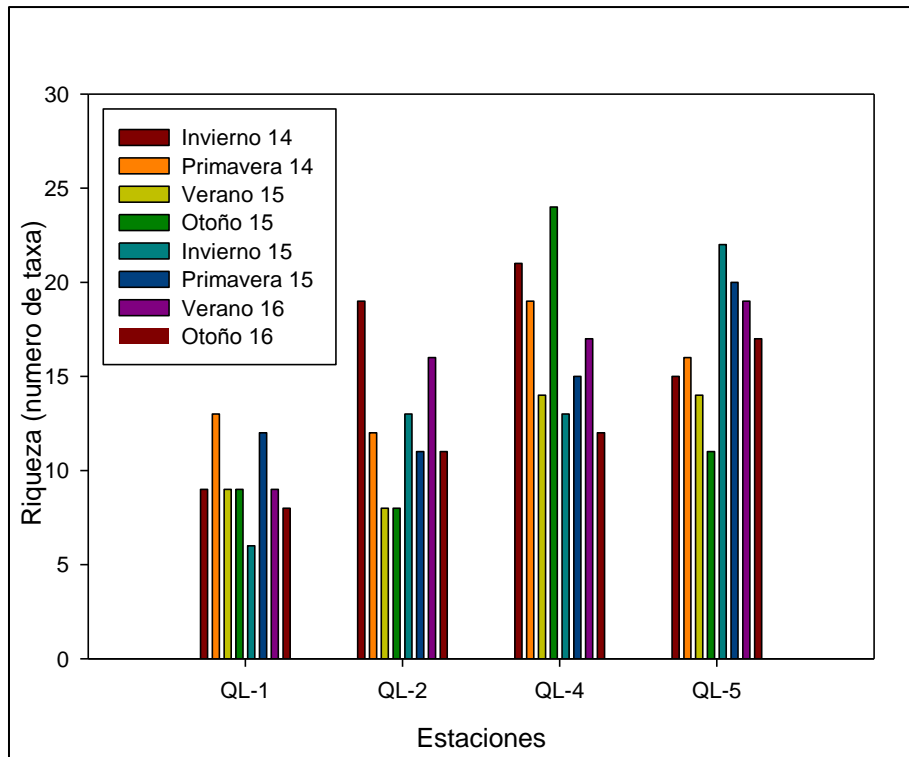
El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones (R: 0,214; p: 0,001), aunque el análisis pareado a posteriori no pudo diferenciar entre los integrantes de los pares QL-2/QL-4, QL-2/QL-5, Y QL-4/QL-5. El análisis, también mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones durante las que se desarrollaron las campañas (R:0,056;p:0,155).

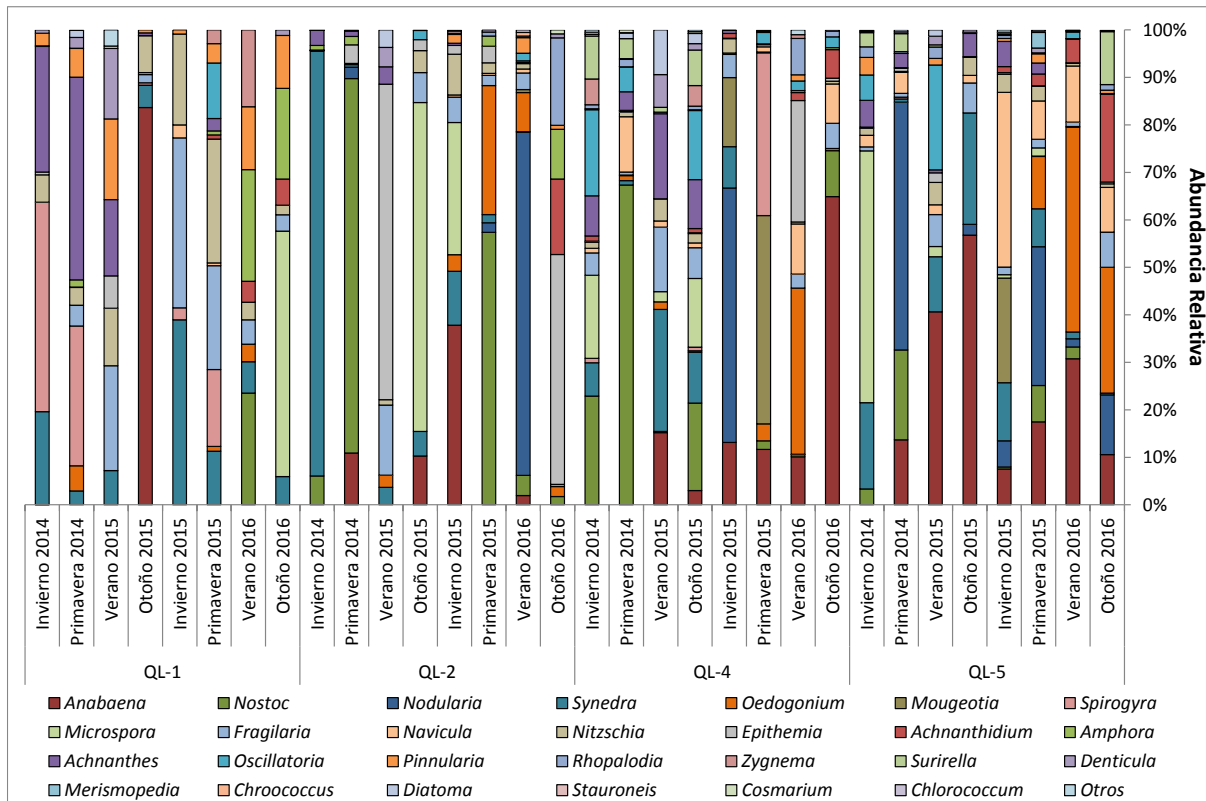
En el sector, los taxa más abundantes correspondieron a *Anabaena* y *Nostoc*.

En todas las estaciones se observó una estructura comunitaria cambiante con respecto a la campaña anterior, sin embargo no existe un ciclo claro que se repita de manera anual ni un taxón dominante a lo largo del desarrollo del estudio.

**Figura 3.4-73. Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Llaretá.**







Fuente: Elaboración Propia

- Fitoplancton

La abundancia de fitoplancton mostró sus menores registros durante la campaña de verano, mientras que los máximos se registraron en diferentes campañas según la estación.

La riqueza, al igual que la abundancia, registró su mínimo durante la campaña de verano en cada estación.

La diversidad varió de manera particular en cada estación con el cambio de las campañas.

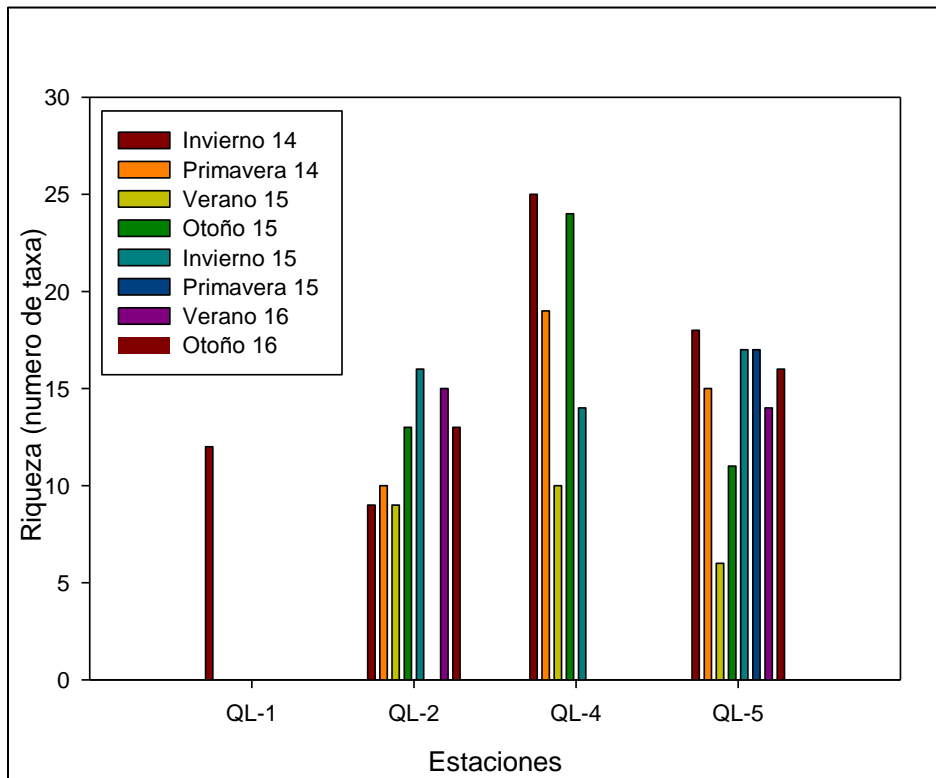
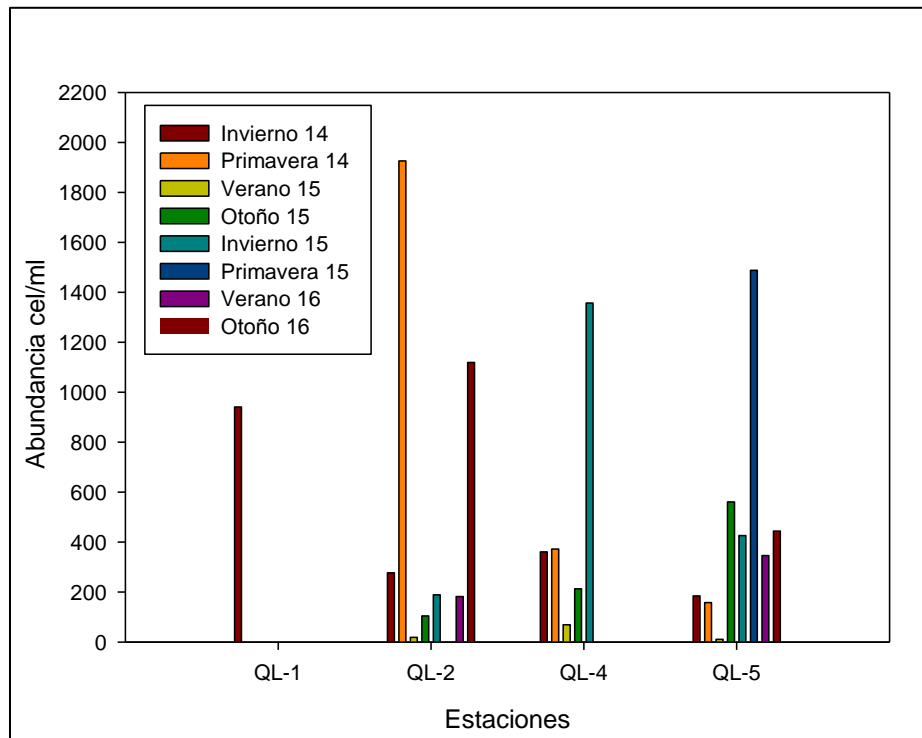
El análisis ANOSIM no mostró diferencias significativas entre las estaciones ( $R: 0,073$ ,  $p: 0,192$ ), además al comparar entre las estaciones de desarrollo de las campañas tampoco se registró diferencias entre ellas usando el mismo análisis ( $R: 0,065$ ;  $p: 0,168$ ).

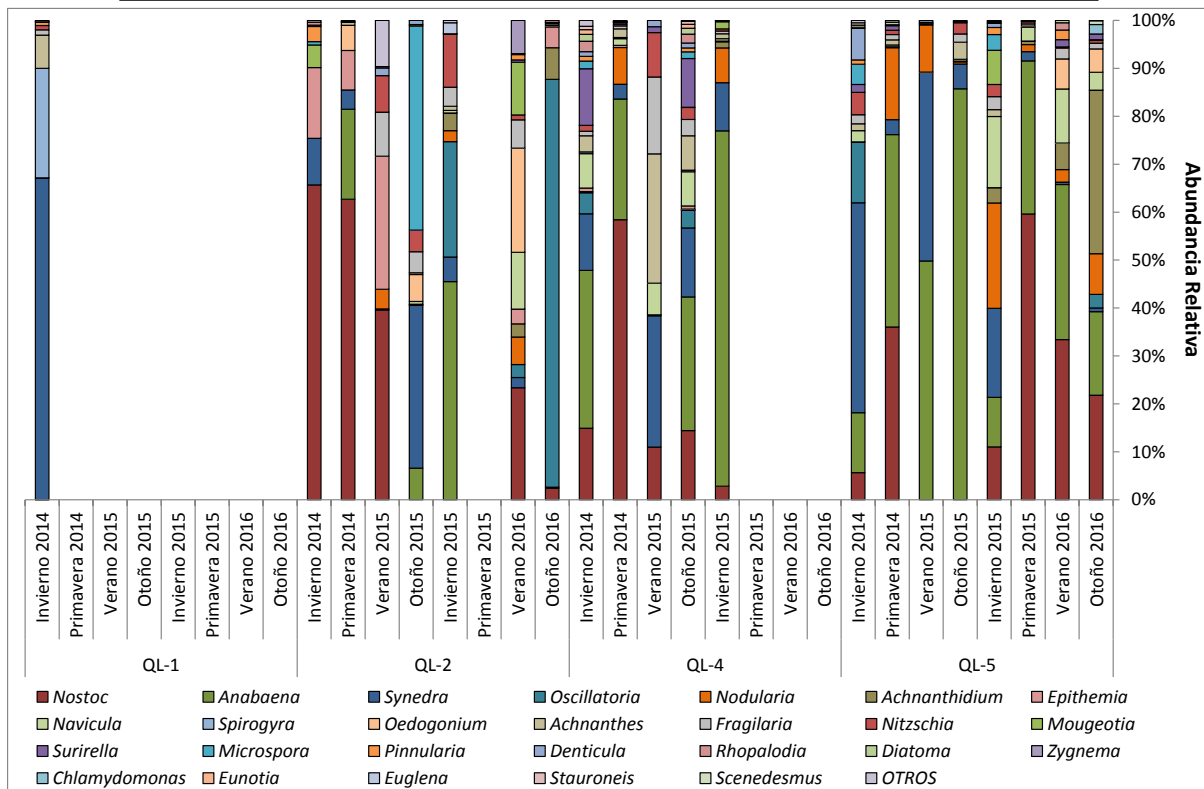
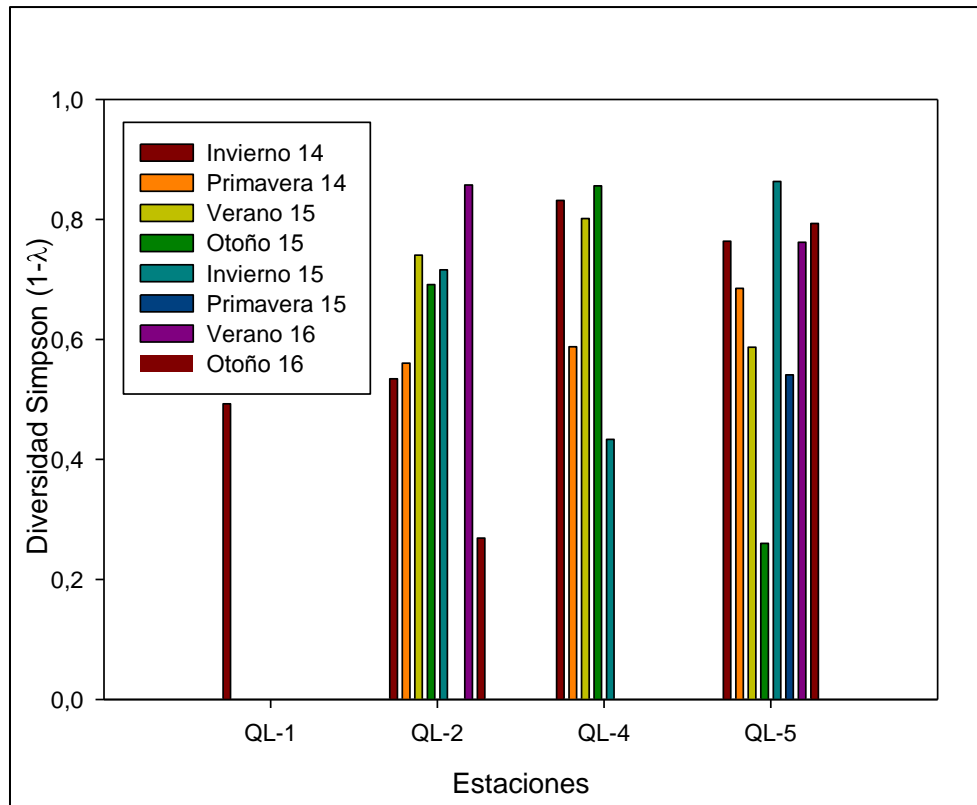
Los taxa más abundantes en el sector correspondieron a *Anabaena*, *Nostoc* y *Synedra*.

En todas las estaciones los taxa dominantes correspondieron a *Anabaena*, *Nostoc* y *Synedra*, con la excepción de QL-1 que tuvo solo a *Synedra* como dominante aunque el estudio solo pudo realizarse durante una campaña.



**Figura 3.4-74. Variables comunitarias de fitoplancton en Quebrada Llareta.**





Fuente: Elaboración Propia

- Zoobentos

La abundancia de la comunidad de zoobentos, Figura 3.4-75, mostró valores particularmente altos en al menos una de las campañas para cada una de las estaciones con la excepción de QL-2, donde los valores fueron más estables.

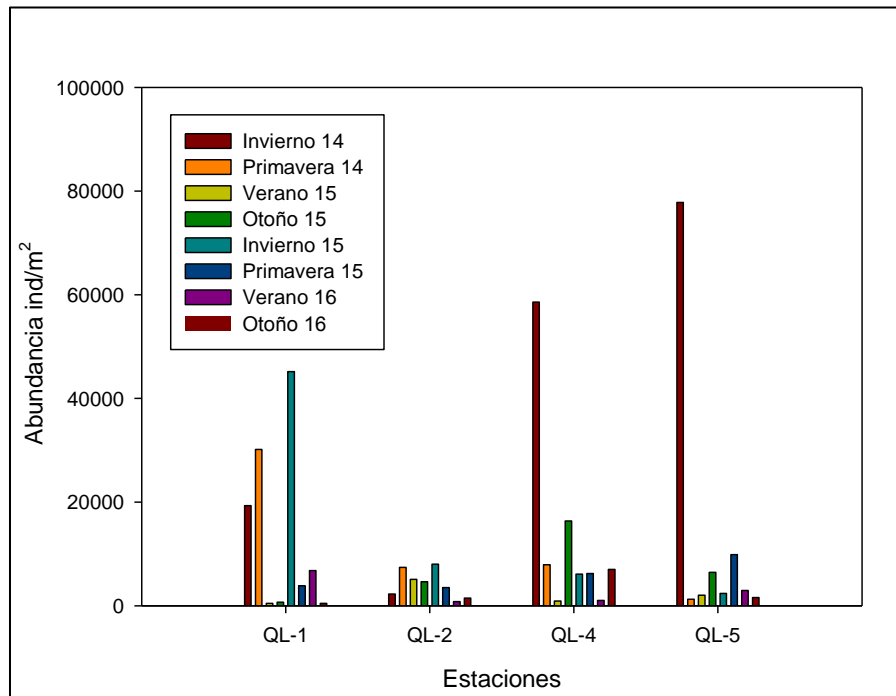
Los valores de riqueza fueron más estables entre campañas dentro de la estación QL-4.

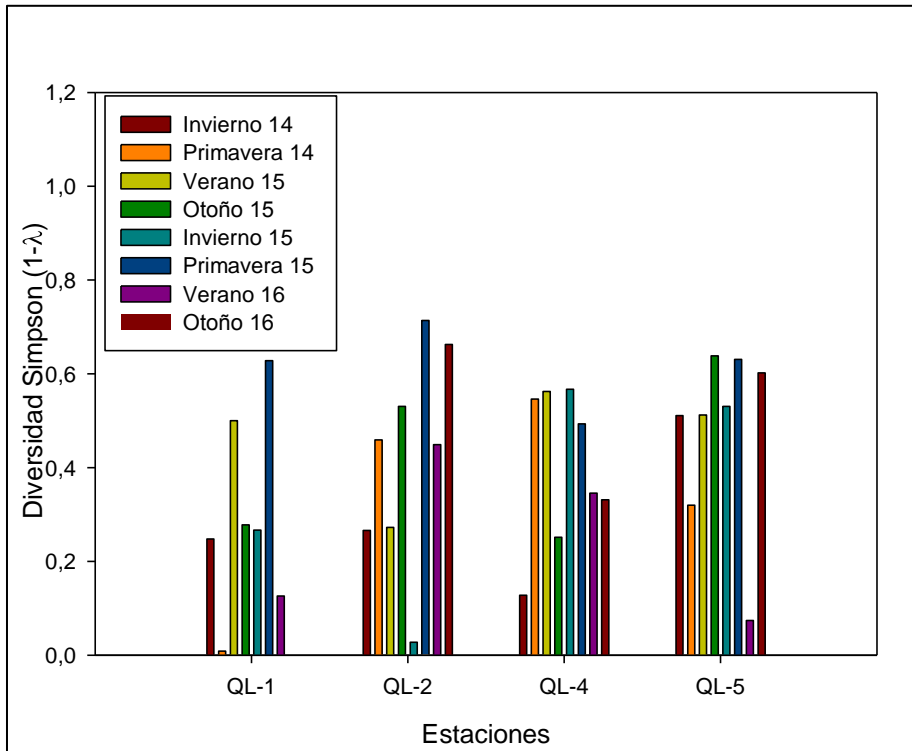
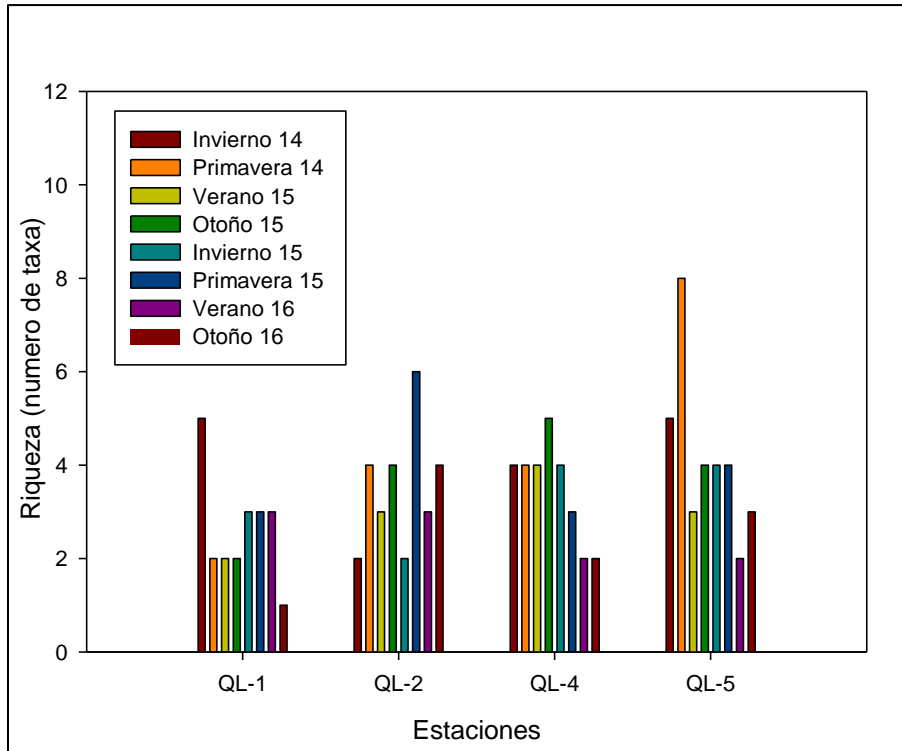
La diversidad dentro de la estación varió con las campañas, aunque no de la misma manera para todas las estaciones.

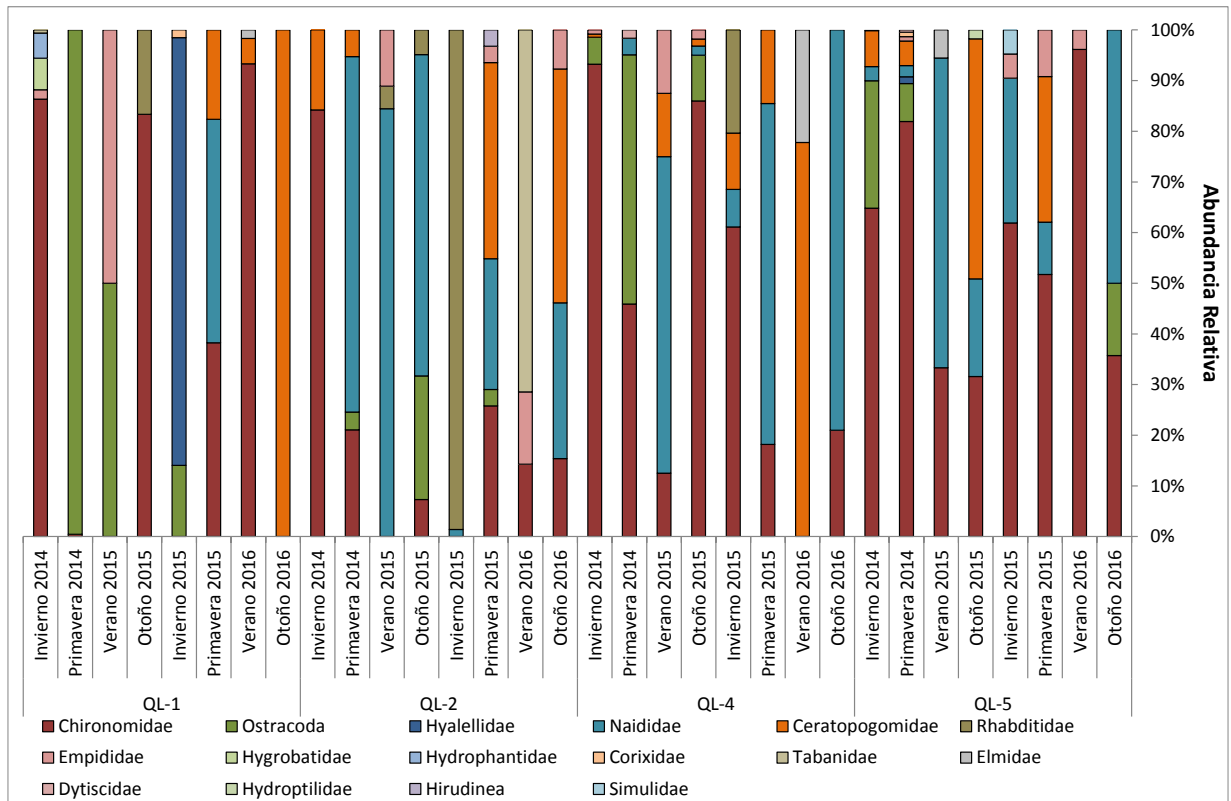
El análisis ANOSIM, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo (R: 0,015; p: 0,342), también mostró que no existen diferencias entre las estaciones del año durante las cuales se desarrollaron las campañas (R: 0,026; p: 0,253).

Los taxa dominantes en este sector correspondieron a Chironomidae y Ostracoda, destacan en QL-1 Hyalellidae y en QL-4 Ceratopogomidae.

**Figura 3.4-75. Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Llaleta.**







Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton

La comunidad de zooplancton no ha sido evaluada en QL-1 debido a los escasos de agua en dicha estación.

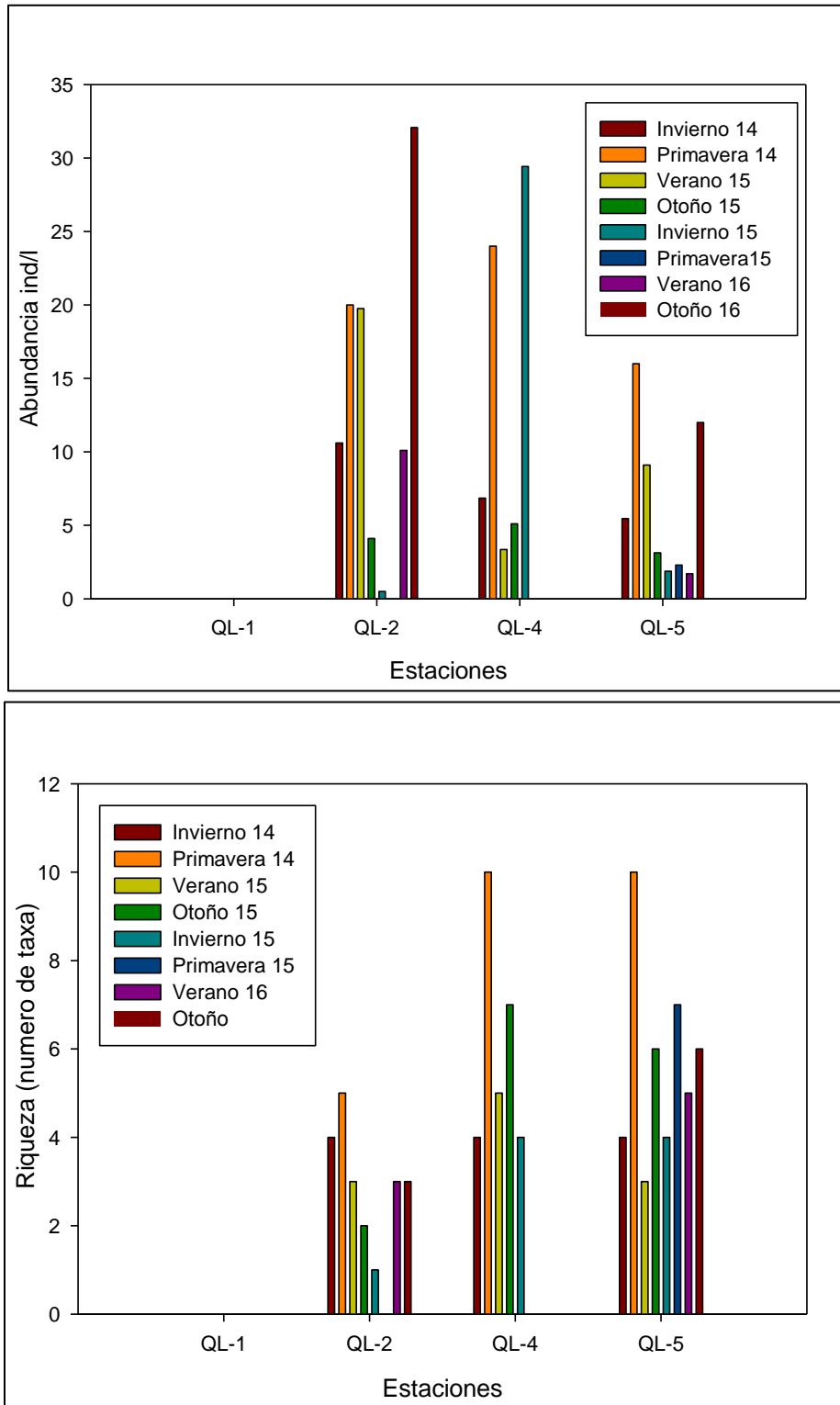
La abundancia de esta comunidad cambió con las diferentes campañas pero de manera distinta para cada estación.

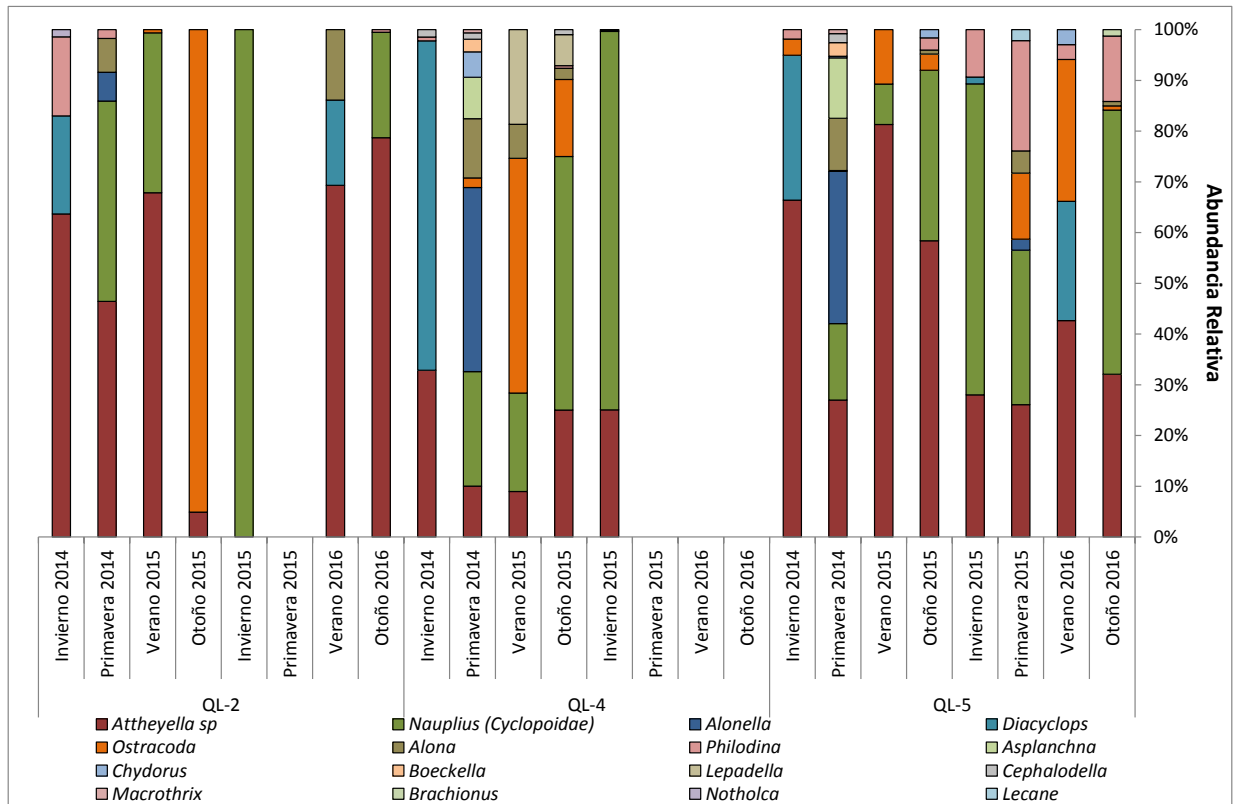
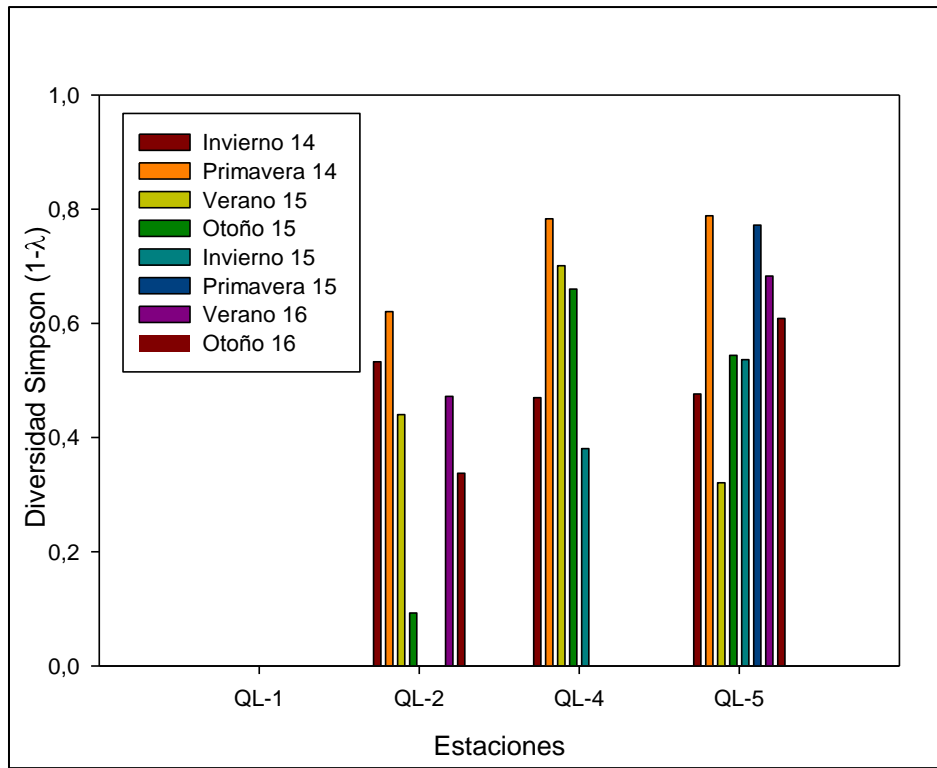
Para la estación QL-2, la riqueza ha ido disminuyendo con el pasar de las campañas, mientras que para el resto de las estaciones ha variado de una manera similar entre sí, con máximos durante Primavera 2015.

El análisis ANOSIM mostró que existe una diferenciación entre las estaciones de muestreo ( $R: 0,04$ ;  $p: 0,02$ ) aunque el análisis pareado a posteriori no pudo diferenciar entre los integrantes de ninguna de las parejas posibles. No existe una diferencia entre las estaciones durante las cuales se desarrolló el muestreo ( $R: 0,02$ ;  $p: 0,383$ ).

El sector está dominado por taxa como *Attheyella*, *Nauplius*, durante ciertas campañas la abundancia de Ostracoda la convierte en taxa dominante.

**Figura 3.4-76. Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Llaretta.**





Fuente: Elaboración Propia

## d) Sector Quebrada Jovita

## d.1) JOV-1

En esta zona la quebrada Jovita circula por un cauce claramente definido por las paredes verticales erosionadas por el agua, estas paredes pueden alcanzar hasta 2 m. de altura (ver Plano 3.4-2). El sustrato se compone principalmente de arena, sobre la que se observó grava y guijarros, además de sustrato de mayor calibre aunque en menor medida. Durante las campañas de muestreo la estación se encontró seca (Fotografía 3.4-14.).

**Fotografía 3.4-14. Vista general estación de muestreo JOV-1.**



Fuente: Elaboración Propia.

## d.2) S21-2

En esta zona (Fotografía 3.4-15.) la quebrada Jovita se presentó seca, con una pendiente marcada y un cauce de cercano a los dos metros de ancho, con un sustrato compuesto en gran parte por roca madre, bolones y en menor medida arena. El estudio de esta estación se incorpora durante invierno de 2015.

**Fotografía 3.4-15. Vista general estación de muestreo S21-2.**



Fuente: Elaboración Propia.



d.3) S21-3

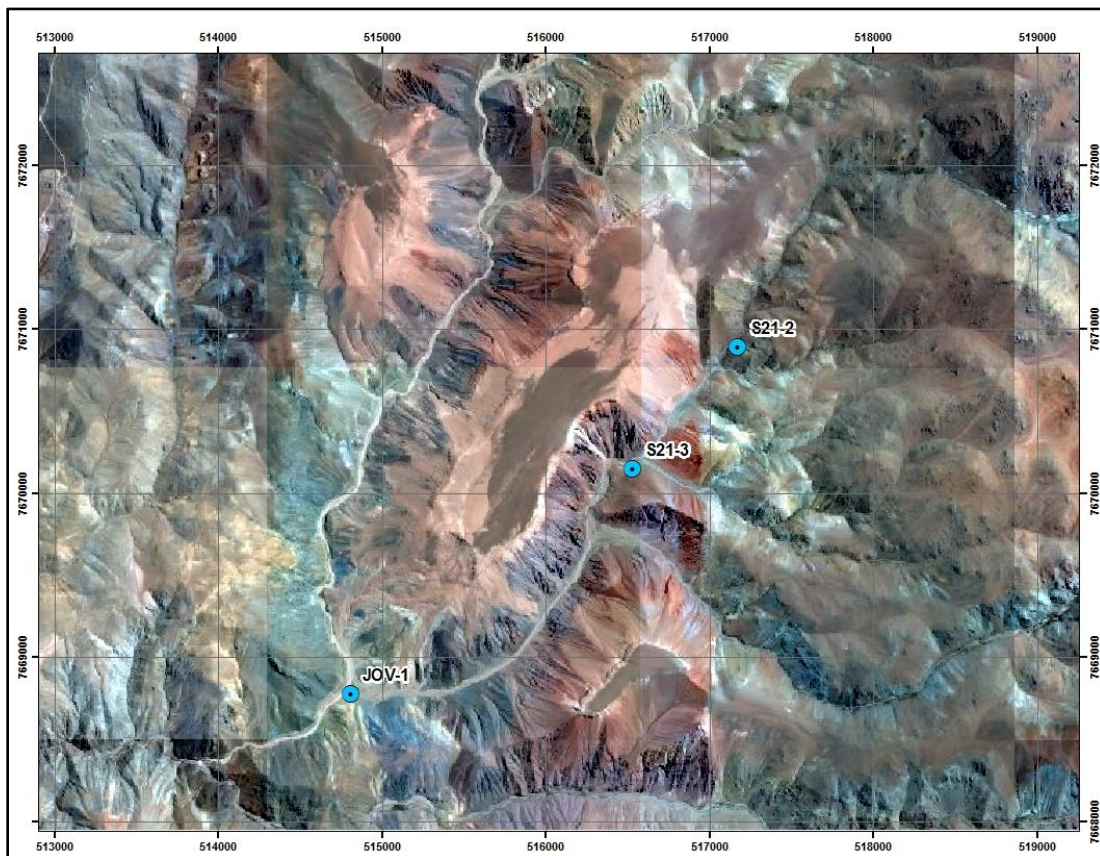
En esta zona (Fotografía 3.4-16) la quebrada Jovita se encuentra seca, el entorno luce de un color rojo arcilla. El cauce tiene cerca de 6 metros de ancho donde el principal componente del sustrato corresponde a arena y guijarros.

**Fotografía 3.4-16. Vista general estación de muestreo S21-3.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 3.4-77. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Jovita**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que superan la normativa de referencia en una o más campañas, NCh 1.333 Of 78 para agua o Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos. Sólo se consideró aquellas estaciones que presentaron al menos un valor por fuera de la norma en el parámetro graficado. Las línea en rojo, dan cuenta de los valores límite o rangos establecidos en la normativa.

d.4) Calidad de Agua

En este sistema ninguna de las estaciones presentó agua superficial, cabe destacar que las estaciones S21-1 y S21-2 fueron incorporadas a las campañas de muestreo a partir de invierno 2015.

d.5) Sedimentos

El análisis ANOSIM mostró que no hay diferencias entre las estaciones del sector (R: -0,269; p: 0,943), además mostró que no existen diferencias entre las temporadas de desarrollo de las campañas (R: 0,271; p: 0,086).

Considerando la guía utilizada como referencia (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), los valores obtenidos a la fecha en general muestran bajas concentraciones, registrándose situaciones de valores llevados para Arsénico y Mercurio y, ocasionalmente, Cobre.

**Tabla 3.4-39. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Jovita**

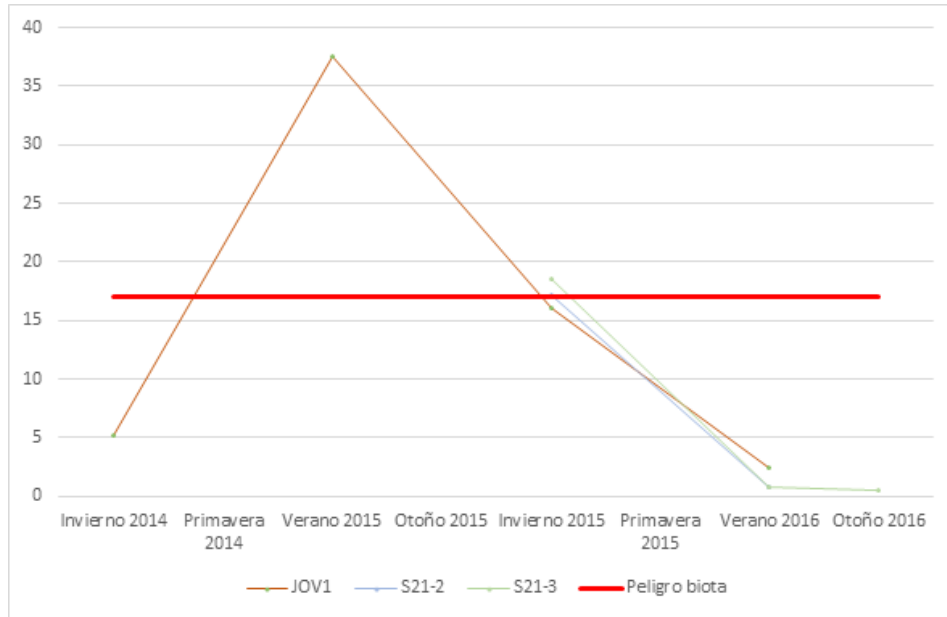
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña       | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |       |         |      |            |         |            |           |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|-----------|-------|---------|------|------------|---------|------------|-----------|
|                       |                      |               | Aluminio                      | Arsénico  | Bario | Berilio | Boro | Cadmio     | Cobalto | Cobre      | Cromo     |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               | <b>17</b> |       |         |      | <b>3,5</b> |         | <b>197</b> | <b>90</b> |
| Q. Jovita             | JOV1                 | Invierno 2014 | 4552                          | 5,14      | 6     | 0,13    | 31   | < 0,5      | 7,1     | 18,0       | 4,4       |
|                       |                      | Verano 2015   | 3612                          | 37,6      | 46    | 0,2     | 34   | 0,8        | 8,2     | 43         | 4,4       |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2824                          | 16        | 86    | < 0,1   | 17   | 0,2        | 3,7     | 13         | 1,8       |
|                       |                      | Verano 2016   | 8944                          | 2,5       | 94,6  | < 0,1   | <0,5 | 5,31       | 14,4    | 90,03      | 39,2      |
|                       | S21-2                | Invierno 2015 | 3706                          | 17,2      | 30    | < 0,1   | 19   | < 0,1      | 3,4     | 18         | 2,2       |
|                       |                      | Verano 2016   | 7442                          | 0,77      | 75    | < 0,1   | <0,5 | 0,98       | 9,44    | 86,1       | 27,7      |
|                       | S21-3                | Invierno 2015 | 2404                          | 18,6      | 132   | < 0,1   | 16   | < 0,1      | 3,9     | 665        | 1,6       |
|                       |                      | Verano 2016   | 3483                          | 0,83      | 43,4  | < 0,1   | <0,5 | 0,4        | 5,45    | 33,6       | 15,5      |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

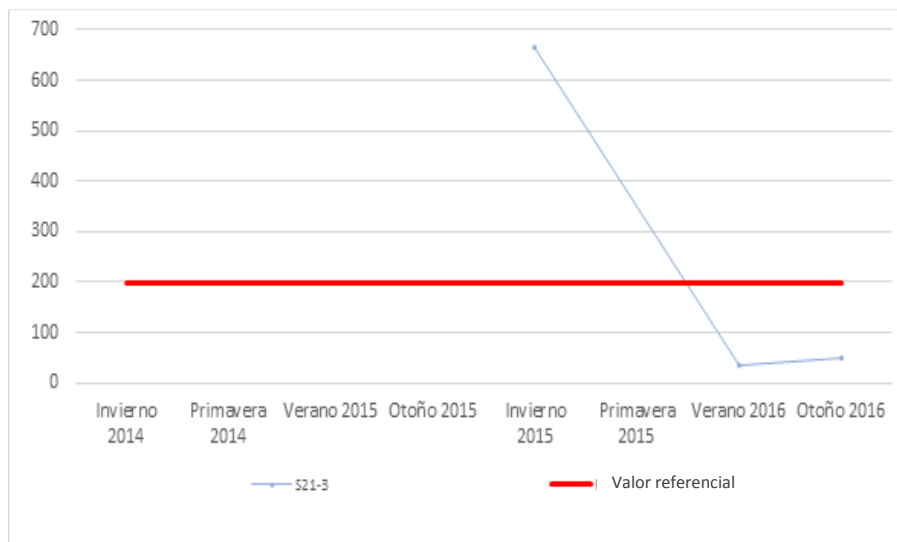
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-78. Concentración de Arsénico mg/Kg, sector Jovita.**



**Figura 3.4-79. Concentración de Cobre mg/Kg, sector Jovita.**



**Tabla 3.4-40. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Jovita**

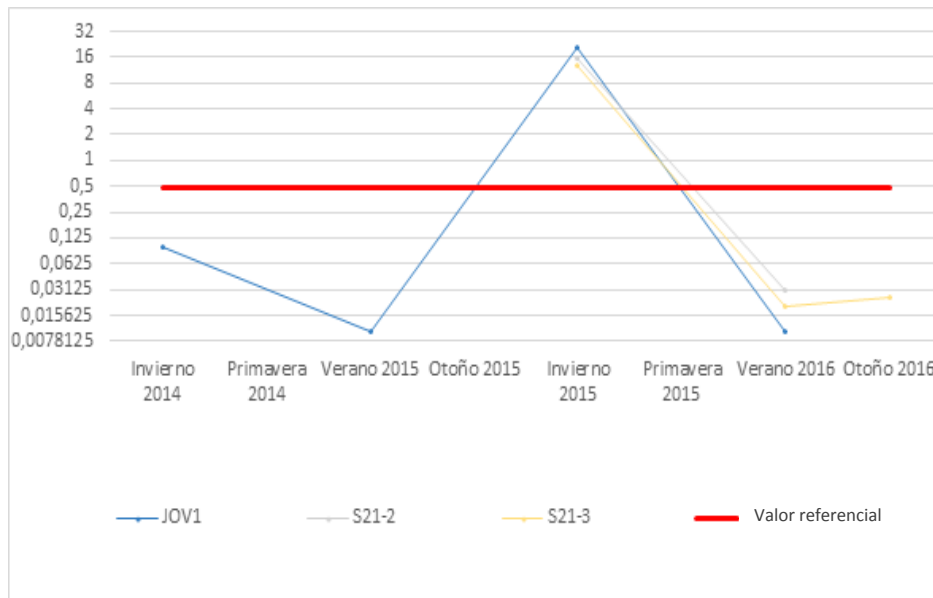
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |               | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|------|------------|
|                       |                      |               | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |      | <b>315</b> |
| Q. Jovita             | JOV1                 | Invierno 2014 | 6129                          | 4243     | 648       | < 0,1        | 1,0       | 5,0    | < 1   | 18,7  | 21          | 72,5 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 10220                         | 5106     | 856       | 0,01         | 0,4       | 6,2    | < 1   | 18,7  | 38          | 83   |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2924                          |          | 396       | 21,2         | < 0,05    | 2,7    | < 1   | 10,9  | 10          | 44   |            |
|                       |                      | Verano 2016   | 13745                         |          | 1203      | 0,01         | < 0,05    | 11,9   | < 1   | 40,8  | 37,3        | 206  |            |
|                       | S21-2                | Invierno 2015 | 2808                          |          | 328       | 15,4         | < 0,05    | 3,1    | < 1   | 5,9   | 12          | 18   |            |
|                       |                      | Verano 2016   | 18102                         |          | 971,8     | 0,03         | 0,39      | 8,11   | < 1   | 14,6  | 41,1        | 65,1 |            |
|                       | S21-3                | Invierno 2015 | 2722                          |          | 358       | 12,5         | < 0,05    | 3,6    | < 1   | 8,7   | 9           | 30   |            |
|                       |                      | Verano 2016   | 9518                          |          | 354,3     | 0,02         | < 0,05    | 4,48   | < 1   | 8,35  | 20,7        | 37,4 |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre lo recomendado en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-80. Concentración de Mercurio mg/Kg, sector Jovita.**



Los compuestos orgánicos en sedimentos, muestran valores bajo el límite de detección para Hidrocarburos volátiles. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total en todas las estaciones de muestreo.

**Tabla 3.4-41. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Jovita**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |               | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|---------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |               | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| Peligro biota        |                      |               | N/A                          | N/A                     | N/A                 |
| Q. Jovita            | JOV1                 | Invierno 2014 | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Invierno 2015 | 20400                        | < 0,1                   | 11                  |
|                      |                      | Verano 2016   | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      | S21-2                | Invierno 2015 | 18700                        | < 0,1                   | 16,5                |
|                      |                      | Verano 2016   | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      | S21-3                | Invierno 2015 | 18500                        | < 0,1                   | 10,5                |
|                      |                      | Verano 2016   | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis de granulometría indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, una fracción menor de arena fina, con alguna fracción de Limo grueso en casi todas las estaciones de muestreo de este sector.

**Tabla 3.4-42. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Jovita**

| Sistema acuático | Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |             |       |       |
|------------------|----------|---------------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                  |          |                     | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       | Limo grueso |       |       |
|                  |          | Unidad medida       | % Retención             |       |       |            |       |       |             |       |       |
|                  |          | Apertura Malla (mm) | 2                       | 1     | 0,5   | 0,25       | 0,125 | 0,088 | 0,074       | 0,063 | 0,044 |
| Q. Jovita        | JOV1     | Invierno 2014       | 16,89                   | 19,47 | 25,62 | 20,84      | 12    | -     | -           | -     | 3,16  |
|                  |          | Verano 2015         | 27,7                    | 21,33 | 24,31 | 17,34      | 7,39  |       |             |       | 1,78  |
|                  |          | Invierno 2015       | 16,96                   | 19,86 | 22,73 | 20,76      | 11,39 |       |             | 0,07  |       |
|                  |          | Verano 2016         | 22,71                   | 27,86 | 22,24 | 11,82      | 6,33  |       |             | 4,42  |       |
|                  | S21-2    | Invierno 2015       | 41,21                   | 13,04 | 14,04 | 15,08      | 9,27  |       |             | 3,56  |       |
|                  |          | Verano 2016         | 26,22                   | 8,68  | 14,92 | 22,97      | 14,7  |       |             | 5,89  |       |
|                  | S21-3    | Invierno 2015       | 44,88                   | 14,5  | 14,38 | 12,81      | 8,54  |       |             | 2,86  |       |
|                  |          | Verano 2016         | 39,1                    | 28,56 | 22,19 | 8,46       | 1,29  |       |             | 0,08  |       |

Fuente: Elaboración propia.



d.6) Biota acuática

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

- Anfibios

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

- Macrófitas

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

- Fitobentos

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

- Fitoplancton

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

- Zoobentos

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

- Zooplancton

No se registró la presencia de agua en las estaciones, tampoco se encontró presencia de biota acuática.

e) Sector Quebrada Ramucho-Choja-Maní

En este sector la quebrada de Ramucho cuenta con dos estaciones de muestreo, La quebrada Choja también posee dos estaciones mientras que la última estación se ubica en la Quebrada Maní. Ramucho, presentó un flujo promedio de 16,8 l/s para el año 2013 de acuerdo con el estudio de hidrología y balance hídrico (EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, Anexo 3.2.7-1, GOLDER, 2014).

## e.1) RAM 2

Esta zona (Fotografía 3.4-17.) de la quebrada se caracteriza por poseer un sistema de rápidos y pozones, donde los rápidos tienen un ancho de 0,45 metros con 5 cm de profundidad, mientras que en los pozones se registró un ancho de hasta 1 metro y una profundidad de 25 cm. El sustrato es heterogéneo, dominando el sedimento fino y arena en los pozones y orillas, mientras que bolones y piedras dominan en los rápidos. A partir de la campaña de primavera de 2015 esta estación se encontró sin escurrimiento de agua superficial.

**Fotografía 3.4-17. Vista general estación de muestreo RAM 2.**



Fuente: Elaboración Propia.

## e.2) RAM 1

En este sector (Fotografía 3.4-18.) la quebrada se encuentra enmarcada por una fuerte pendiente en una de sus orillas, el cuerpo de agua mostró un ancho de 1,6 metros con una profundidad no mayor a los 5 cm. El sustrato dominante correspondió a grava.

**Fotografía 3.4-18. Vista general estación de muestreo RAM 1.**



Fuente: Elaboración Propia.

## e.3) CHO 1

Es la primera de dos estaciones de muestreo ubicadas en la quebrada de Choja. La quebrada Choja cuenta con un flujo promedio de 17,2 l/s para el año 2013 de acuerdo al estudio de hidrología y balance hídrico (EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, Anexo 3.2.7-1, GOLDER, 2014).

En esta zona la quebrada se encuentra limitada en una ribera por un farellón rocoso, mientras que en la otra ribera la pendiente es menor. En la orilla del curso de agua se encontró algunas plantas terrestres, entre ellas algunos arbustos de más de un metro de alto, además se registró la presencia de cristales blanquecinos de sal. La columna de agua no sobrepasó los 1,5 m de ancho y la profundidad no fue superior a 12 cm ( Fotografía 3.4-19.)

**Fotografía 3.4-19. Vista general estación de muestreo CHO 1.**

Fuente: Elaboración Propia.

## e.4) CHO 2

En esta zona (Fotografía 3.4-20.), la quebrada se encuentra encajonada por paredes de roca en ambas orillas lo que dificulta el acceso. El cuerpo de agua no mide más de 0,9 metros de ancho y una profundidad inferior a los 5 cm. El sustrato presente correspondió principalmente a grava. Aguas debajo de la estación se encuentra un salto de al menos 5 metros. A partir de la campaña de primavera, esta estación se reubicó aguas abajo de su ubicación durante invierno y se accedió a ella caminando aguas arriba desde la quebrada Maní. En esta zona la quebrada se encuentra fuertemente encajonada con murallas de roca por ambos lados, el curso de agua no sobrepasa el metro de ancho con una profundidad menor a los cinco centímetros. El sustrato corresponde principalmente a piedras y guijarros más algunos bolones.



**Fotografía 3.4-20. Vista general estación de muestreo CHO 2.**



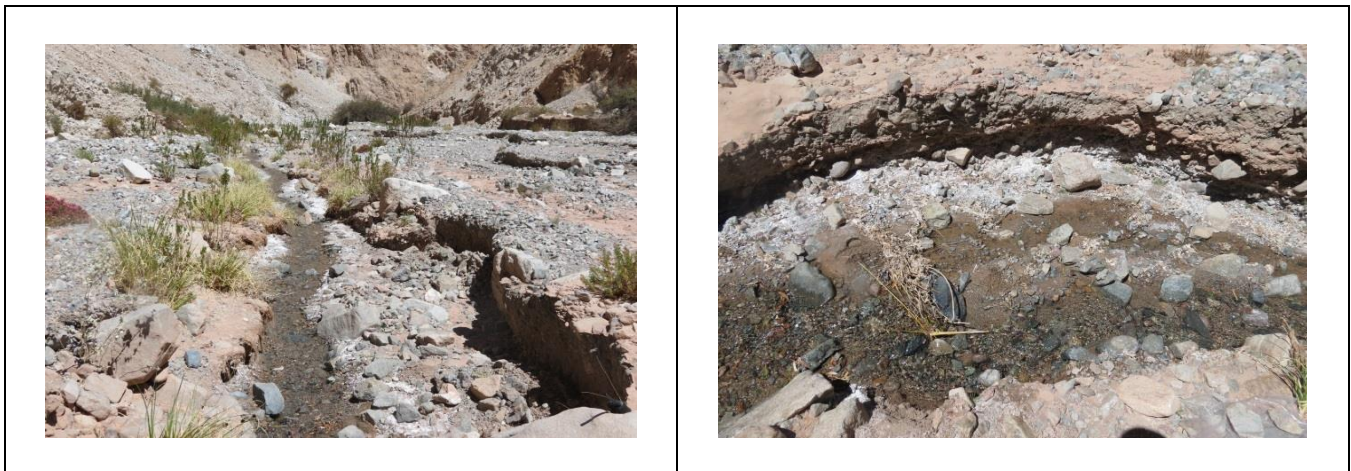
Fuente: Elaboración Propia.

e.5) QM 3

Corresponde a la estación de muestreo ubicada Fotografía 3.4-21. en la quebrada Maní que continúa aguas abajo de la Quebrada Choja.

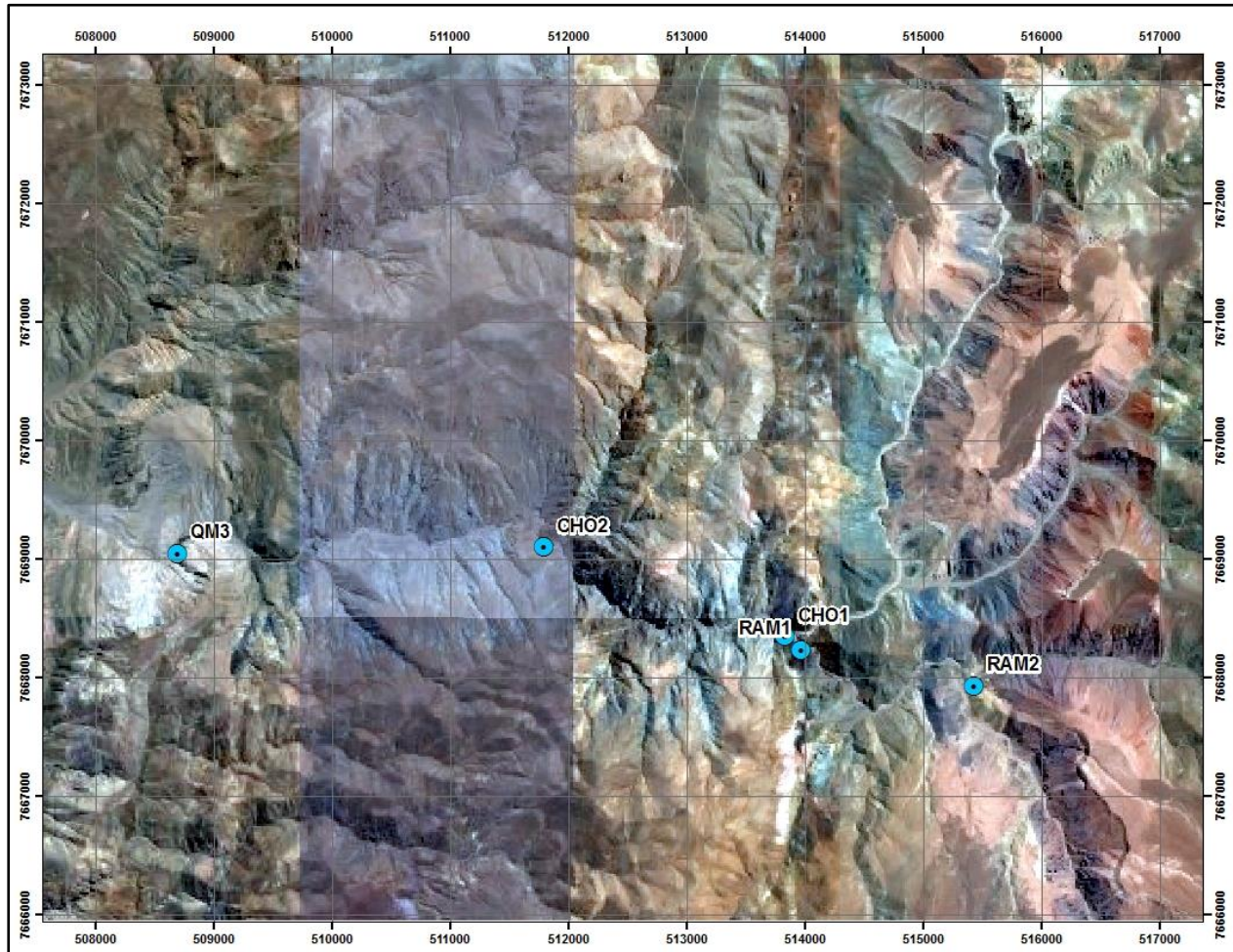
En este punto, el sustrato del cuerpo de agua correspondió principalmente a arena y grava con algunas piedras. El ancho de la columna de agua no fue mayor que 0,3 metros con una profundidad menor que 5 cm.

**Fotografía 3.4-21. Vista general estación de muestreo QM 3.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 3.4-81. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebradas Ramucho-Choja-Maní**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo los resultados obtenidos para este sector (Figura 3.4-81), a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biotas Acuática. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia.

e.6) Calidad de Agua

El análisis ANOSIM mostró que existen diferencias entre las estaciones del sector (R: 0,129; p:0,003) el análisis a posteriori no mostró diferencias entre las estaciones CHO-1/CHO-2; CHO-1/QM-3; CHO-2/QM-3; RAM-1/RAM-2. Además al comparar las temporadas de desarrollo de las campañas, ANOSIM mostró diferencias entre ellas (R:0,053; p: 0,048) aunque el análisis a posteriori no mostró diferencias entre las parejas comparadas.



De acuerdo a los resultados obtenidos, ver Tabla 3.4-43, en la medición de parámetros con importancia limnológica, en general los valores registrados no presentan variaciones importantes al menos en orden de magnitud a lo largo de las campañas realizadas. Considerando el conjunto de parámetros analizados, destacan niveles elevados de conductividad y sólidos disueltos totales, respecto de los valores referenciales utilizados (NCh. 1.333), los que se registran y mantienen continuos a lo largo del sistema acuático a partir de la estación RAM-1.

**Tabla 3.4-43. Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                  |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrito (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333 |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
| Quebrada Ramucho | RAM-1                | Invierno 2014  | 13,6                                  | 8,3  | 1000                            | 499                              | 5,22                    | <500                 | <5000                  | 116                      | <200           | <200           |
|                  |                      | Primavera 2014 | 16,4                                  | 8,2  | 1041                            | 521                              | 6,67                    | <500                 | <5000                  | 162                      | <100           | <1000          |
|                  |                      | Verano 2015    | 16,2                                  | 8,36 | 1011                            | 506                              | 5,85                    | 1200                 | <5000                  | 182                      | <50            | <500           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 7,3                                   | 8,25 | 945                             | 473                              | 7,49                    | 500                  | <5000                  | 164                      | <50            | <500           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 13,5                                  | 8,12 | 763                             | 381                              |                         | <500                 | <5000                  | 162                      | <50            | <200           |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 7,7  | 1157                            | 735                              |                         | <0,5                 | <5                     | 165                      | <0,05          | <0,2           |
|                  |                      | Verano 2016    | 18                                    | 7,94 | 1080                            | 540                              | 5,65                    | 3000                 | <5000                  | 178                      | <50            | <500           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 8,5                                   | 7,31 | 1077                            | 539                              | 5,63                    | <500                 | <5000                  | 172                      | <50            | <500           |
|                  | RAM-2                | Invierno 2014  | 8,9                                   | 8,3  | 580                             | 289                              | 5,49                    | 800                  | <5000                  | 108                      | <200           | <200           |
|                  |                      | Primavera 2014 | 8,1                                   | 8,82 | 457                             | 228                              | 4,92                    | <500                 | <5000                  | 227                      | <100           | <1000          |
|                  |                      | Verano 2015    | 13,8                                  | 8,51 | 660                             | 330                              | 5,79                    | 600                  | <5000                  | 195                      | <50            | <500           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 6,2                                   | 8,72 | 485                             | 242                              | 6,21                    | <500                 | <5000                  | 198                      | 50             | <500           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 11,4                                  | 8,63 | 260                             | 129,3                            |                         | <500                 | <5000                  | 175                      | <50            | <200           |
|                  |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                         |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
| Verano 2016      |                      | Estación Seca  |                                       |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
| Otoño 2016       |                      | Estación Seca  |                                       |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
| Quebrada Choja   | CHO-1                | Invierno 2014  | 15,3                                  | 8,3  | 1973                            | 990                              | 5,55                    | <500                 | <5000                  | 110                      | <200           | 1.800          |
|                  |                      | Primavera 2014 |                                       |      |                                 |                                  |                         | <500                 | <5000                  | 150                      | <100           | 4060           |
|                  |                      | Verano 2015    | 17,1                                  | 8,13 | 2400                            | 1200                             | 6,06                    | <500                 | <5000                  | 173                      | <50            | 31000          |

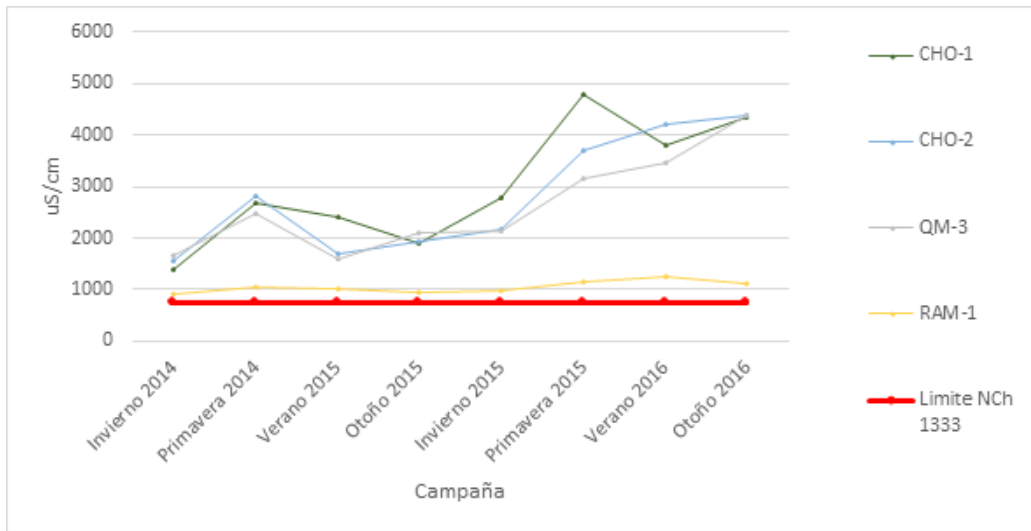
|                  |                      |                | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |               |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Temperatura (°C)                      | pH            | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333 |                      |                |                                       | 6-9*          | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
|                  | CHO-2                | Otoño 2015     | 10,6                                  | 8             | 1891                            | 946                              | 6,35                    | <500                 | <5000                  | 180                      | 50             | 5100           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 5,2                                   | 8,51          | 1601                            | 802                              |                         | <500                 | <5000                  | 159                      | <50            | 4130           |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 7             | 4772                            | 2932                             |                         | <500                 | <5000                  | 147                      | <50            | 38100          |
|                  |                      | Verano 2016    | 17,9                                  | 7,64          | 3140                            | 1570                             | 5,47                    | 1500                 | <5000                  | 171                      | <50            | 4200           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 11,6                                  | 7,71          | 3290                            | 1650                             | 6,04                    | <500                 | <5000                  | 173                      | <50            | 4500           |
|                  |                      | Invierno 2014  | 6,8                                   | 8,3           | 2163                            | 1067                             | 7,01                    | <500                 | <5000                  | 205                      | <200           | 1.200          |
|                  |                      | Primavera 2014 | 15,6                                  | 7,84          | 2677                            | 1344                             | 5,3                     | 3000                 | <5000                  | 126                      | <100           | 3600           |
|                  |                      | Verano 2015    | 20,4                                  | 8,63          | 1689                            | 846                              | 5,62                    | <500                 | <5000                  | 108                      | <50            | 1400           |
|                  |                      | Otoño 2015     | 12,1                                  | 8,65          | 1948                            | 974                              | 6,45                    | 500                  | <5000                  | 271                      | <50            | 3700           |
|                  |                      | Invierno 2015  | 12,3                                  | 8,4           | 1677                            | 839                              |                         | <500                 | <5000                  | 145                      | <50            | <200           |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 8,4           | 3708                            | 3008                             |                         | <500                 | <5000                  | 120                      | <50            | 12400          |
|                  |                      | Verano 2016    | 23,7                                  | 8,3           | 3440                            | 1720                             | 5,78                    | 1600                 | <5000                  | 107                      | <50            | 3300           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 16,1                                  | 7,9           | 4372                            | 3704                             | 5,92                    | <500                 | 8200                   | 146                      | <50            | 3320           |
|                  |                      | Quebrada Maní  | QM-3                                  | Invierno 2014 | 15,4                            | 8,19                             | 2162                    | 1072                 | 5,89                   | <500                     | <5000          | 114            |
| Primavera 2014   | 19,7                 |                |                                       | 8,03          | 2472                            | 1236                             | 4,69                    | <500                 | <5000                  | 126                      | <100           | <1000          |
| Verano 2015      | 22,8                 |                |                                       | 8,47          | 1606                            | 807                              | 5,39                    | <500                 | <5000                  | 110                      | <50            | 1700           |
| Otoño 2015       | 14,1                 |                |                                       | 8,61          | 2087                            | 1045                             | 6,14                    | <500                 | <5000                  | 230                      | <50            | 2600           |
| Invierno 2015    | 16,7                 |                |                                       | 8,5           | 1719                            | 861                              |                         | <500                 | <5000                  | 132                      | <50            | 1940           |
| Primavera 2015   |                      |                |                                       | 8,4           | 3151                            | 2461                             |                         | <500                 | <5000                  | 128                      | <50            | 1200           |
| Verano 2016      | 23,7                 |                |                                       | 8,38          | 2593                            | 1298                             | 5,15                    | 2100                 | <5000                  | 119                      | <50            | 3100           |
| Otoño 2016       | 21,2                 |                |                                       | 7,9           | 4368                            | 3664                             | 5,60                    | <500                 | <5000                  | 124                      | <50            | 3410           |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática, \*\* Límite establecido para agua de riego. Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

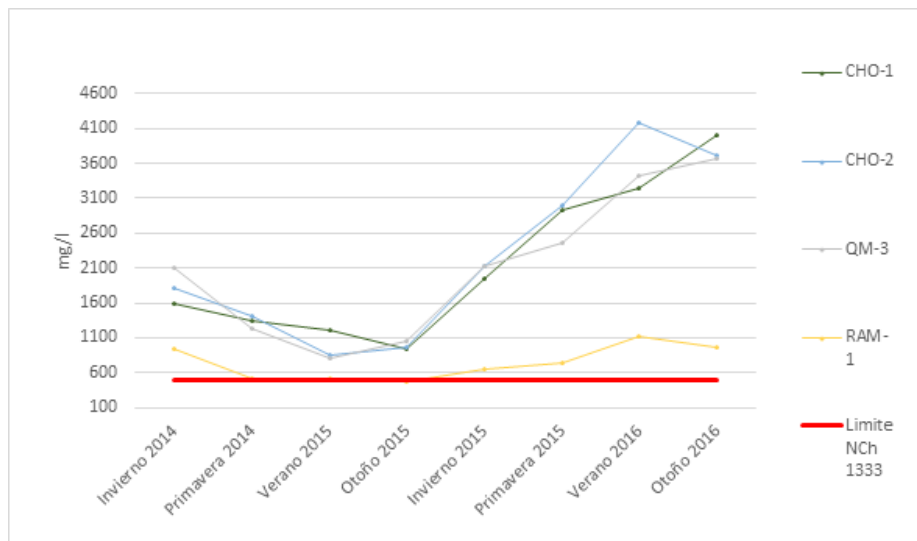
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos parámetros de importancia limnológica que presentan valores superiores la normativa utilizada como referencia (NCh. 1.333), señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

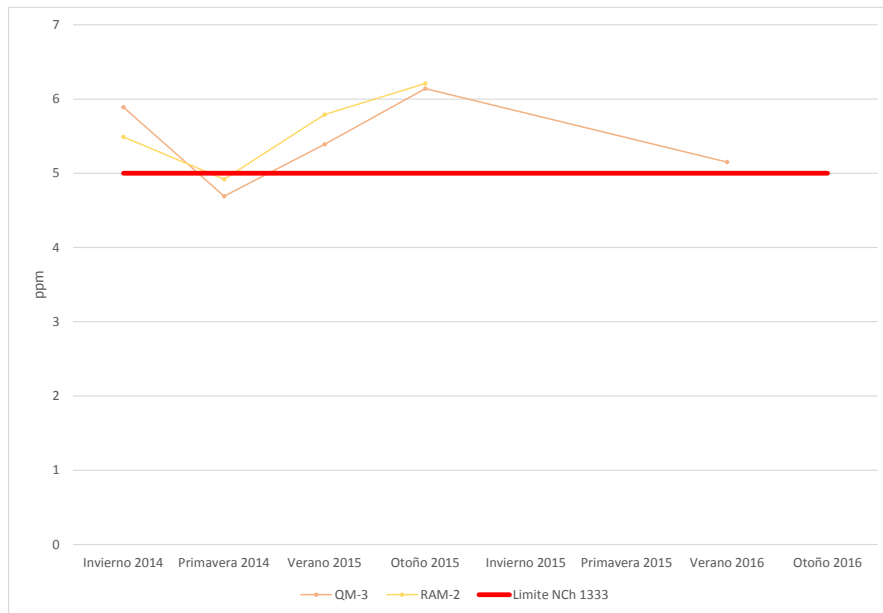
**Figura 3.4-82. Conductividad eléctrica, sector Ramucho-Choja-Maní.**



**Figura 3.4-83. Sólidos totales disueltos, sector Ramucho-Choja-Maní.**



**Figura 3.4-84. Oxígeno, sector Ramucho-Choja-Maní.**



Los resultados de la medición de macroelementos (Tabla 3.4-44), señalan que las estaciones de muestreo presentan concentraciones variables entre las distintas campañas realizadas. Considerando el conjunto de parámetros evaluados, se identifican eventos específicos de aumento en la concentración de Cloruros, y destacan los valores superiores a la referencia utilizada (NCh. 1.333) para Sulfatos a lo largo de todo el muestreo a partir de la estación RAM-1, y a lo largo de todo el sistema acuático.

**Tabla 3.4-44. Resultados análisis de macroelementos, Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |       |         |        |          |
| Quebrada Ramucho        | RAM-1                | Invierno 2014  | 343                   | 480          | 49,2  | 3,78    | 174    | 32,2     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 68                    | 480          | 65    | 4,1     | 172,2  | 34,4     |
|                         |                      | Verano 2015    | 31                    | 307          | 40,4  | 2,4     | 109    | 31       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 27                    | 313          | 44    | 2       | 123    | 29       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 27                    | 347          | 35    | 26      | 122    | 29       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 30                    | 385          | 49    | 4       | 149    | 32       |
|                         |                      | Verano 2016    | 34                    | 565          | 49    | 7       | 138    | 34       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 26                    | 432          | 48    | 7       | 146    | 36       |
|                         | RAM-2                | Invierno 2014  | 290                   | 82           | 29,6  | 3,12    | 79     | 21,8     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 31                    | 103          | 46    | 5,2     | 61,4   | 28,3     |
|                         |                      | Verano 2015    | 30                    | 115          | 27,2  | 1,5     | 63,1   | 24       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 21                    | 70           | 30    | 2       | 56     | 20       |

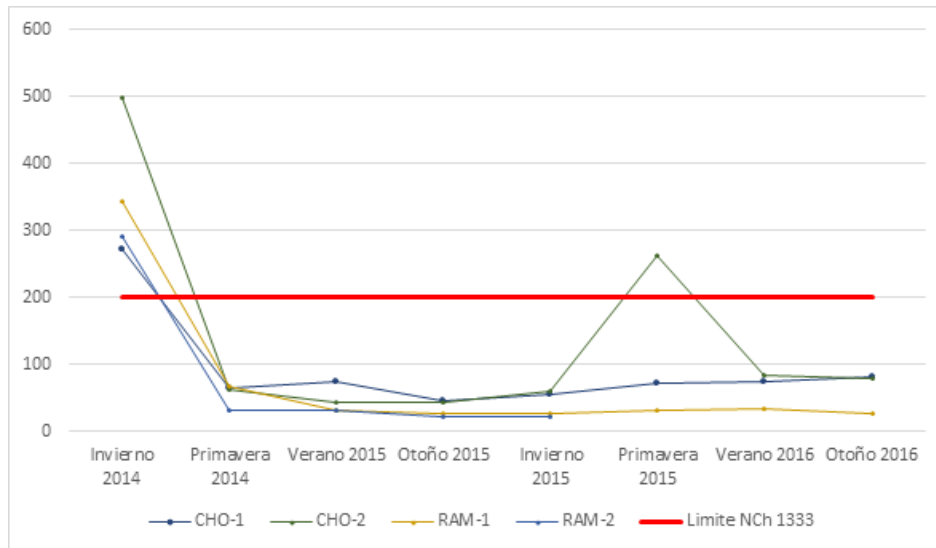
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |       |         |        |          |
|                         |                      | Invierno 2015  | 22                    | 75           | 22    | 26      | 55     | 20       |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca         |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Verano 2016    | Estación Seca         |              |       |         |        |          |
|                         |                      | Otoño 2016     | Estación Seca         |              |       |         |        |          |
| Quebrada Choja          | CHO-1                | Invierno 2014  | 272                   | 902          | 62,9  | 4,44    | 158    | 73,6     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 65                    | 1652         | 94    | 7,6     | 367,6  | 164,1    |
|                         |                      | Verano 2015    | 74                    | 935          | 56,5  | 3,1     | 213    | 99       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 45                    | 860          | 59    | 2       | 121    | 88       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 55                    | 1268         | 58    | 28      | 227    | 135      |
|                         |                      | Primavera 2015 | 72                    | 1999         | 84    | 7       | 384    | 194      |
|                         |                      | Verano 2016    | 75                    | 1929         | 78    | 7       | 288    | 157      |
|                         | Otoño 2016           | 81             | 2219                  | 91           | 10    | 497     | 206    |          |
|                         | CHO-2                | Invierno 2014  | 498                   | 1035         | 61,4  | 4,71    | 194    | 86,6     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 63                    | 1533         | 88    | 6,4     | 353,7  | 150,3    |
|                         |                      | Verano 2015    | 43                    | 1093         | 70    | 4,3     | 218,9  | 96       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 42                    | 740          | 79    | 6       | 162    | 101      |
|                         |                      | Invierno 2015  | 60                    | 1334         | 73    | 6       | 298    | 131      |
|                         |                      | Primavera 2015 | 263                   | 1714         | 79    | 7       | 361    | 173      |
| Verano 2016             |                      | 83             | 2288                  | 110          | 12    | 429     | 165    |          |
| Otoño 2016              | 78                   | 2267           | 88                    | 6            | 493   | 218     |        |          |
| Quebrada Maní           | QM-3                 | Invierno 2014  | 55                    | 1129         | 62,57 | 10,5    | 256    | 119      |
|                         |                      | Primavera 2014 | 40                    | 1220         | 73    | 5,4     | 299    | 118      |
|                         |                      | Verano 2015    | 39                    | 1179         | 68,8  | 4,3     | 234,1  | 96       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 41                    | 887          | 68    | 7       | 198    | 89       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 65                    | 1294         | 64    | 4       | 303    | 122      |
|                         |                      | Primavera 2015 | 56                    | 1600         | 65    | 5       | 306    | 136      |
|                         |                      | Verano 2016    | 38                    | 1766         | 93    | 8       | 308    | 121      |
|                         |                      | Otoño 2016     | 85                    | 2244         | 81    | 6       | 419    | 182      |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

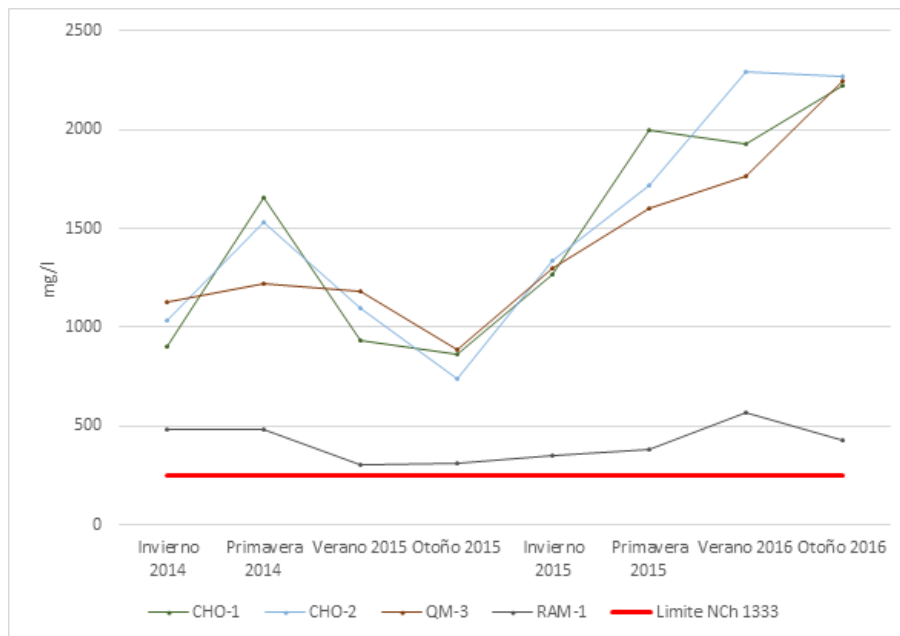
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de los macroelementos que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-85. Cloruro, sector Ramucho-Choja-Maní.**



**Figura 3.4-86. Sulfato, sector Ramucho-Choja-Maní.**



Por su parte, los resultados obtenidos para metales Tabla 3.4-45, dan cuenta de valores superiores a la norma de referencia utilizada (NCh 1.333) en todas las estaciones de muestreo. Al respecto, metales como Boro y Molibdeno, registran niveles por sobre la referencia en la mayoría de las campañas realizadas en las estaciones a lo largo de este sistema. Además de observarse en algunas campañas y eventos específicos concentraciones elevadas de Hierro, particularmente en las estaciones RAM-1, RAM-2, CHO-2 y QM-3



**Tabla 3.4-45. Resultados análisis de metales, Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|--------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |        |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |        |
| Quebrada Ramucho        | RAM-1                | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,18       | 0,08          | 1,9          | <0,01          | 0,03       | 0,12         | 0,006  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,06          | 2            | 0,01           | 0,01       | 0,23         | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,24          | 1,4          | 0,142          | 0,01       | 0,47         | 0,011  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,09          | 2            | 0,031          | <0,01      | 0,8          | 0,009  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,077      | 6,69          | 1,22         | 0,033          | 0,06       | 0,88         | 0,009  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,232         | 1,2          | 0,046          | 0,034      | 0,29         | 0,006  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 6,88          | 1,76         | 0,96           | 0,01       | 13           | 0,053  |
|                         | Otoño 2016           | <0,05          | <0,01         | <0,05        | <0,001         | <0,05      | 0,16       | 0,74          | 0,05         | <0,01          | <0,05      | 0,012        |        |
|                         | RAM-2                | Invierno 2014  | 19,6          | 0,01         | 0,89           | <0,001     | 0,21       | 138           | 1,4          | 2,08           | 2,15       | 2,56         | 0,015  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,1           | 1,9          | 0,01           | 0,01       | 0,32         | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | <0,05         | 1,2          | <0,01          | <0,01      | 0,1          | 0,004  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | <0,05         | 1,5          | 0,01           | <0,01      | <0,05        | 0,005  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,099      | 0,11          | 0,86         | <0,01          | 0,064      | 0,71         | 0,005  |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
| Verano 2016             |                      | Estación Seca  |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
| Otoño 2016              | Estación Seca        |                |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
| Quebrada Choja          | CHO-1                | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,21       | <0,05         | 2            | 0,01           | 0,02       | 0,09         | 0,008  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,02         | <0,05          | <0,001     | 0,11       | 0,08          | 2,5          | 0,02           | 0,01       | 0,26         | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,15          | 1,7          | 0,153          | 0,01       | 0,23         | 0,01   |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,06           | <0,001     | <0,05      | 0,06          | 2,3          | 0,044          | <0,01      | 0,22         | 0,009  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,141         | 0,01         | 0,07           | <0,001     | 0,083      | 0,77          | 1,46         | 0,074          | 0,105      | 0,95         | 0,008  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,997        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,081         | 1,4          | 0,019          | 0,038      | 0,27         | 0,005  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,02         | 0,07           | <0,001     | <0,05      | 3,78          | 1,72         | 0,24           | 0,03       | 6,81         | 0,019  |
|                         | Otoño 2016           | <0,05          | <0,01         | 0,32         | <0,001         | <0,05      | 0,36       | 1,21          | 0,12         | <0,01          | 0,8        | 0,01         |        |
|                         | CHO-2                | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,2        | 0,05          | 1,7          | 0,02           | 0,05       | 0,65         | 0,003  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,19       | 0,08          | <0,5         | 0,03           | 0,01       | 0,18         | <0,002 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,34       | <0,05         | 2,2          | 0,142          | <0,01      | 0,47         | 0,008  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,2            | <0,001     | <0,05      | 0,76          | 3,3          | 0,112          | <0,01      | 1,03         | 0,008  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,75          | 1,28         | 0,03           | 0,03       | 0,12         | 0,01   |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,01         | 0,05           | <0,001     | <0,05      | 0,15          | 2,6          | 0,03           | 0,03       | 0,06         | 0,005  |
| Verano 2016             |                      | <0,05          | 0,01          | <0,05        | <0,001         | <0,05      | 0,12       | 1,8           | 0,03         | 0,06           | 0,13       | 0,006        |        |
| Otoño 2016              | <0,05                | 0,01           | <0,05         | <0,001       | <0,05          | 0,15       | 0,98       | 0,16          | <0,01        | 0,13           | 0,007      |              |        |

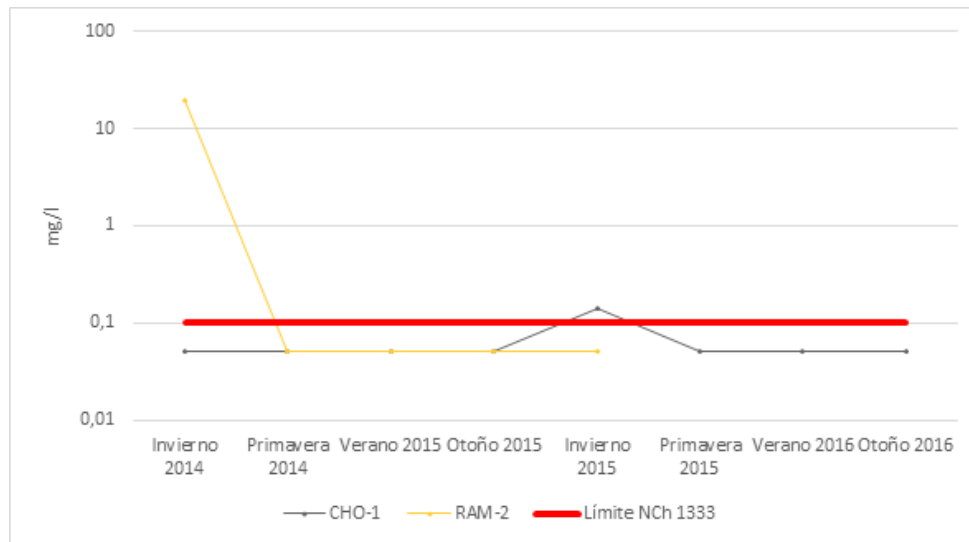
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|--------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |        |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |        |
| Quebrada Maní           | QM-3                 | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | 0,09           | <0,001     | 0,13       | 0,35          | 1,9          | 0,04           | 0,02       | 0,47         | 0,005  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,20       | 0,12          | <0,5         | 0,01           | 0,02       | 0,22         | <0,002 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | 0,3        | <0,05         | 2,3          | 0,091          | <0,01      | 0,49         | 0,006  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,18          | 1            | 0,097          | 0,02       | 0,12         | 0,001  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 6,76          | 1,35         | 0,12           | 0,19       | 0,12         | 0,009  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,18          | 3            | 0,01           | 0,02       | <0,05        | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,14          | 1,8          | 0,01           | 0,06       | 0,07         | 0,004  |
|                         |                      | Otoño 016      | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,07          | 1,05         | 0,03           | <0,01      | 0,05         | 0,006  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego. Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

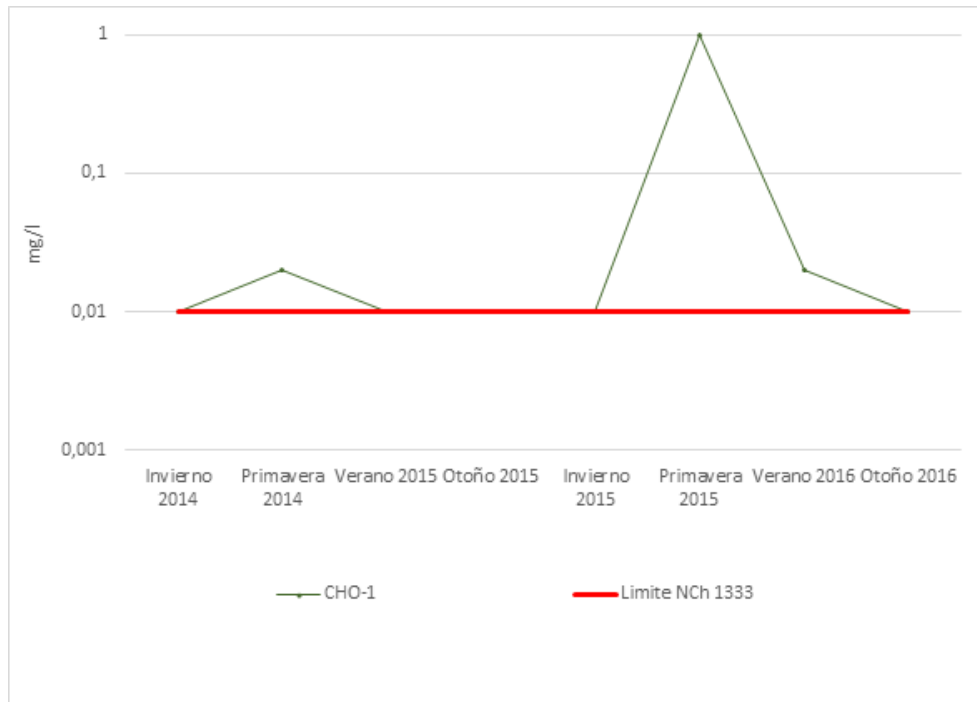
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

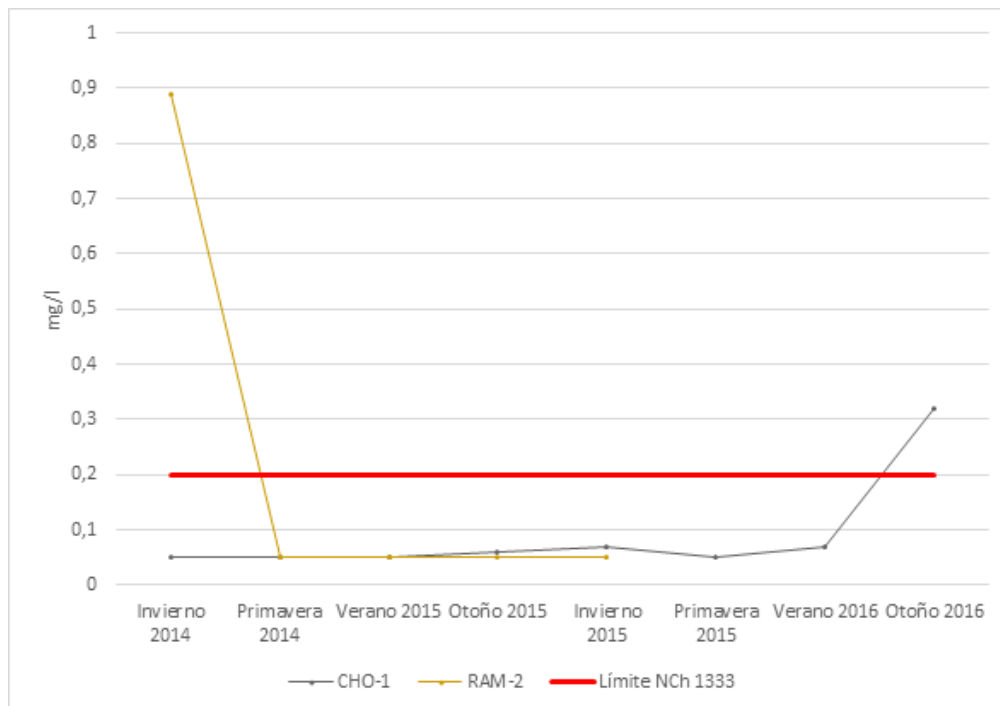
**Figura 3.4-87. Cromo, sector Ramucho-Choja-Maní.**



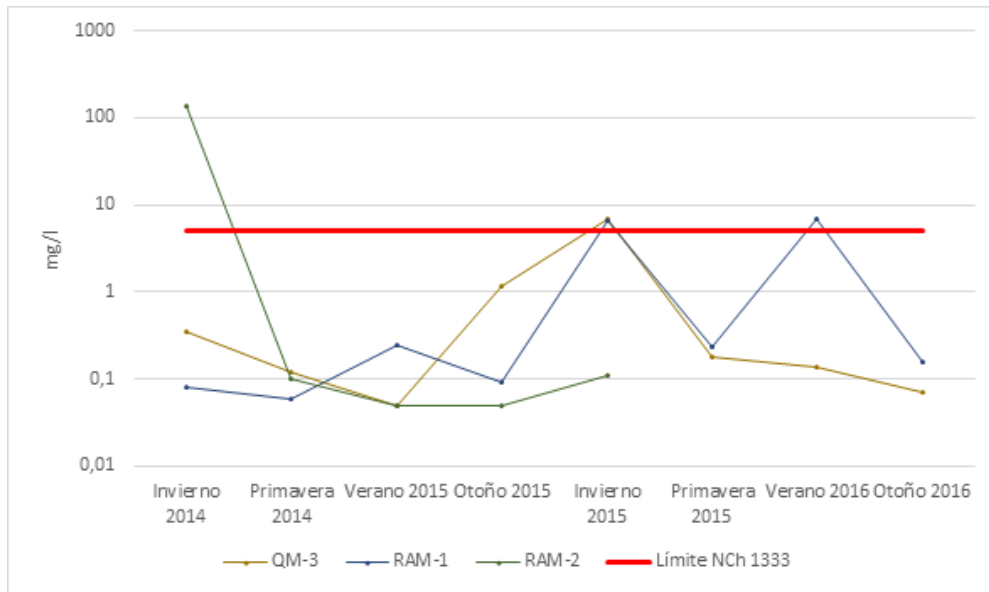
**Figura 3.4-88. Cadmio, sector Ramucho-Choja-Maní.**



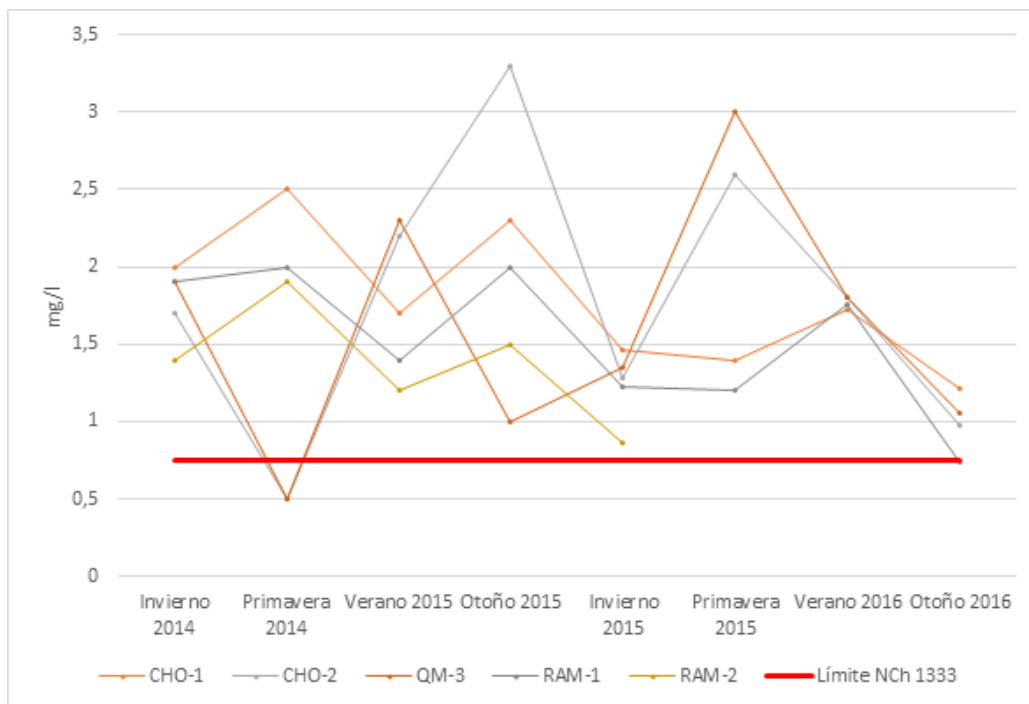
**Figura 3.4-89. Cobre, sector Ramucho-Choja-Maní.**



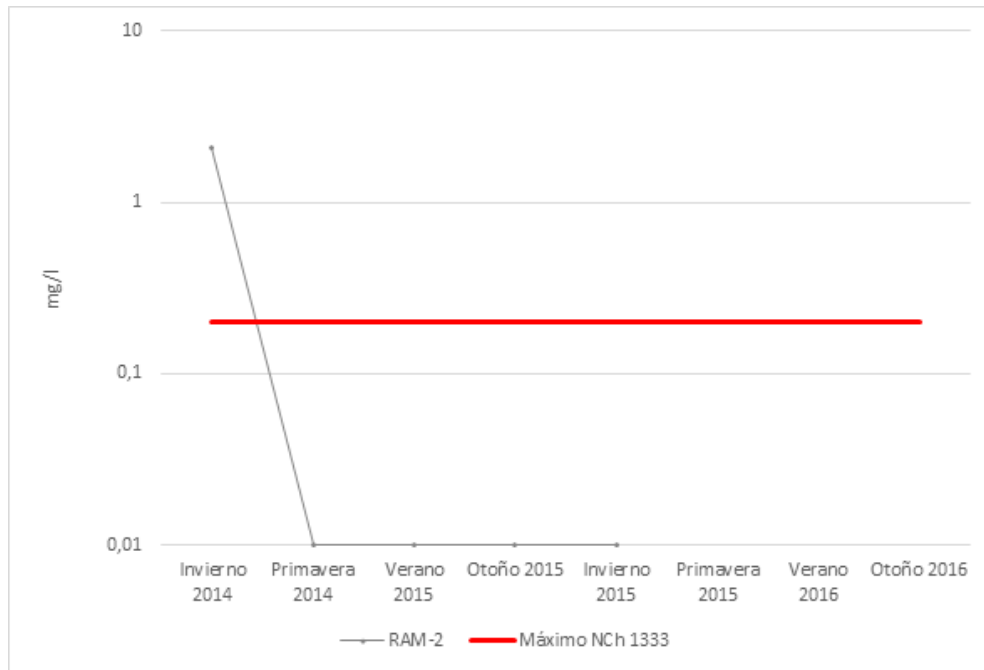
**Figura 3.4-90. Hierro, sector Ramucho-Choja-Maní.**



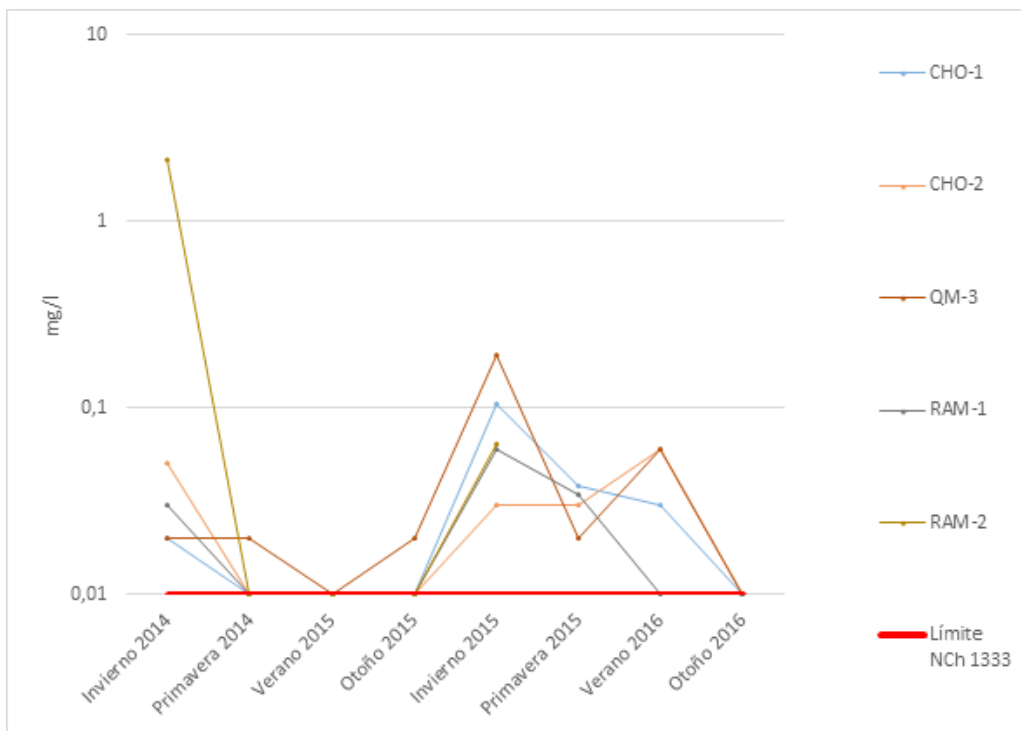
**Figura 3.4-91. Boro, sector Ramucho-Choja-Maní.**



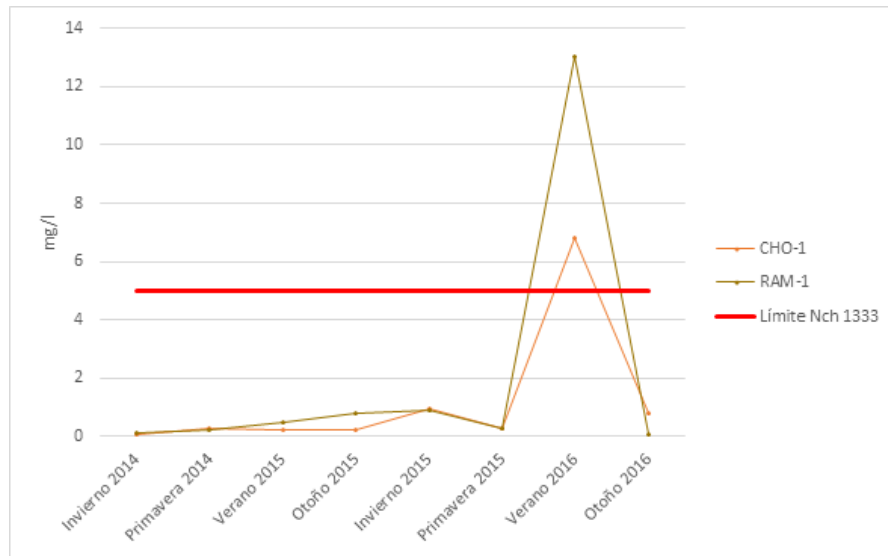
**Figura 3.4-92. Manganeso, sector Ramucho-Choja-Maní.**



**Figura 3.4-93. Molibdeno, sector Ramucho-Choja-Maní.**



**Figura 3.4-94. Aluminio, sector Ramucho-Choja-Maní.**



Los resultados obtenidos para parámetros orgánicos y otros Tabla 3.4-46, dan cuenta de niveles que en general se mantienen constantes entre las campañas y bajo el límite de sección. Solo se observan variaciones entre campañas para los niveles de DBO<sub>5</sub>, DQO, y Coliformes, los cuales varían en todas las estaciones de este sector, observándose los mayores cambios en las estaciones CHO-1, CHO-2 y QM-3.

**Tabla 3.4-46. Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |
| Quebrada Ramucho        | RAM-1                | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 10                           |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 12       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 9        | <0,5             | 4,5                          | 13                           |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 11       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         | RAM-2                | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 4,5                          |
| Verano 2015             |                      | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | <10                          | 14   | <0,5     | <1,8             | 23                           |                              |

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
|                         |                      | Verano 2016    | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
|                         |                      | Otoño 2016     | Estación Seca         |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
| Quebrada Choja          | CHO-1                | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | 12       | <0,5             | 2                            | 7                            |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 16       | <0,5             | 79                           | 1100                         |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | 11                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | 6,8                          |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 9        | <0,5             | 4                            | 6,8                          |
|                         | Otoño 2016           | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | <10                          | 5    | <0,5     | <1,8             | <1,8                         |                              |
|                         | CHO-2                | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 33                           |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | 11   | <10      | <0,5             | <1,8                         | 790                          |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 11   | 23       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | 33                           |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 21   | 24       | <0,5             | 2                            | 700                          |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 2                            | 4                            |
| Verano 2016             |                      | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | <10                          | <5   | <0,5     | 2                | 33                           |                              |
| Otoño 2016              | <5                   | <10            | <5                    | <0,05                      | 15                       | 16                           | <0,5 | <1,8     | <1,8             |                              |                              |
| Quebrada Maní           | QM-3                 | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | 7,8                          | 330                          |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 21       | <0,5             | 2                            | 13                           |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | 230                          |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 18   | 24       | <0,5             | 330                          | 460                          |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <0,05                      | <10                      | <5                           | <0,5 | 33       | 110              | <5                           | <0,05                        |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 4                            | 170                          |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 13       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

Las mediciones de clorofila Tabla 3.4-47, dan cuenta de valores con variaciones poco significativas entre las campañas de muestreo, configurando un sistema con valores relativamente homogéneos a lo largo de las distintas estaciones muestreadas.

**Tabla 3.4-47. Resultados análisis de Clorofila “a” en el agua. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/L |
|------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
| Quebrada Ramucho | RAM-1                | Invierno 2014  | 0,85                       |
|                  |                      | Primavera 2014 | 1,36                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 2,04                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 2,05                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 0,574                      |
|                  |                      | Primavera 2015 | 4,96                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 0,15                       |
|                  |                      | Otoño 2016     | 3,81                       |
|                  | RAM-2                | Invierno 2014  | 0,44                       |
|                  |                      | Primavera 2014 | 1,07                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 2,05                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 1,97                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 0,682                      |
|                  |                      | Primavera 2015 | ES                         |
|                  |                      | Verano 2016    | ES                         |
|                  |                      | Otoño 2016     | ES                         |
| Quebrada Choja   | CHO-1                | Invierno 2014  | 0,61                       |
|                  |                      | Primavera 2014 | 0,68                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 4,41                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 3,91                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 0,58                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 4,14                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 1,18                       |
|                  |                      | Otoño 2016     | 1,92                       |
|                  | CHO-2                | Invierno 2014  | 0,3                        |
|                  |                      | Primavera 2014 | 2,94                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 1,02                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 3,40                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 6,46                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 4,08                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 14,92                      |
|                  |                      | Otoño 2016     | 4,07                       |
| Quebrada Maní    | QM-3                 | Invierno 2014  | 0,17                       |
|                  |                      | Primavera 2014 | 0,31                       |
|                  |                      | Verano 2015    | 2,04                       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 2,37                       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,01                       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 3,54                       |
|                  |                      | Verano 2016    | 1,33                       |
|                  |                      | Otoño 2016     | 2,66                       |

Fuente: Elaboración Propia.



e.7) Sedimentos

El análisis ANOSIM mostró que no existen diferencias entre las estaciones del sector (R=0,045; p: 0,721), Además, al comparar las temporadas de desarrollo de los muestreos no se encontró diferencias entre las mismas (R:0,0107; p: 0,054) aunque el análisis pareado a posteriori mostró diferencias entre Invierno/Verano.

Los valores de metales en sedimentos Tabla 3.4-48 dan cuenta de niveles que varían de manera poco significativa entre las campañas de muestreo. Considerando la guía de referencia utilizada, los valores obtenidos en general muestran niveles bajos salvo algunas situaciones puntuales para el Mercurio. Este patrón es solo modificado por el Arsénico, el cual se registra en concentraciones elevadas a lo largo de todo el sector.

**Tabla 3.4-48. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |       |         |      |            |         |            |           |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------|-------|---------|------|------------|---------|------------|-----------|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico  | Bario | Berilio | Boro | Cadmio     | Cobalto | Cobre      | Cromo     |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | <b>17</b> |       |         |      | <b>3,5</b> |         | <b>197</b> | <b>90</b> |
| Q. Ramucho            | RAM-2                | Invierno 2014  | 4971                          | 5,08      | 55    | 0,20    | 26   | < 0,5      | 4,9     | 22,4       | 4,1       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 7004                          | 3,24      | 68    | 0,64    | 28   | 0,5        | 9,6     | 31         | 5,2       |
|                       |                      | Verano 2015    | 5582                          | 63        | 115   | 0,7     | 43   | 1,1        | 13,7    | 76         | 5,9       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5261                          | 59,8      | 62    | 0,3     | < 1  | 0,4        | 5,4     | 33         | 3,1       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3395                          | 61,4      | 57    | 0,2     | 14   | < 0,1      | 3,5     | 19         | 1,7       |
|                       |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                 |           |       |         |      |            |         |            |           |
|                       |                      | Verano 2016    | 4646                          | 1,9       | 57,4  | < 0,1   | <0,5 | 0,39       | 5,08    | 41,5       | 16,1      |
| Otoño 2016            | Estación Seca        |                |                               |           |       |         |      |            |         |            |           |
| Q. Choja              | CHO1                 | Invierno 2014  | 3902                          | 4,79      | 47    | 0,12    | 24   | < 0,5      | 4,7     | 34,6       | 3,54      |
|                       |                      | Primavera 2014 | 7347                          | 2,67      | 18    | 0,34    | 43   | 0,5        | 6,9     | 41         | 5,3       |
|                       |                      | Verano 2015    | 5592                          | 60,7      | 149   | 0,4     | 47   | 1          | 11,7    | 66         | 5,4       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 2720                          | 24,2      | 31    | 0,1     | < 1  | 0,3        | 3,8     | 35         | 2,3       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2646                          | 38,7      | 147   | 0,1     | 14   | 0,3        | 3,3     | 108        | 1,7       |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4348                          | 23,5      | 29,5  | 0       | 0    | 0,8        | 5,4     | 15,8       | 15,8      |
|                       |                      | Verano 2016    | 6060                          | 10,5      | 78,1  | < 0,1   | <0,5 | 0,58       | 7,6     | 51         | 19,3      |
| Q. Maní               | QM3                  | Invierno 2014  | 5911                          | 0,102     | 22    | 0,12    | 29   | < 0,5      | 4,5     | 47,5       | 6,2       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 6205                          | 3,95      | 16    | 0,43    | 32   | 0,5        | 6,6     | 49,5       | 4,9       |
|                       |                      | Verano 2015    | 4988                          | 41,01     | 65    | 0,5     | 49   | 0,7        | 9,5     | 94         | 8,9       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 3591                          | 19,66     | 33    | 0,2     | < 1  | 0,2        | 4       | 47         | 3,1       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2208                          | 25,5      | 30    | < 0,1   | 11   | 0,5        | 2,3     | 77         | 1,5       |

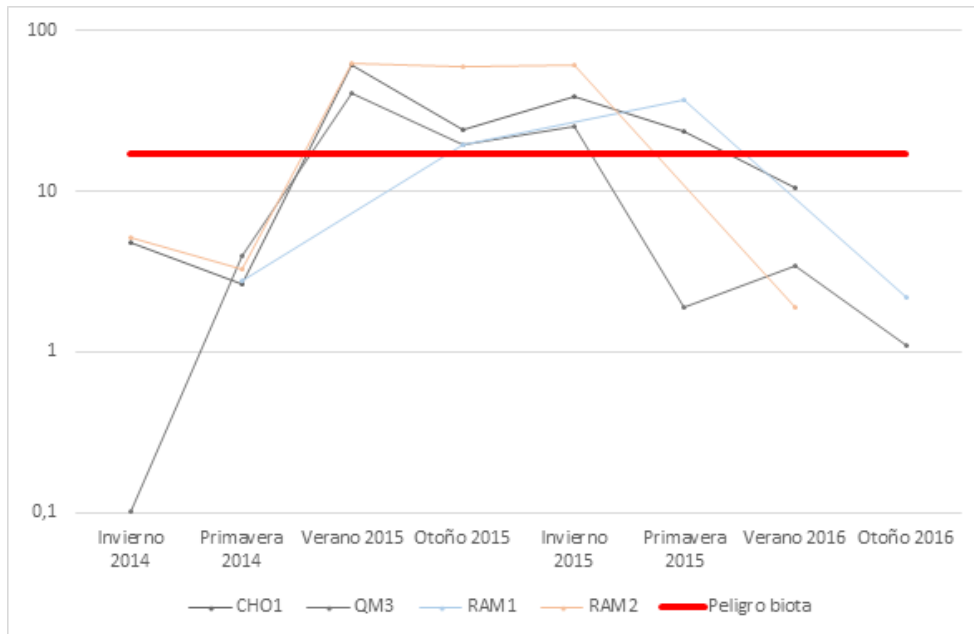
| Cuerpo de agua | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |    |
|----------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|----|
|                |                      |                | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |    |
| Peligro biota* |                      |                |                               | 17       |       |         |      |        | 3,5     |       | 197   | 90 |
|                |                      | Primavera 2015 | 2999                          | 1,91     | 30    | 0       | 0    | 0,8    | 0       | 101   | 16,6  |    |
|                |                      | Verano 2016    | 9486                          | 3,4      | 100,8 | < 0,1   | <0,5 | 1,97   | 8,1     | 355   | 20    |    |
|                |                      | Otoño 2016     | 5061                          | 1,1      | 4,91  | 0,27    | <0,5 | 0,57   | 11,24   | 51,7  | 9,61  |    |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-95. Arsénico mg/Kg, sector Ramucho-Choja-Maní.**



**Tabla 3.4-49. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

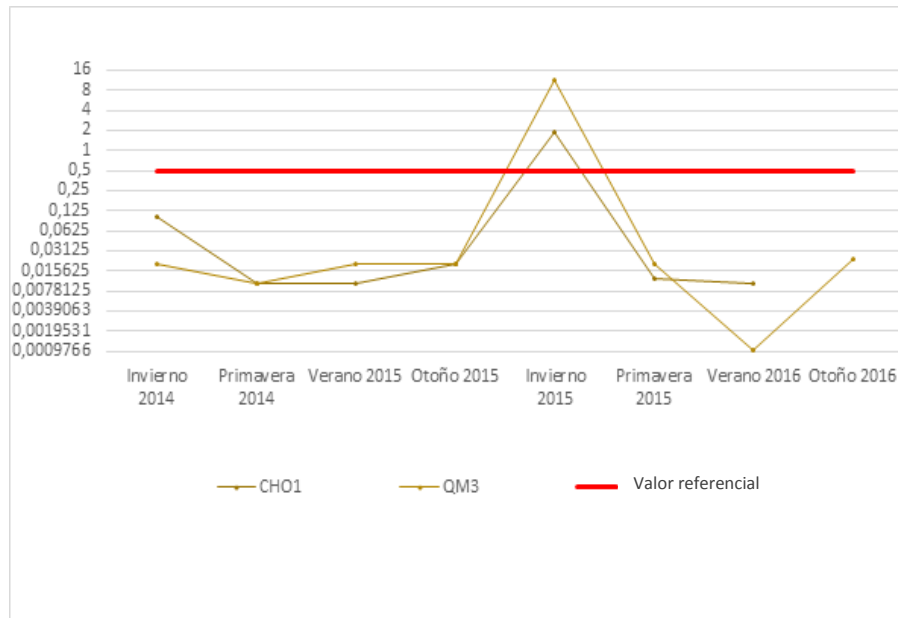
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) (2) |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                            | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                                   |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |      | <b>315</b> |
| Q. Ramucho            | RAM-2                | Invierno 2014  | 5727                              | 3576     | 397       | < 0,1        | 0,4       | 4,8    | < 1   | 6,9   | 17          | 37,9 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 9929                              | 4128     | 486       | 0,02         | 3,7       | 5,2    | 1,8   | 15,8  | 26          | 76   |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 13466                             | 6454     | 1255      | 0,02         | 4,4       | 9,3    | < 1   | 20,1  | 43          | 72   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5106                              | 6127     | 419       | 0,02         | 0,2       | 4,4    | 2,8   | 16,7  | 17          | 38   |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3104                              |          | 264       | 0            | 0,2       | 2,9    | < 1   | 7,1   | 8           | 28   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | Estación Seca                     |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 11114                             |          | 346,9     | 0,06         | 0,2       | 4,06   | < 1   | 7,6   | 20,6        | 38,7 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | Estación Seca                     |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
| Q. Choja              | CHO1                 | Invierno 2014  | 5117                              | 2941     | 339       | < 0,1        | 0,6       | 4,2    | < 1   | 33,5  | 13          | 40,9 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 7347                              | 3618     | 447       | 0,01         | 3,5       | 2,8    | < 1   | 11,1  | 19          | 49   |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 13140                             | 6158     | 1208      | 0,01         | 2,4       | 8,3    | 1,8   | 15,9  | 45          | 66   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 4090                              | 3353     | 341       | 0,02         | 0,2       | 2,8    | < 1   | 5,9   | 13          | 30   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 7590                              |          | 387       | 0,012        | 0,6       | 23,1   | 0     | 11,6  | 22,3        | 62,6 |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 13649                             |          | 462       | 0,01         | 0,19      | 7,2    | < 1   | 12,3  | 26,3        | 48,1 |            |
| Q. Maní               | QM-3                 | Invierno 2014  | 5909                              | 3843     | 309       | 0,02         | 0,8       | 5,4    | < 1   | 6,7   | 15          | 46,7 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 8805                              | 3845     | 423       | 0,01         | 2,8       | 4,8    | < 1   | 8,1   | 18          | 60   |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 12242                             | 5157     | 794       | 0,02         | 1         | 10,1   | 2     | 22,4  | 36          | 72   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 4713                              | 5349     | 362       | 0,02         | 0,6       | 3,9    | < 1   | 6,5   | 13          | 37   |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2061                              |          | 317       | 11,5         | < 0,05    | 2      | < 1   | 3,3   | 5           | 38   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 6335                              |          | 440,1     | 0,02         | 0,4       | 5,1    | 0     | 6,3   | 0           | 49,7 |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 17002                             |          | 787,2     | <0,001       | 0,32      | 7,67   | < 1   | 20,4  | 30,6        | 167  |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 19547                             |          | 750,4     | 0,023        | < 0,05    | 5,66   | < 1   | 16,8  | 25,7        | 92,9 |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-96. Mercurio mg/Kg, sector Ramucho-Choja-Maní.**



Los compuestos orgánicos en sedimentos, Tabla 3.4-50, muestran valores frecuentemente bajo el límite de detección, observándose algunas variaciones entre campañas. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total en las estaciones RAM-3 y QM-3 durante Primavera 2015.

**Tabla 3.4-50. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |      |
|----------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                      |                      | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota</b> |                      | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
| Q. Ramucho           | RAM-2                | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | <0,01                   | 0,2                 | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | <50  |
|                      |                      | Otoño 2015                   | 0,9                     | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Invierno 2015                | < 0,01                  | 0,21                | 19   |
|                      |                      | Primavera 2015               | Estación Seca           |                     |      |
|                      |                      | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                      |                      | Otoño 2016                   | Estación Seca           |                     |      |
| Q. Choja             | CHO1                 | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 0,26                    | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | <50  |
|                      |                      | Otoño 2015                   | 2,61                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Invierno 2015                | < 0,01                  | < 0,1               | 14   |

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |                | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| Peligro biota        |                      |                | N/A                          | N/A                     | N/A                 |
|                      |                      | Primavera 2015 | < 0,01                       | 0                       | 7                   |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
| Q. Maní              | QM3                  | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 1,31                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | 0,16                         | < 50                    | < 50                |
|                      |                      | Otoño 2015     | 2,15                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | < 0,1                   | 7                   |
|                      |                      | Primavera 2015 | 15500                        | 0                       | 46                  |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | <10                          | <10                     | <10                 |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Los análisis de granulometría (Tabla 3.4-51) indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, una fracción menor de arena fina, con alguna fracción de Limo grueso en casi todas las estaciones de muestreo de este sector.

**Tabla 3.4-51. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático    | Estación | Campañas       | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |       |            |       |       |      |             |  |
|---------------------|----------|----------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|------|-------------|--|
|                     |          |                | Arena gruesa            |       |       |       | Arena fina |       |       |      | Limo grueso |  |
|                     |          | Unidad medida  | % Retención             |       |       |       |            |       |       |      |             |  |
| Apertura Malla (mm) | 2        | 1              | 0,5                     | 0,25  | 0,125 | 0,088 | 0,074      | 0,063 | 0,044 |      |             |  |
| Q. Ramucho          | RAM2     | Invierno 2014  | 37,47                   | 19,38 | 15,81 | 9,19  | 7,16       | -     | -     | -    | 3,91        |  |
|                     |          | Primavera 2014 | 23,83                   | 16,42 | 17,33 | 11,09 | 7,16       |       |       |      | 3,91        |  |
|                     |          | Verano 2015    | 13,07                   | 16,29 | 24,52 | 21,8  | 21,27      |       |       |      | 2,85        |  |
|                     |          | Otoño 2015     | 5,19                    | 10,19 | 21,81 | 35,39 | 23,59      |       |       |      | 2,91        |  |
|                     |          | Invierno 2015  | 32,95                   | 18,28 | 17,28 | 13,15 | 9,45       |       |       | 6,35 |             |  |
|                     |          | Primavera 2015 | Estación Seca           |       |       |       |            |       |       |      |             |  |
|                     |          | Verano 2016    | 30,03                   | 19,43 | 19,6  | 12,81 | 6,84       |       |       | 3,71 |             |  |
|                     |          | Otoño 2016     | Estación Seca           |       |       |       |            |       |       |      |             |  |
| Q. Choja            | CHO1     | Invierno 2014  | 61,46                   | 18,36 | 10,63 | 4,61  | 1,72       | -     | -     | -    | 0,56        |  |
|                     |          | Primavera 2014 | 31,93                   | 21,33 | 27,58 | 10,68 | 2,68       |       |       |      | 0,79        |  |
|                     |          | Verano 2015    | 43,85                   | 14,65 | 11,16 | 11,26 | 17,03      |       |       |      | 1,88        |  |
|                     |          | Otoño 2015     | 49,91                   | 15,46 | 12,22 | 11,04 | 3,28       |       |       |      | 0,72        |  |
|                     |          | Invierno 2015  | 47,96                   | 17,19 | 13,98 | 12,2  | 6,36       |       |       | 1,35 |             |  |

| Sistema acuático    | Estación | Campañas       | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |       |            |       |       |       |             |
|---------------------|----------|----------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|
|                     |          |                | Arena gruesa            |       |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |
|                     |          | Unidad medida  | % Retención             |       |       |       |            |       |       |       |             |
| Apertura Malla (mm) | 2        | 1              | 0,5                     | 0,25  | 0,125 | 0,088 | 0,074      | 0,063 | 0,044 |       |             |
|                     |          | Primavera 2015 | 48                      | 26,3  | 9,09  | 5,19  | 8          |       |       | 0,96  |             |
|                     |          | Verano 2016    | 28,79                   | 20,41 | 19,23 | 15,18 | 5,54       |       |       | 2,89  |             |
| Q. Maní             | QM3      | Invierno 2014  | 71,94                   | 12,41 | 8,15  | 3,96  | 1,58       | -     | -     | -     | 0,74        |
|                     |          | Primavera 2014 | 76,74                   | 12,72 | 5,65  | 1,73  | 0,93       |       |       |       | 0,29        |
|                     |          | Verano 2015    | 20,78                   | 14,11 | 20,57 | 23,13 | 14,52      |       |       |       | 6,58        |
|                     |          | Otoño 2015     | 34,74                   | 14,86 | 15,46 | 14,88 | 12,05      |       |       |       | 7,17        |
|                     |          | Invierno 2015  | 51,47                   | 15,72 | 16,4  | 13,14 | 6,58       |       |       | 3,368 |             |
|                     |          | Primavera 2015 | 33,46                   | 17,07 | 14,24 | 11,96 | 8,66       |       |       | 5,06  |             |
|                     |          | Verano 2016    | 32,22                   | 6,37  | 5,96  | 6,31  | 4,28       |       |       | 3,4   |             |
|                     |          | Otoño 2016     | 63,85                   | 17,76 | 9,77  | 4,43  | 1,62       |       |       | 0,72  |             |

Fuente: Elaboración Propia.

e.8) Biota acuática

- Anfibios

Esta comunidad, para este sector (Tabla 3.4-52), está representada por el género *Rhinella*, género que fue encontrado en cada una de las estaciones de muestreo lo que indica su presencia a lo largo de todo el sector de estudio, la puesta se registró durante la época de invierno y las larvas durante primavera. Además en este sector se registraron ejemplares adultos de *Telmatobius* sp, no obstante los resultados cuantitativos para este grupo son abordados en su totalidad como parte del componente Animales Silvestres (Acápite 3.3.3).

**Tabla 3.4-52. Abundancia de especies de anfibios en fase larvaria. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Sistema acuático | Estación | Campaña        | Anfibios /600 m <sup>2</sup> |               |         |
|------------------|----------|----------------|------------------------------|---------------|---------|
|                  |          |                | <i>Rhinella</i> sp           | Abundancia    | Riqueza |
| Quebrada Ramucho | RAM-1    | Primavera 2014 | 60                           | 60            | 1       |
|                  | RAM-2    | Invierno 2015  | Puesta                       | Indeterminado | 1       |
| Quebrada Choja   | CHO-1    | Primavera 2015 | 2                            | 2             | 1       |
|                  | CHO-2    | Primavera 2014 | 12                           | 12            | 1       |
|                  |          | Primavera 2015 | 35                           | 35            | 1       |
| Quebrada Maní    | QM-3     | Primavera 2015 | 50                           | 50            | 1       |

Fuente: Elaboración Propia.

- Macrófitas

Esta comunidad mostró en general una baja cobertura (Tabla 3.4-53), donde se registró la presencia de plantas o coberturas inferiores a un 10%, la excepción a esto la constituyen las estaciones RAM-1 y CHO-1 durante primavera cuando tuvieron hasta un 50% de cobertura por parte de macrófitas.

**Tabla 3.4-53. Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Ramucho-Choja-Maní.**

| Estación | Campaña        | <i>Veronica anagallis aquatica</i> | <i>Poaceae</i> |
|----------|----------------|------------------------------------|----------------|
| RAM2     | Invierno 2014  | 5                                  |                |
|          | Primavera 2014 | 5                                  |                |
|          | Otoño 2015     | p                                  |                |
|          | Invierno 2015  | p                                  |                |
| RAM1     | Invierno 2014  | 10                                 |                |
|          | Primavera 2014 | 35                                 | 15             |
|          | Primavera 2015 | p                                  | p              |
| CHO1     | Invierno 2014  | 10                                 | 5              |
|          | Primavera 2014 | 35                                 | 15             |
|          | Invierno 2015  | p                                  |                |
|          | Primavera 2015 | p                                  | P              |
| CHO2     | Invierno 2014  | 5                                  |                |
|          | Invierno 2015  |                                    | P              |
|          | Primavera 2015 |                                    | P              |
|          | Verano 2016    |                                    | P              |

Fuente: Elaboración Propia.

- Fitobentos

Para esta comunidad la abundancia tuvo valores (ver Figura 3.4-97) particularmente altos en al menos una campaña en la mayoría de las estaciones.

Los valores de riqueza sufrieron variaciones entre campañas para cada estación, donde CHO-1 y CHO-2 cambiaron de manera similar.

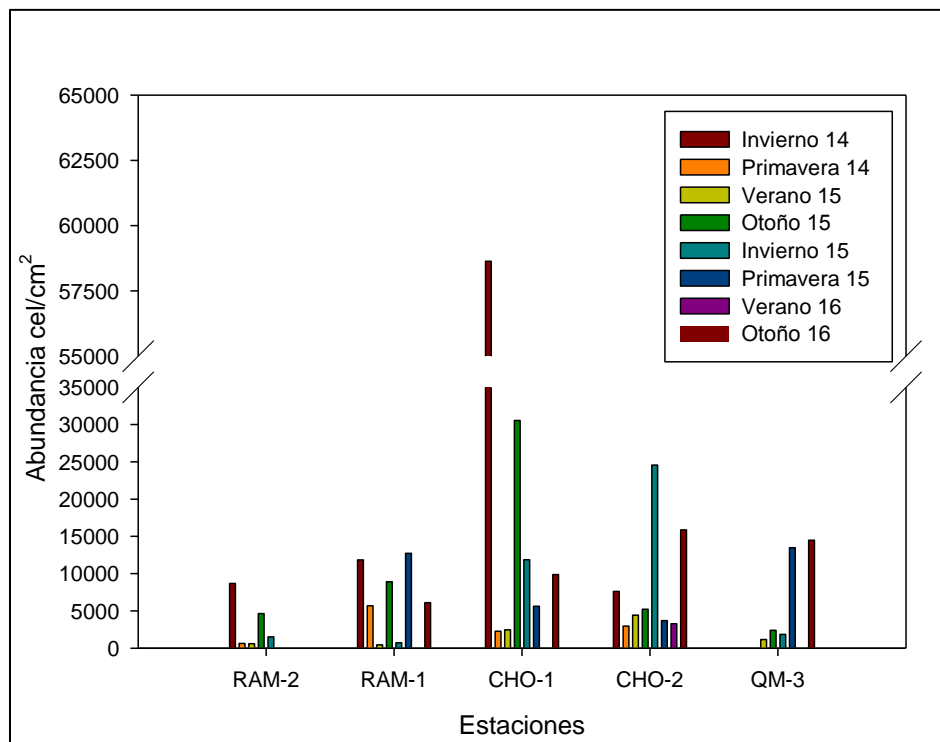
El análisis ANOSIM mostró una diferencia entre las estaciones de muestreo (R: 0,188; p: 0,002) el análisis *a posteriori*, pareado, solo pudo establecer diferencias estadísticamente significativas entre los pares CHO-1/RAM-2, CHO-2/RAM-1 CHO-2/RAM-2 y RAM-1/RAM-2.

Para la comparación entre las estaciones durante las cuales se desarrollaron las campañas, el análisis ANOSIM mostró diferencias estadísticamente significativas entre las mismas (R: 0,203; p: 0,003), el análisis pareado *a posteriori* mostro diferencia entre Invierno/Verano, Primavera/Verano, Primavera/Otoño y Verano/Otoño.

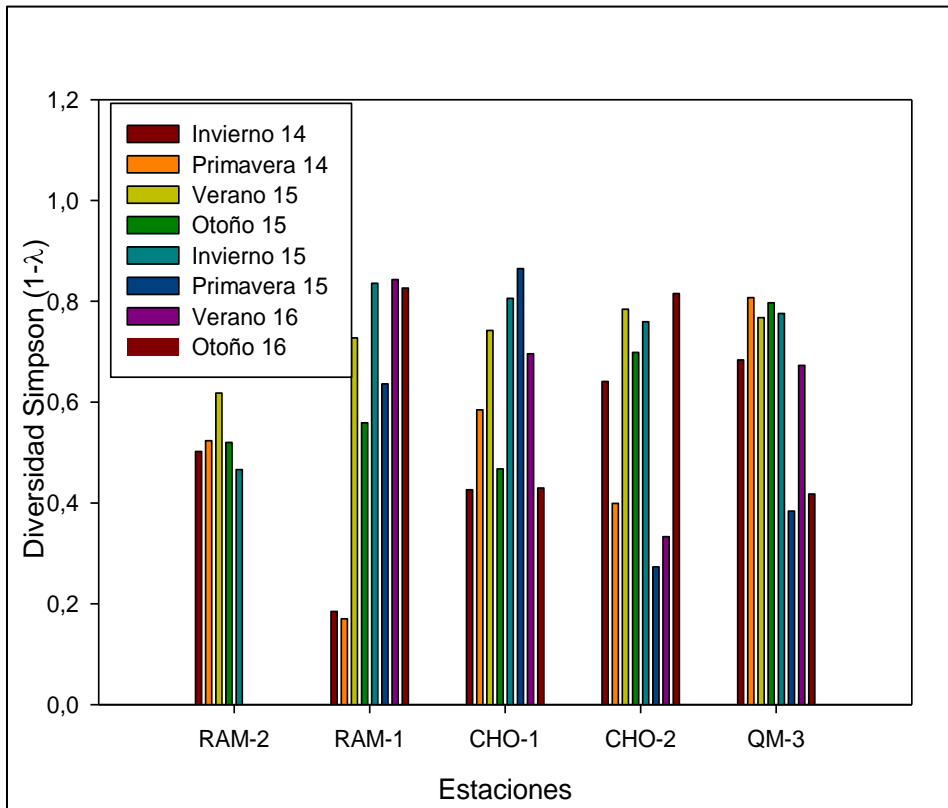
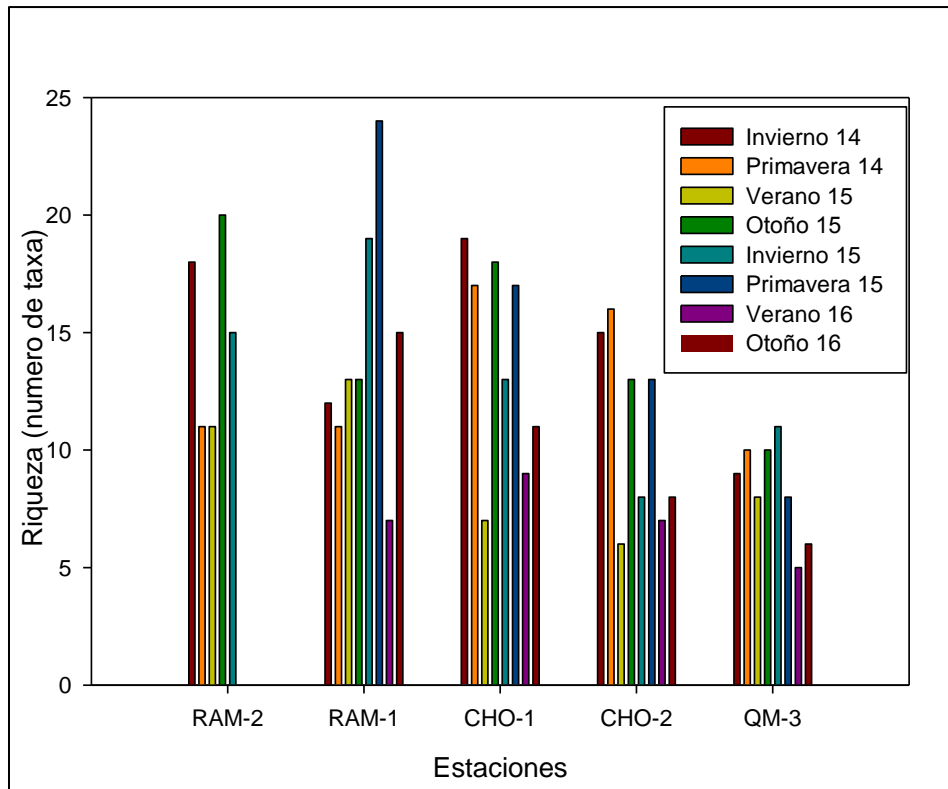
Los taxa más abundantes en el sector correspondieron a *Oscillatoria*, *Synedra* y *Gleotrichia*.

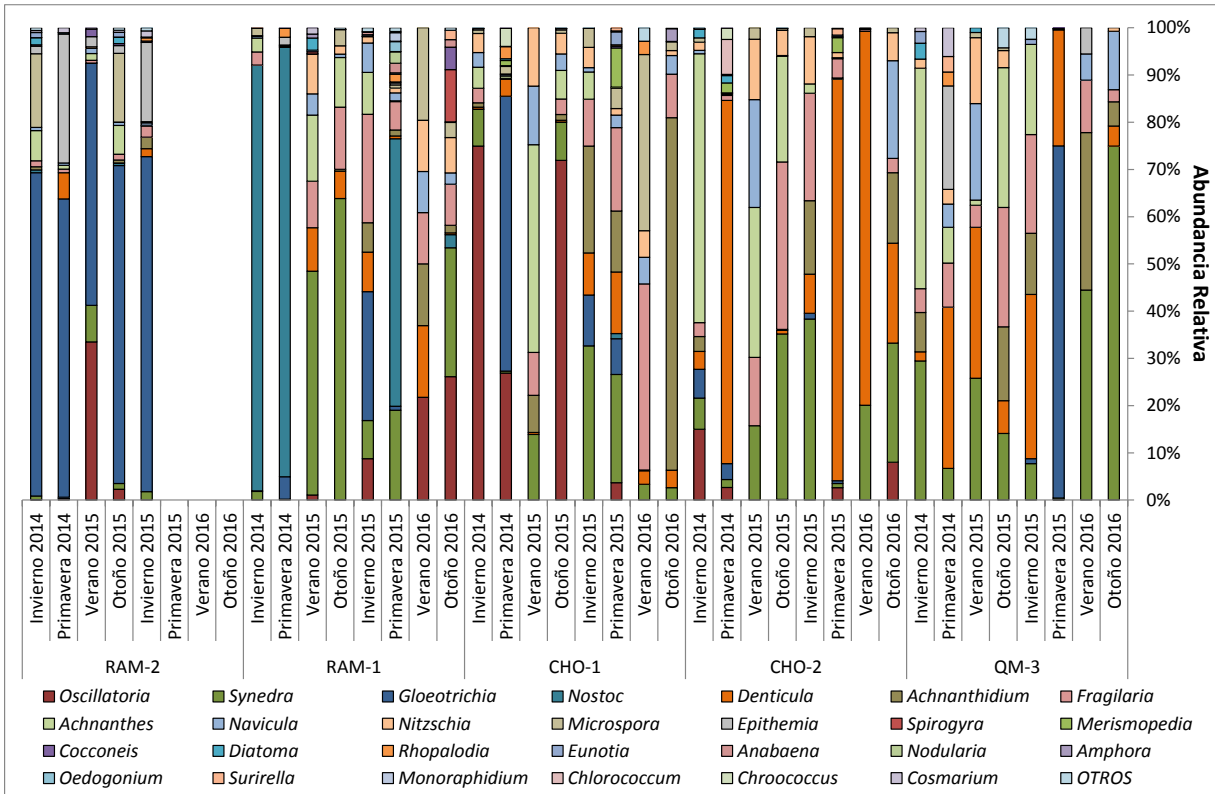
Para RAM-2, la especie dominante correspondió a *Gleotrichia*, mientras que para el resto de las estaciones la dominancia estuvo compartida por los taxa dominantes del sector dependiendo de la temporada del año en que se desarrolló la campaña, además cabe destacar la abundancia de *Denticula* tanto en CHO-2, como en QM-3.

**Figura 3.4-97. Variables comunitarias de fitobentos en Ramucho-Choja-Maní.**









Fuente: Elaboración Propia

- Fitoplancton

Se observó un aumento en la abundancia (Figura 3.4-98) hacia la parte baja de la quebrada hasta llegar a CHO- 2, para disminuir levemente hacia QM-3, de todas maneras se observaron registros particularmente altos en alguna de las campañas para RAM-1,CHO-2 y QM-3.

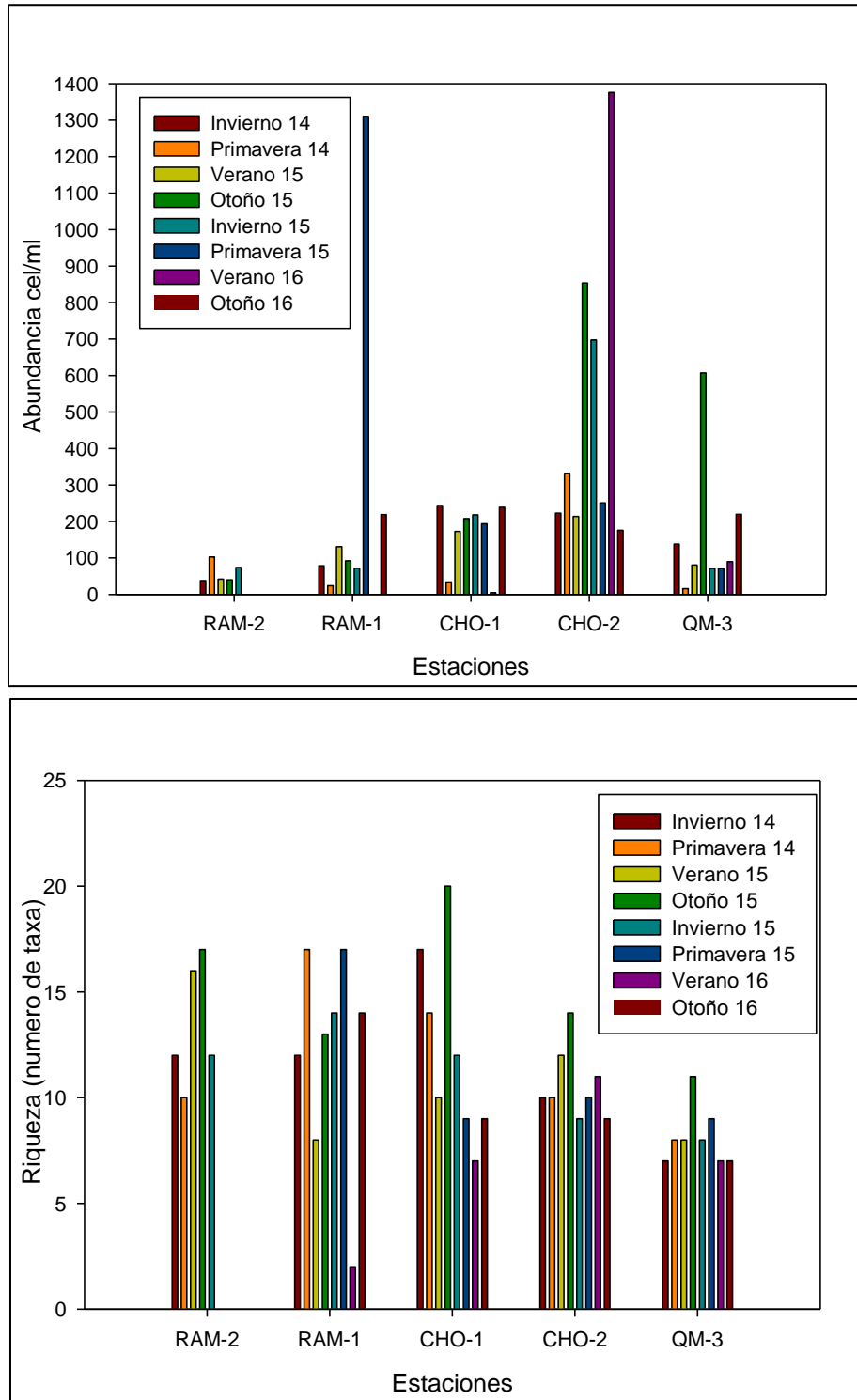
La riqueza mostró variaciones con las campañas siendo la estación QM-3 la que evidenció cambios menores.

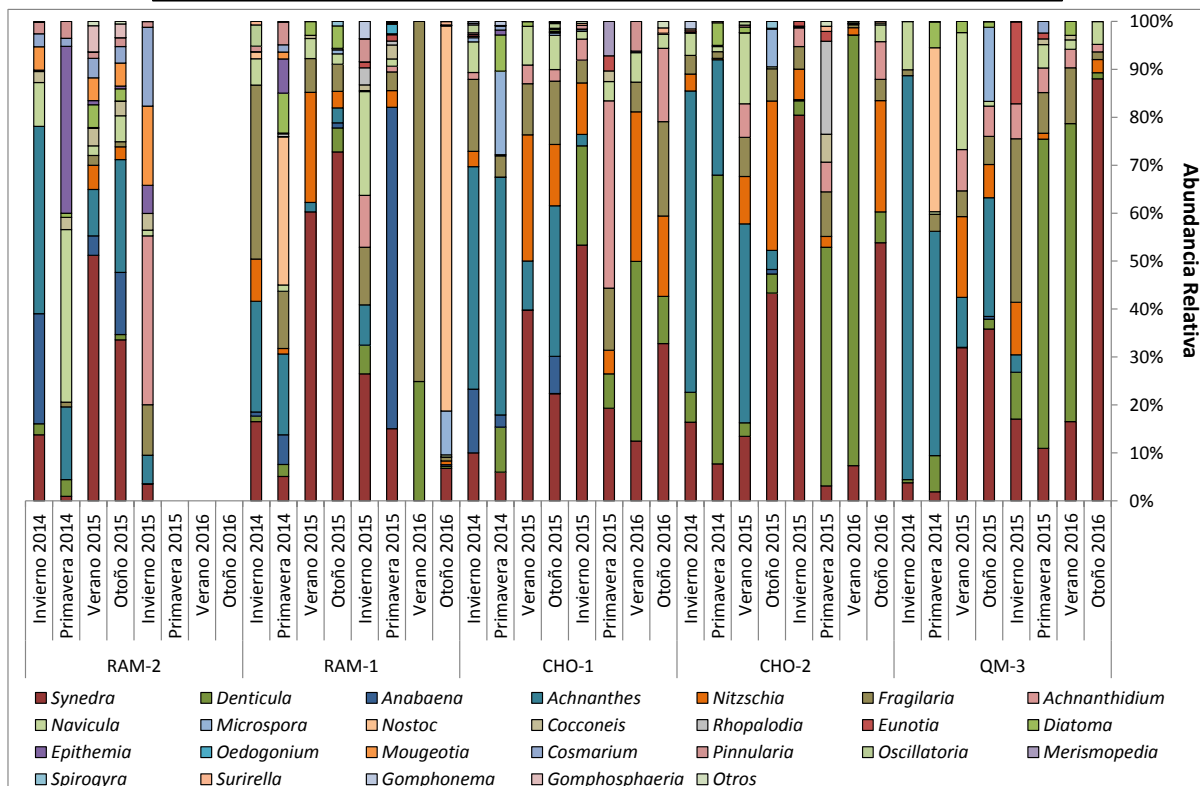
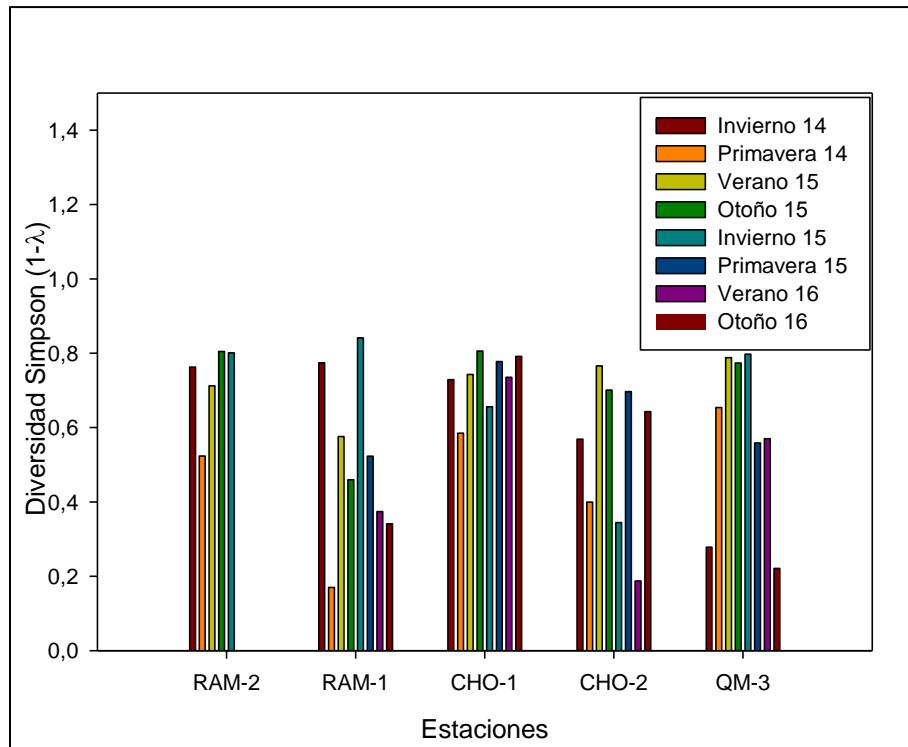
El análisis ANOSIM mostró una diferenciación estadísticamente significativa entre las estaciones de muestreo (R: 0,133; p: 0,008), el análisis pareado *a posteriori* mostró diferencias entre las parejas CHO-1/RAM-2, CHO-2/RAM-1, CHO-2/RAM-2 Y QM-3/RAM-2. Por otra parte, el análisis entre las temporadas en que se realizó la campaña mostró diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al análisis ANOSIM. (R: 0,081; p: 0,024), el análisis pareado *a posteriori* mostró diferencias entre los integrantes de la pareja Primavera/Verano.

Los taxa más abundantes en el sector, correspondieron a *Synedra* y *Denticula*.

Dentro de la estación RAM-2, destacó la dominancia de *Synedra*, en RAM-1 *Synedra* y *Fragilaria*, en CHO-1 *Synedra* y *Achnantes*, en CHO-2 *Denticula* y *Synedra* y en QM-3 *Achnantes*, *Denticula* y *Synedra*.

**Figura 3.4-98. Variables comunitarias de fitoplancton en Ramucho-Choja-Maní.**





Fuente: Elaboración Propia

- Zoobentos

La abundancia de zoobentos mostró valores particularmente altos para el invierno en la mayoría de las estaciones (Figura 3.4-99).

Los mínimos de riqueza se registraron durante la campaña de verano, mientras que la diversidad varió de manera diferente para cada estación.

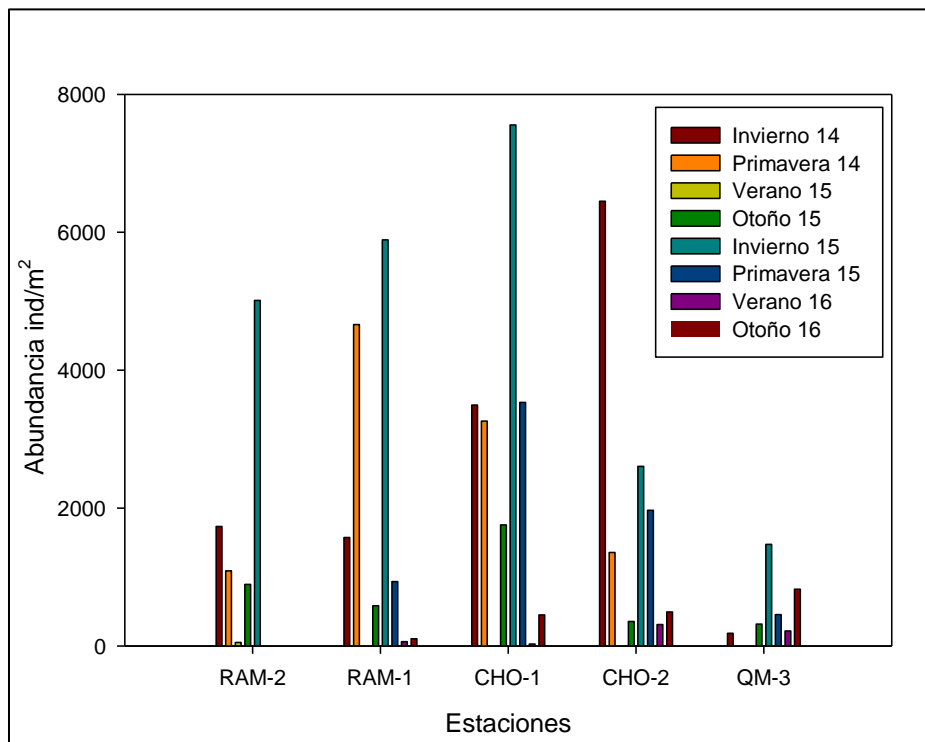
El análisis ANOSIM mostró que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo (R: 0,041; p: 0,138) sin embargo el análisis pareado *a posteriori* evidenció diferencias entre CHO-1/QM-3 y CHO-1/CHO-2.

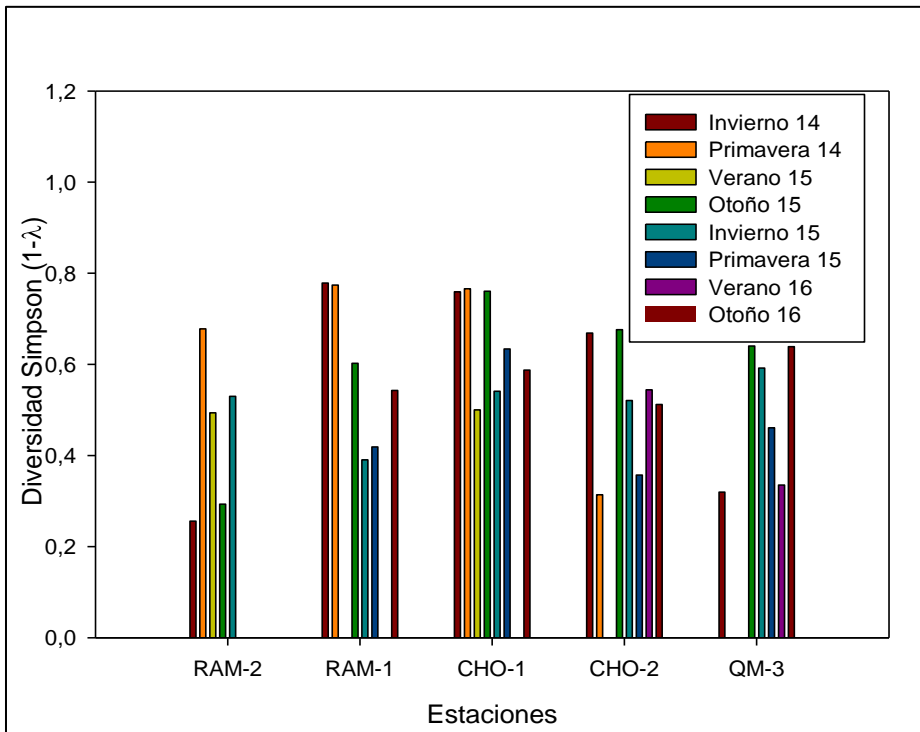
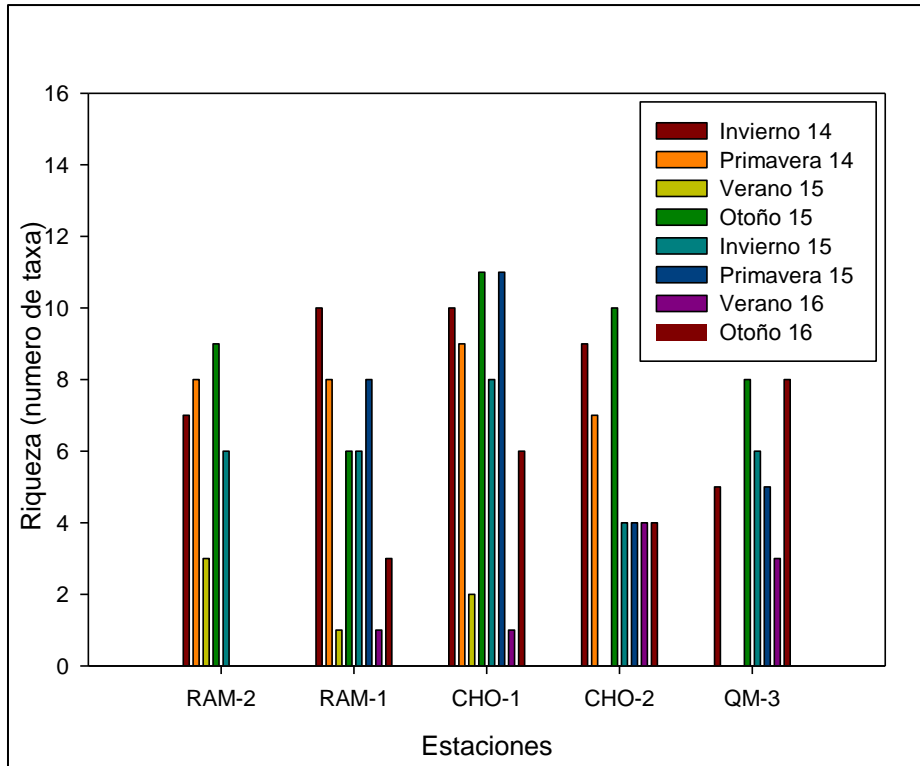
Para el análisis ANOSIM entre las temporadas en que se desarrollaron las campañas de estudio, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mismas (R: 0,277; p: 0,001). El análisis pareado *a posteriori* mostró diferencias entre todos los pares, exceptuando Invierno/Primavera, Primavera/Otoño.

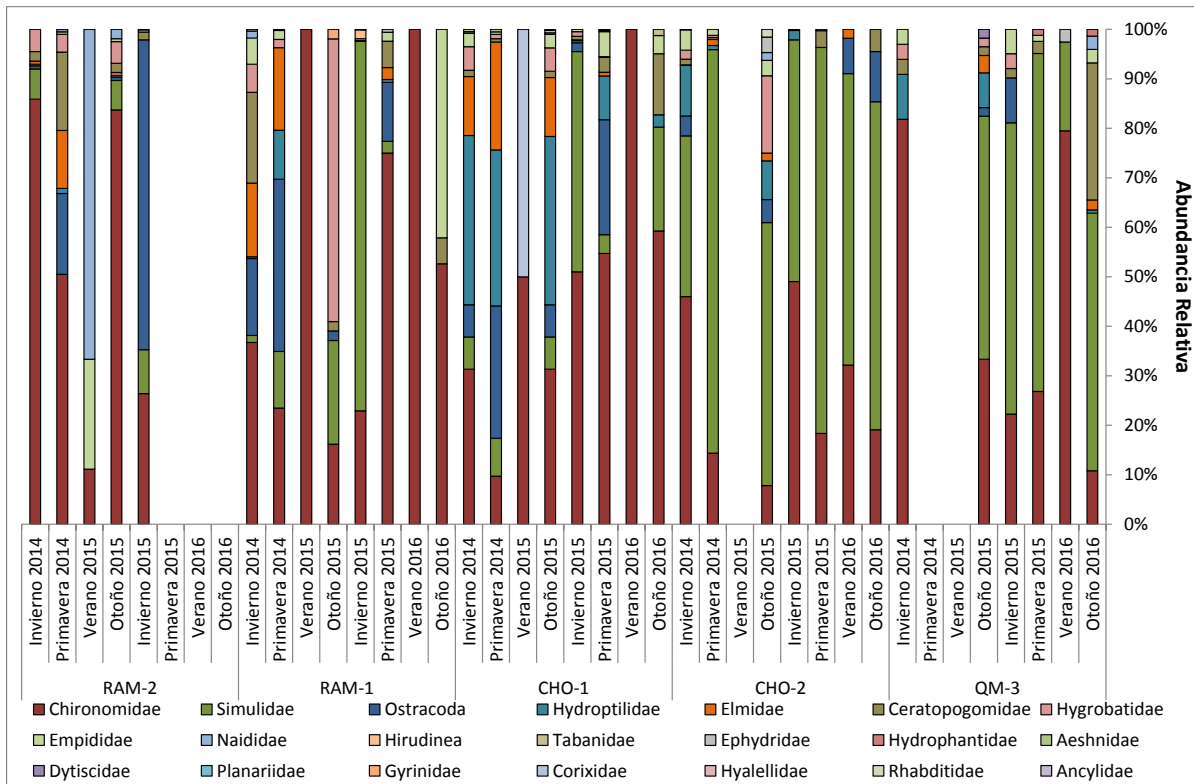
Los taxa más abundantes en el sector corresponden a Chironomidae y simuliidae.

Todas las estaciones mostraron a Chironomidae y/o simuliidae como dominantes en la comunidad, sin embargo la proporción de cada uno de estos taxa varió de acuerdo a la temporada de desarrollo de la campaña.

**Figura 3.4-99. Variables comunitarias de zoobentos en Ramucho-Choja-Maní.**







Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton

Para esta comunidad los valores más altos de abundancia (ver Figura 3.4-100) se registraron durante las campañas de invierno o primavera.

Los valores de riqueza cambiaron durante las campañas con los mínimos generalmente durante verano.

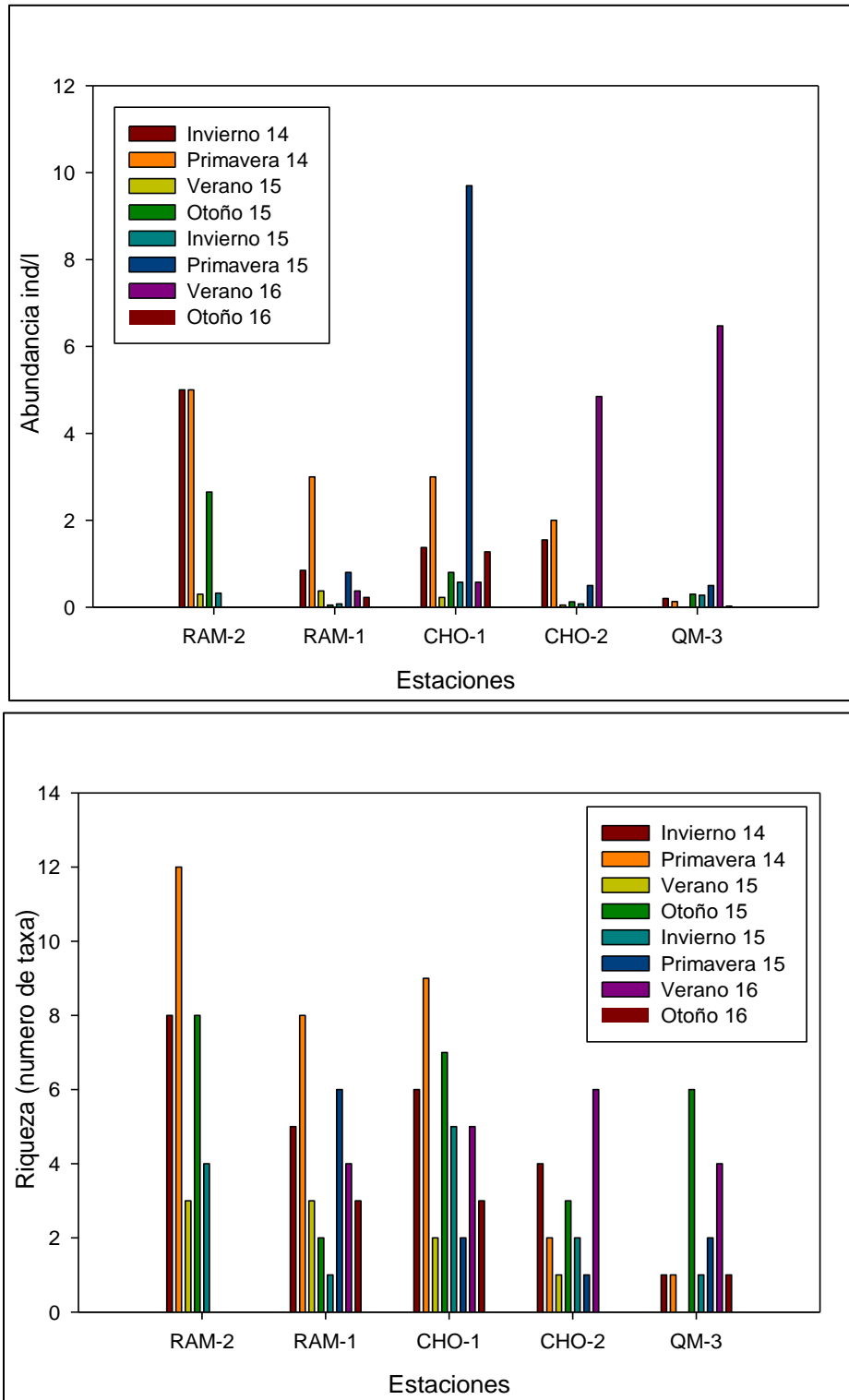
La diversidad mostró cambios entre campañas, pero cada estación varió de una manera diferente.

El análisis ANOSIM mostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las estaciones de muestreo ( $R: 0,073$ ;  $p: 0,054$ ), sin embargo el análisis *a posteriori* detectó diferencias en los pares CHO-1/QM-3 y CHO-1/RAM-2.

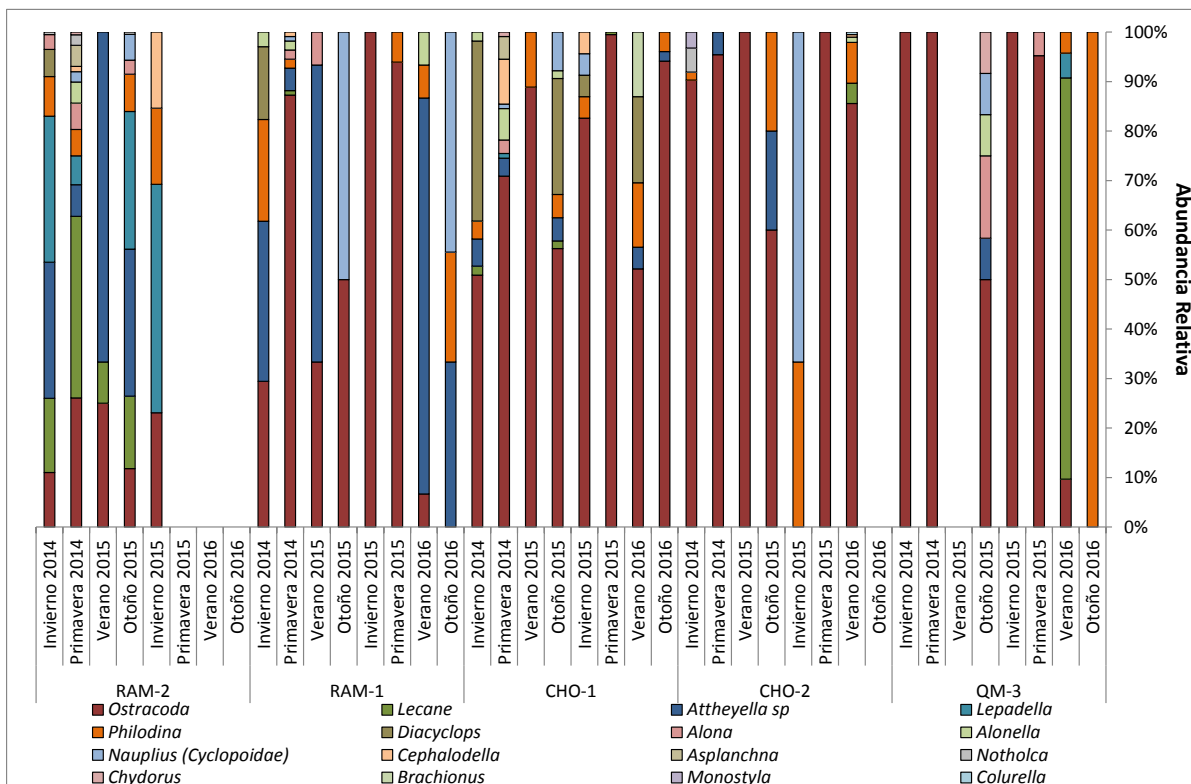
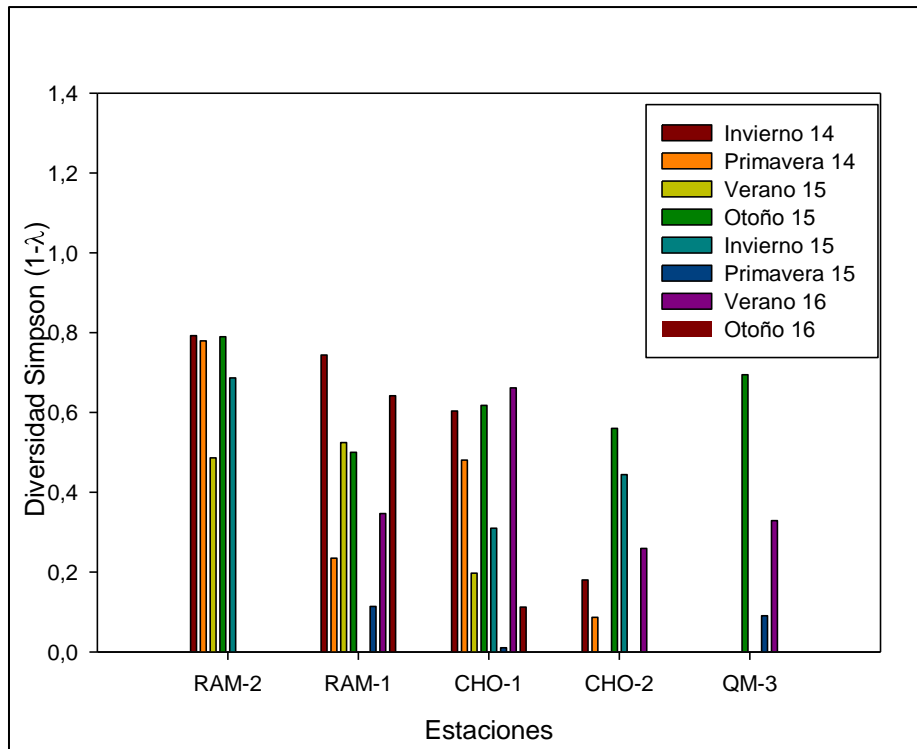
El análisis ANOSIM, no mostró diferencias entre las temporadas de desarrollo de las campañas de muestreo R ( $0,032$ ;  $p: 0,266$ ).

En el sector el taxa más abundante correspondió a Ostracoda, el que fue dominante en todas las estaciones durante todo el estudio, con algunas excepciones en ciertas campañas.

**Figura 3.4-100. Variables comunitarias de zooplancton en Ramucho-Choja-Maní.**







Fuente: Elaboración Propia

## f) Sector Quebrada Huinquentipa

Esta quebrada corre al norte de las instalaciones de operación del proyecto. Se fijaron ocho estaciones de muestreo ubicadas entre aguas arriba del terraplén que cruza la quebrada y el sector de Copaquiri.

## f.1) HUIN 1

Esta estación se ubica (ver Fotografía 3.4-22) aguas arriba de una acumulación de tierra que corta la quebrada. Existe un sistema de pozones y canales que se forman entre cojinetes de vegetación, los pozones son de tamaño variable alcanzando hasta ocho metros de ancho, cuatro de largo y 40 cm de profundidad. El ancho del bofedal es cercano a los 100 metros.

**Fotografía 3.4-22. Vista general estación de muestreo HUIN 1.**



Fuente: Elaboración Propia.

## f.2) HUIN 2

Esta estación se ubica (ver Fotografía 3.4-23) inmediatamente aguas abajo de la acumulación de tierra. Toda el agua de la quebrada es canalizada por solo uno de los extremos del bofedal, lo que determina que solo una parte del bofedal se encuentre irrigado. La estación se ubica en un canal de cuatro metros de ancho, con una profundidad de escurrimiento de cinco centímetros. El sustrato se compone principalmente por guijarros y arena.

**Fotografía 3.4-23. Vista general estación de muestreo HUIN 2.**



Fuente: Elaboración Propia

f.3) HUIN 3

Esta estación se ubica aguas debajo de HUI-2, sin embargo a esta altura de la quebrada todo el ancho del bofedal se encuentra irrigado y recupera la estructura de canales y pozones, similar a HUIN-1. Los pozones que se forman son de tamaño y profundidad variables, dependiendo de la época del año. El agua escurre entre cojinetes formados por la vegetación.

**Fotografía 3.4-24. Vista general estación de muestreo HUIN 3.**



Fuente: Elaboración Propia

f.4) HUIN 4

Se ubica aguas arriba de la intersección con la quebrada Ornajuno (Fotografía 3.4-25). En esta zona de la quebrada se observaron diversos brazos de un ancho máximo de tres metros, aunque todos estuvieron secos. El sustrato de dichos brazos correspondió en gran parte a arena con inserciones de guijarros y algunas piedras.



**Fotografía 3.4-25. Vista general estación de muestreo HUIN 4.**



Fuente: Elaboración Propia.

f.5) HUIN 5

Durante la campaña de invierno (Fotografía 3.4-26), esta estación se ubica aguas abajo de la unión con la quebrada Ornajuno. Se caracteriza por tener un cauce acanalado muy marcado con 0,5 metros de ancho y un curso de agua con una profundidad inferior a los 2 cm. El sustrato del cauce está cubierto por plantas. A partir de la campaña de primavera, esta estación fue cambiada y se posicionó entre la quebrada Ornajuno y la subida al camino del Sulfuro, más cerca de este último punto. La estación se ubica en un sector con alta humedad en el suelo que favorece el crecimiento de plantas sobre las que se realiza pastoreo. El agua escurre sobre la superficie con no más de 1,5 metros de ancho, formando una columna de agua no más profunda que 10 centímetros, con la excepción de un par de depresiones en el cauce que forman pozas de cerca de 60 centímetros de profundidad.

**Fotografía 3.4-26. Vista general estación de muestreo HUIN 5.**



Fuente: Elaboración Propia.

f.6) HUIN 6

En esta estación (ver Fotografía 3.4-27), la quebrada se encuentra fuertemente encajonada por paredes de roca, el cuerpo de agua tiene un ancho máximo de un metro y una profundidad no mayor a los 10 cm. El sustrato presente corresponde a piedras y bolones en el centro y a arena en las orillas y zonas más profundas.

**Fotografía 3.4-27. Vista general estación de muestreo HUIN 6.**



Fuente: Elaboración Propia.

f.7) HUIN 7

En esta estación (ver Fotografía 3.4-28), la quebrada se encuentra en una zona de difícil acceso aguas arriba de la desembocadura de quebrada El Ancho en Huinquentipa, el agua escurre a través de un canal no ramificado donde se forman pequeños pozones. El sustrato es principalmente sedimento fino, y piedras. En la ribera se observó vegetación acojinada.

**Fotografía 3.4-28. Vista general estación de muestreo HUIN 7.**



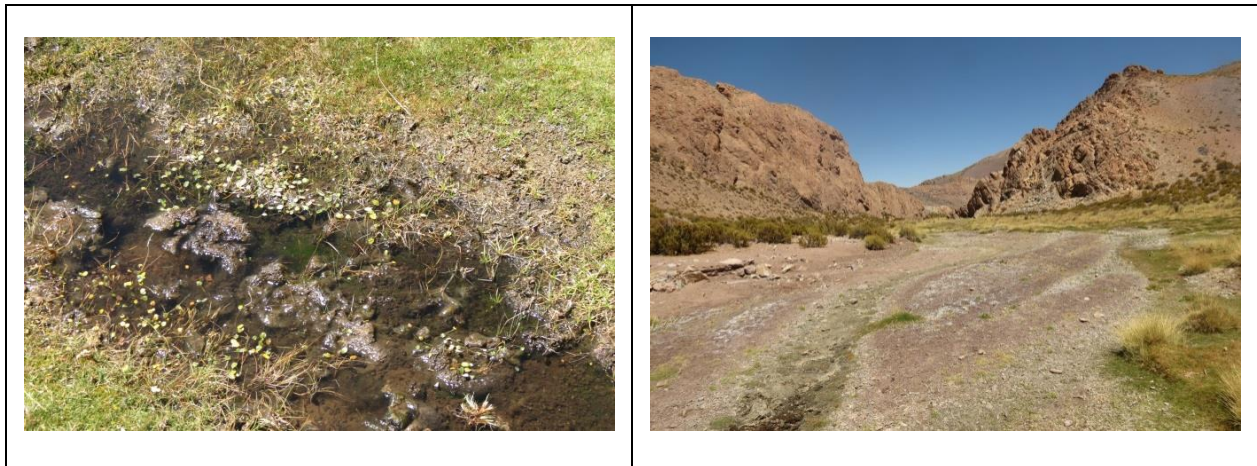
Fuente: Elaboración Propia.



f.8) HUIN 8

En este sector (Fotografía 3.4-29), la quebrada tiene un fondo muy amplio, encajonada por paredes de roca. La estación se ubica donde se estrecha el fondo de quebrada, la humedad se concentra en este “cuello de botella” y se forman canales y pozas. El sustrato se compone principalmente de sustrato fino.

**Fotografía 3.4-29. Vista general estación de muestreo HUIN 8.**



Fuente: Elaboración Propia.

f.9) ANC-1

A lo largo de esta quebrada se estableció una estación de muestreo (ver Plano 3.4-4)

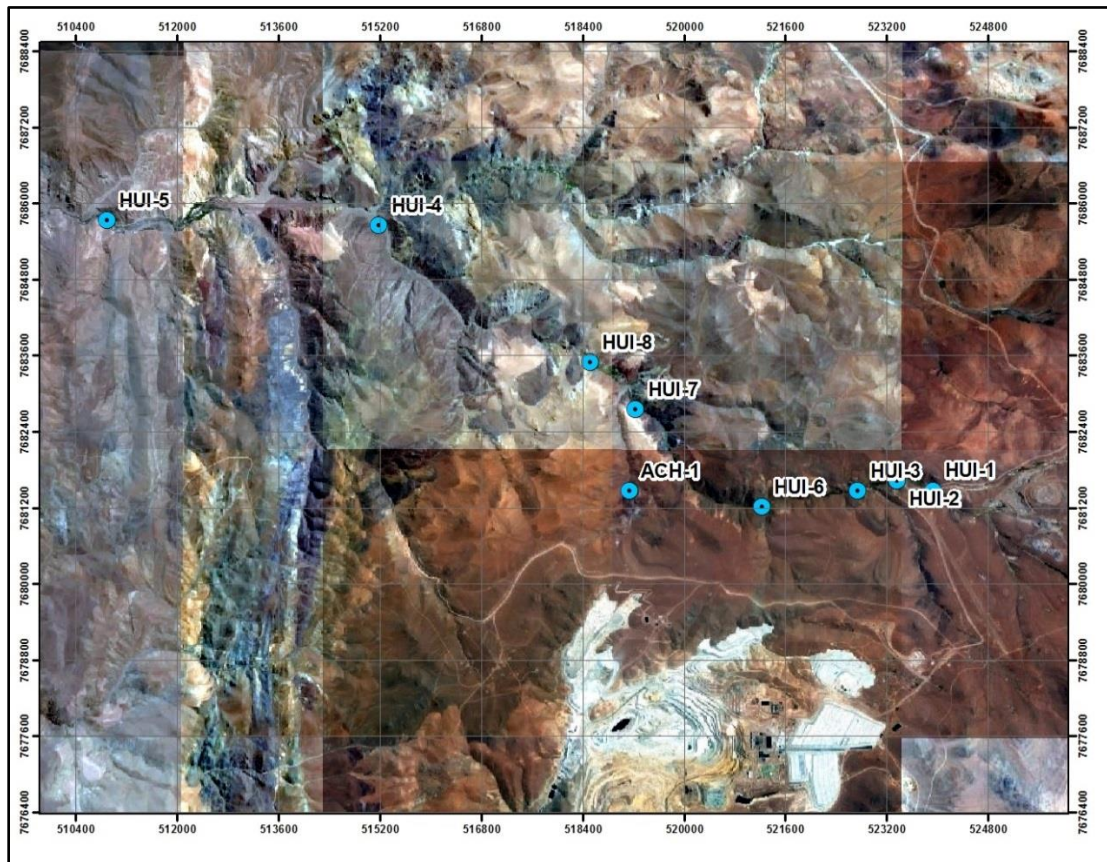
La estación se encontró seca, con un ancho de cuatro metros donde el sustrato se compuso principalmente por piedras, gravilla y arena (ver Fotografía 3.4-30)

**Fotografía 3.4-30. Vista general estación de muestreo ANC.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 3.4-101. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Huinquintipa**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que superan la normativa de referencia en una o más campañas, NCh 1.333 Of 78 para agua o Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos, sólo se consideró aquellas estaciones que presentaron al menos un valor por fuera de la norma en el parámetro graficado. Las líneas en rojo, dan cuenta de los valores límite o rangos establecidos en la normativa.

f.10) Calidad de Agua

El análisis ANOSIM entre las estaciones mostró que existen diferencias entre las distintas estaciones de muestreo del sector ( $R: 0,189$ ;  $p:0,001$ ), el análisis *a posteriori* encontró diferencias entre la mayoría de las parejas de estaciones exceptuando HUI-1/HUI-2, HUI-1/HUI-3, HUI-1/HUI-4, HUI-2/HUI-3, HUI-2/HUI-4, HUI-3/HUI-6, HUI-3/HUI-4, HUI-6/HUI-7, HUI-6/HUI-4, HUI-5/HUI-4, HUI-7/HUI-8, HUI-7/HUI-4, HUI-8/HUI-4. Al comparar entre las temporadas de desarrollo de las campañas, el análisis ANOSIM mostró que existen diferencias entre las mismas ( $R: 0,144$ ,  $p: 0,001$ ) mientras que el análisis pareado posterior no señaló diferencias entre Primavera/Otoño.



De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de parámetros con importancia limnológica, en general los valores registrados no presentan variaciones importantes al menos en orden de magnitud a lo largo de las campañas realizadas. Considerando el conjunto de parámetros evaluados, destacan niveles elevados de conductividad y sólidos disueltos totales respecto de la norma utilizada como referencia (NCh. 1.333), los que se registran en algunas campañas de manera alternada sin describir algún patrón específico a lo largo del sistema acuático.(ver Tabla 3.4-54)

**Tabla 3.4-54. Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Sistema acuático      | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|-----------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                       |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333      |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
| Quebrada Huinquentipa | HUIN-1               | Invierno 2014  | 11,7                                  | 7,8  | 415                             | 207                              | 5,25                    | <500                 | <5000                  | 157                      | <200           | <200           |
|                       |                      | Primavera 2014 | 18,1                                  | 7,8  | 446                             | 223                              | 5,03                    | 900                  | <5000                  | 167                      | <100           | <1000          |
|                       |                      | Verano 2015    | 14,9                                  | 7,4  | 847                             | 424                              | 5,08                    | 700                  | <5000                  | 190                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Otoño 2015     | 11,5                                  | 8,16 | 575                             | 287                              | 5,05                    | <500                 | <5000                  | 158                      | 50             | <500           |
|                       |                      | Invierno 2015  | 5,9                                   | 7,56 | 411                             | 205                              |                         | <500                 | <5000                  | 135                      | <50            | <200           |
|                       |                      | Primavera 2015 | 25                                    | 6,67 | 317                             | 159                              | 4,89                    | <500                 | <5000                  | 137                      | <50            | <200           |
|                       |                      | Verano 2016    | 13,5                                  | 7,21 | 652                             | 326                              | 5,18                    | 2100                 | <5000                  | 137                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Otoño 2016     | 5,6                                   | 6,85 | 323                             | 162                              | 6,35                    | 600                  | <5000                  | 159                      | <50            | <500           |
|                       | HUIN-2               | Invierno 2014  | 11,8                                  | 8    | 518                             | 259                              | 5,17                    | <500                 | <5000                  | 155                      | <200           | <200           |
|                       |                      | Primavera 2014 | 19,5                                  | 7,9  | 561                             | 281                              | 4,36                    | 700                  | <5000                  | 175                      | <100           | <1000          |
|                       |                      | Verano 2015    | 15,7                                  | 7,56 | 615                             | 308                              | 6,06                    | 800                  | <5000                  | 184                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Otoño 2015     | 10,1                                  | 8,01 | 552                             | 276                              | 5,39                    | <500                 | <5000                  | 195                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Invierno 2015  | 1,2                                   | 7,97 | 424                             | 212                              |                         | <500                 | <5000                  | 156                      | <50            | <200           |
|                       |                      | Primavera 2015 | 5,9                                   | 7,73 | 340                             | 170                              | 6,54                    | <500                 | <5000                  | 146                      | <50            | 1980           |
|                       |                      | Verano 2016    | 13,4                                  | 7,06 | 683                             | 341                              | 5,28                    | 2100                 | <5000                  | 155                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Otoño 2016     | 3,4                                   | 6,92 | 351                             | 175                              | 7,13                    | <500                 | <5000                  | 174                      | <50            | <500           |
|                       | HUIN-3               | Invierno 2014  | 12,1                                  | 8    | 518                             | 259                              | 4,96                    | <500                 | <5000                  | 142                      | <200           | <200           |
|                       |                      | Primavera 2014 | 22,3                                  | 8,32 | 590                             | 295                              | 4,1                     | 800                  | <5000                  | 184                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Verano 2015    | 17,1                                  | 6,92 | 733                             | 366                              | 5,82                    | <0,05                | <5000                  | 212                      | <50            | <500           |
|                       |                      | Otoño 2015     | 12,6                                  | 7,9  | 583                             | 291                              | 6,45                    | <500                 | <5000                  | 171                      | 50             | <500           |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3,6                                   | 7,2  | 436                             | 219                              |                         | <500                 | <5000                  | 148                      | <50            | <200           |
| Primavera 2015        |                      | 9,5            | 6,7                                   | 413  | 207                             | 5,45                             | <500                    | <5000                | 158                    | <50                      | <200           |                |



| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campana        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |             |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                         |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH          | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                                       | <b>6-9*</b> | <b>≤ 750**</b>                  | <b>≤ 500**</b>                   | <b>≥ 5*</b>             |                      |                        | <b>≥ 20*</b>             |                |                |
|                         |                      | Verano 2016    | 13,1                                  | 6,88        | 927                             | 463                              | 5,01                    | 2300                 | <5000                  | 148                      | <50            | <500           |
|                         |                      | Otoño 2016     | 0,2                                   | 6,93        | 404                             | 202                              | 6,8                     | <500                 | <5000                  | 194                      | <50            | <500           |
|                         | HUIN-4               | Verano 2016    | 12,5                                  | 8,69        | 708                             | 354                              | 4,45                    | 1900                 | <5000                  | 209                      | <50            | 1800           |
|                         | HUIN-5               | Invierno 2014  | Columna de agua insuficiente          |             |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|                         |                      | Primavera 2014 | 22,6                                  | 7,68        | 1023                            | 511                              | 3,78                    | <500                 | <5000                  | 160                      | <100           | <1000          |
|                         |                      | Verano 2015    | 18,1                                  | 7,38        | 1203                            | 602                              | 6,01                    | 700                  | <5000                  | 180                      | <50            | 1400           |
|                         |                      | Otoño 2015     | 12,6                                  | 8,28        | 1108                            | 554                              | 7,67                    | <500                 | <5000                  | 164                      | 50             | 2400           |
|                         |                      | Invierno 2015  | 1,2                                   | 7,97        | 424                             | 212                              |                         | <500                 | <5000                  | 156                      | <50            | <200           |
|                         |                      | Primavera 2015 | 13,6                                  | 7,93        | 830                             | 413                              | 5,48                    | <500                 | <5000                  | 151                      | <50            | 2430           |
|                         |                      | Verano 2016    | 22                                    | 7,94        | 1020                            | 510                              | 4,88                    | 2100                 | <5000                  | 206                      | <50            | 1630           |
|                         |                      | Otoño 2016     | 17,3                                  | 7,65        | 999                             | 500                              | 7,59                    | <500                 | <5000                  | 170                      | <50            | 1560           |
|                         | HUIN-6               | Invierno 2014  | 11,8                                  | 8,1         | 629                             | 314                              | 3,95                    | 500                  | <5000                  | 160                      | <200           | <200           |
|                         |                      | Primavera 2014 | 11,8                                  | 8,0         | 542                             | 271                              | 2,99                    | <500                 | <5000                  | 221                      | <100           | <1000          |
|                         |                      | Verano 2015    | 18,9                                  | 7,47        | 837                             | 420                              | 5,62                    | 600                  | <5000                  | 280                      | <50            | 4400           |
|                         |                      | Otoño 2015     | 8,9                                   | 6,98        | 723                             | 361                              | 5,46                    | 700                  | <5000                  | 234                      | 200            | 4100           |
|                         |                      | Invierno 2015  | 12,3                                  | 7,79        | 442                             | 221                              |                         | <500                 | <5000                  | 183                      | <50            | 3910           |
|                         |                      | Primavera 2015 | 1                                     | 7,69        | 757                             | 379                              | 7,72                    | <500                 | <5000                  | 180                      | <50            | 2440           |
|                         |                      | Verano 2016    | 15,1                                  | 8,25        | 472                             | 236                              | 4,89                    | 2200                 | <5000                  | 212                      | <50            | 1200           |
|                         |                      | Otoño 2016     | 13,2                                  | 7,58        | 502                             | 251                              | 6,41                    | 500                  | <5000                  | 203                      | <50            | 1130           |
|                         | HUIN-7               | Primavera 2014 | 8,8                                   | 7,2         | 691                             | 346                              | 1,58                    | <500                 | <5000                  | 222                      | <100           | <1000          |
|                         |                      | Verano 2015    | 9,4                                   | 7,97        | 991                             | 495                              | 5,95                    | 800                  | <5000                  | 265                      | <50            | 3000           |
|                         |                      | Otoño 2015     | 0,9                                   | 9,4         | 993                             | 496                              | 4,89                    | <500                 | <5000                  | 271                      | 50             | 5700           |
|                         |                      | Invierno 2015  | 1,5                                   | 7,23        | 566                             | 283                              |                         | <500                 | <5000                  | 229                      | <50            | 4280           |
|                         |                      | Primavera 2015 | 25                                    | 6,77        | 934                             | 467                              | 2,92                    | <500                 | <5000                  | 207                      | <50            | 2200           |
|                         |                      | Verano 2016    | 7,5                                   | 8,88        | 656                             | 324                              | 7,14                    | 2000                 | <5000                  | 247                      | <50            | 2760           |
|                         |                      | Otoño 2016     | 2,4                                   | 8,57        | 581                             | 290                              | 9,49                    | <500                 | <5000                  | 220                      | <50            | 1250           |
|                         | HUIN-8               | Primavera 2014 | 14,3                                  | 6,8         | 654                             | 327                              | 3,56                    | <500                 | <5000                  | 186                      | 120            | <1000          |
|                         |                      | Verano 2015    | 16,1                                  | 7,06        | 1058                            | 529                              | 4,27                    | 500                  | <5000                  | 236                      | <50            | 2800           |
|                         |                      | Otoño 2015     | 0,1                                   | 8,88        | 1251                            | 625                              | 6,75                    | 600                  | <5000                  | 340                      | 50             | 4500           |

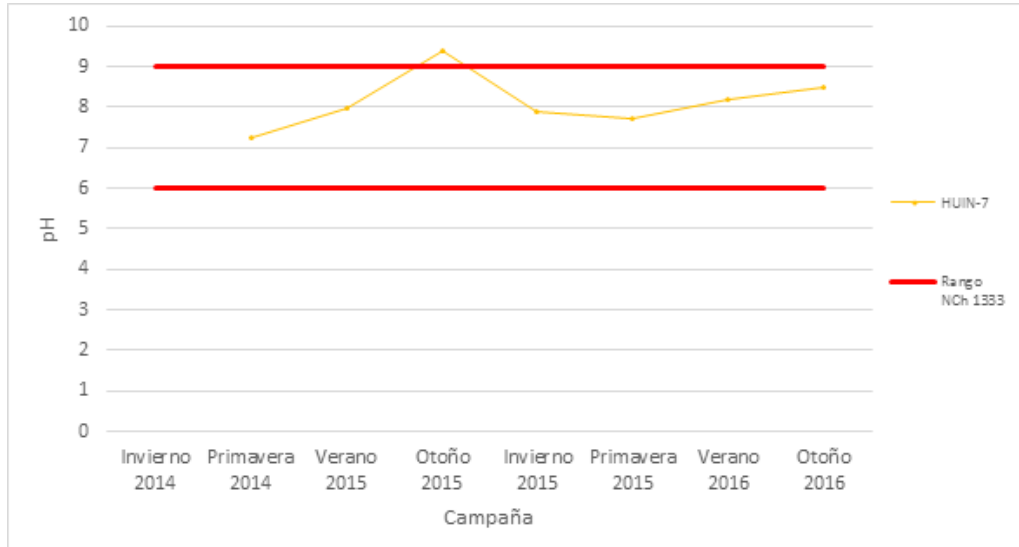
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|                  |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333 |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
|                  |                      | Invierno 2015  | 3,1                                   | 7,28 | 729                             | 365                              |                         | <500                 | <5000                  | 296                      | <50            | 3760           |
|                  |                      | Primavera 2015 |                                       | 8,1  | 732                             | 566                              |                         | <0,5                 | <5                     | 180                      | <0,05          | 1,48           |
|                  |                      | Verano 2016    | 16                                    | 8,22 | 726                             | 363                              | 5,59                    | 2300                 | <5000                  | 219                      | <50            | 2980           |
|                  |                      | Otoño 2016     | 7,7                                   | 8,21 | 1191                            | 595                              | 7,31                    | <500                 | <5000                  | 284                      | <50            | 2960           |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática,\*\* Límite establecido para agua de riego. Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

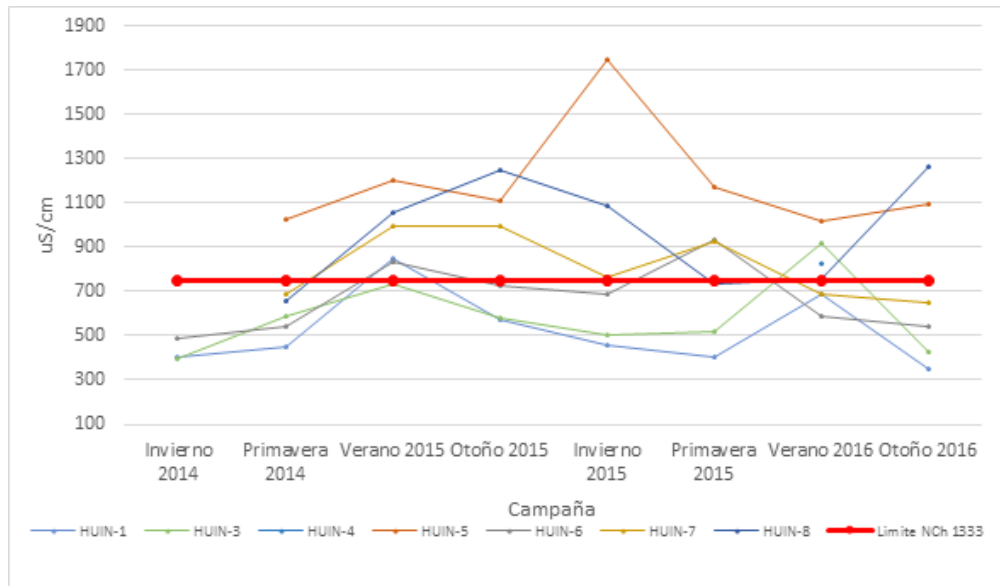
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos parámetros de importancia limnológica que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

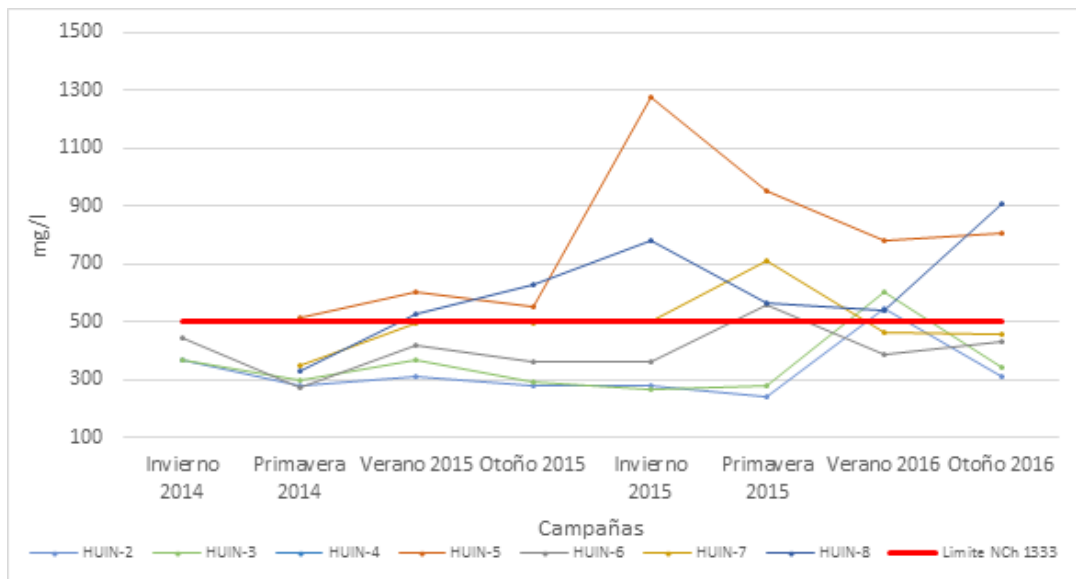
**Figura 3.4-102. Valores de pH Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



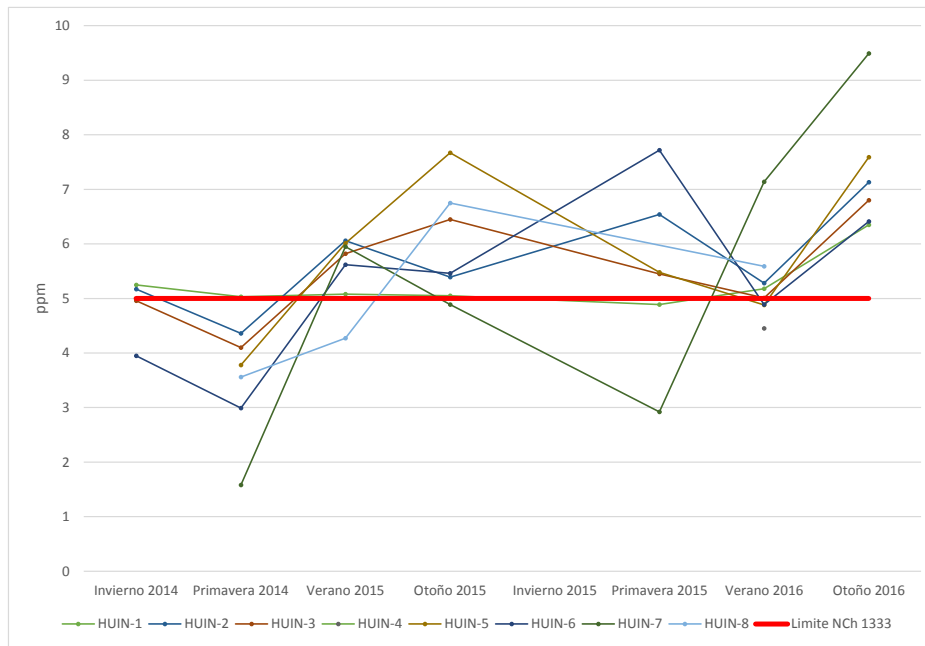
**Figura 3.4-103. Conductividad eléctrica Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-104. Sólidos disueltos totales Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-105. Oxígeno disuelto Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



Los resultados de la medición de macroelementos ver Tabla 3.4-55, señalan que las estaciones de muestreo presentan concentraciones sin cambios significativos durante las distintas campañas realizadas. Considerando el conjunto de parámetros medidos, destacan los valores altos de Sulfuros en la estación HUI-5, respecto de la normativa utilizada como referencia, en todas las campañas de muestreo.

**Tabla 3.4-55. Resultados análisis de macroelementos, Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |       |         |        |          |
| Quebrada Huinquentipa   | HUI-1                | Invierno 2014  | 196                   | 29           | 22,8  | 4,81    | 54     | 16,9     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 51                    | 99           | 22    | 4,5     | 47     | 24,9     |
|                         |                      | Verano 2015    | 49                    | 116          | 35,1  | 4,5     | 67,9   | 27       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 40                    | 71           | 41,6  | 3       | 63     | 1        |
|                         |                      | Invierno 2015  | 33                    | 49           | 13    | 23      | 44     | 15       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 18                    | 6            | 14    | 1       | 34     | 10       |
|                         |                      | Verano 2016    | 97                    | 69           | 53    | 8       | 64     | 17       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 34                    | 58           | 13    | 13      | 22     | 10       |
|                         | HUI-2                | Invierno 2014  | 128                   | 39           | 20,3  | 4,43    | 51     | 15,8     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 55                    | 112          | 29    | 7,6     | 57,8   | 25,5     |
| Verano 2015             |                      | 54             | 96                    | 26,9         | 3,7   | 67,7    | 26     |          |

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |       |         |        |          |
|                         |                      | Otoño 2015     | 47                    | 65           | 26    | 3       | 58     | 23       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 42                    | 39           | 16    | 28      | 51     | 19       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 22                    | 2            | 15    | 2       | 36     | 11       |
|                         |                      | Verano 2016    | 95                    | 99           | 49    | 7       | 71     | 19       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 35                    | 50           | 16    | 11      | 18     | 12       |
|                         | HUIN-3               | Invierno 2014  | 112                   | 45           | 20,8  | 4,52    | 51     | 16,1     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 53                    | 107          | 26    | 6,3     | 50,8   | 24,7     |
|                         |                      | Verano 2015    | 63                    | 97           | 29    | 2,9     | 67     | 22       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 55                    | 60           | 27    | 3       | 56     | 22       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 43                    | 25           | 21    | 28      | 48     | 18       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 33                    | 22           | 27    | 4       | 42     | 15       |
|                         |                      | Verano 2016    | 145                   | 106          | 78    | 7       | 72     | 18       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 48                    | 54           | 14    | 9       | 22     | 13       |
|                         | HUIN-4               | Verano 2016    | 193                   | 82           | 57    | 11      | 116    | 14       |
|                         | HUIN-5               | Primavera 2014 | 67                    | 413          | 57    | 1,8     | 170,1  | 22,2     |
|                         |                      | Verano 2015    | 60                    | 323          | 45,3  | 1,9     | 142,5  | 22       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 135                   | 369          | 47    | 4       | 140    | 19       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 97                    | 646          | 75    | 29      | 244    | 43       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 60                    | 398          | 55    | 4       | 130    | 22       |
|                         |                      | Verano 2016    | 77                    | 250          | 46    | 9       | 124    | 15       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 60                    | 338          | 51    | 21      | 135    | 23       |
|                         | HUIN-6               | Invierno 2014  | 63,5                  | 188          | 33    | 5,27    | 62     | 19       |
|                         |                      | Primavera 2014 | 41                    | 62           | 25    | 4,4     | 82,9   | 18,1     |
|                         |                      | Verano 2015    | 96                    | 27           | 48,7  | 4,3     | 76,5   | 27       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 75                    | 52           | 34    | 4       | 71     | 22       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 67                    | 59           | 32    | 27      | 68     | 22       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 74                    | 148          | 39    | 4       | 75     | 27       |
|                         |                      | Verano 2016    | 115                   | 48           | 40    | 11      | 62     | 10       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 98                    | 50           | 23    | 10      | 56     | 18       |
|                         | HUIN-7               | Primavera 2014 | 91                    | 109          | 46    | 3,6     | 92,6   | 21,9     |
| Verano 2015             |                      | 139            | 53                    | 49,8         | 3,5   | 86,2    | 29     |          |
| Otoño 2015              |                      | 11             | 78                    | 43           | 4     | 97      | 26     |          |
| Invierno 2015           |                      | 103            | 86                    | 33           | 32    | 89      | 23     |          |
| Primavera 2015          |                      | 96             | 123                   | 38           | 5     | 84      | 27     |          |
| Verano 2016             |                      | 99             | 154                   | 44           | 10    | 74      | 17     |          |

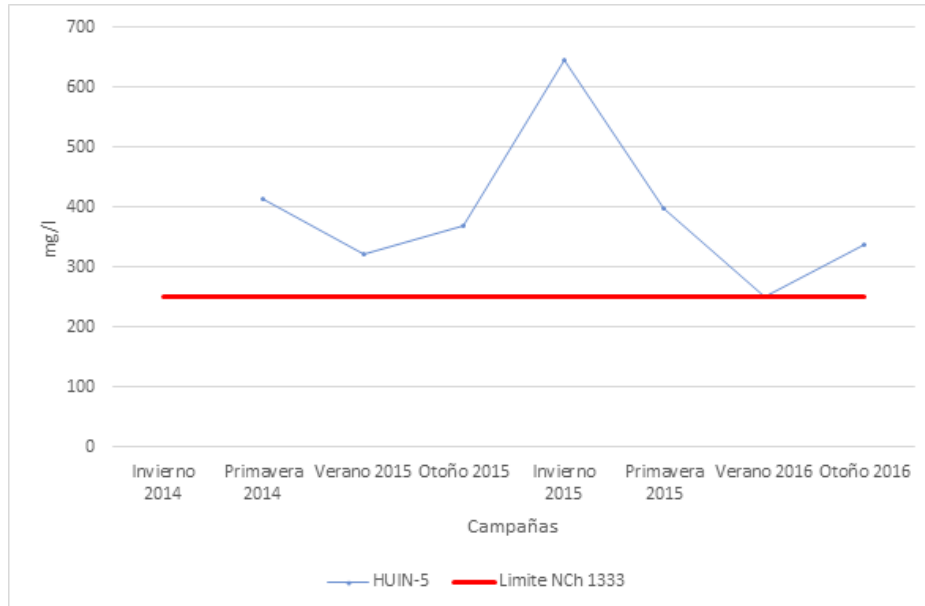
| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |         |       |         |        |          |
|------------------|----------------------|----------------|-----------------------|---------|-------|---------|--------|----------|
|                  |                      |                | Cloruro               | Sulfato | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| Límites NCh 1333 |                      |                | 200**                 | 250**   |       |         |        |          |
|                  |                      | Otoño 2016     | 98                    | 132     | 31    | 20      | 60     | 22       |
|                  | HUIIN-8              | Primavera 2014 | 74                    | 86      | 25    | 1,8     | 92,8   | 17,3     |
|                  |                      | Verano 2015    | 122                   | 71      | 51,8  | 5       | 96,2   | 31       |
|                  |                      | Otoño 2015     | 148                   | 142     | 57    | 5       | 131    | 37       |
|                  |                      | Invierno 2015  | 175                   | 146     | 45    | 34      | 137    | 35       |
|                  |                      | Primavera 2015 | 65                    | 86      | 25    | 5       | 71     | 21       |
|                  |                      | Verano 2016    | 89                    | 79      | 43    | 10      | 80     | 16       |
|                  |                      | Otoño 2016     | 189                   | 143     | 53    | 5       | 121    | 41       |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de los macroelementos que presentan valores por sobre la normativa utilizada como referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-106. Sulfato Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



Por su parte, los resultados obtenidos para metales, dan cuenta de valores alterados en todas las estaciones de muestreo en relación a la norma NCh 1.333, utilizada como referencia. Al respecto, metales como el Boro, Manganeseo y Molibdeno, registran niveles por sobre la norma de referencia en la mayoría de las campañas realizadas en todas las estaciones a lo largo de este sistema. Además de observarse en algunas campañas y eventos específicos de

concentraciones elevadas de Cobre, particularmente en las estaciones de mayor altura geográfica (HUIN-1, HUIN-2, HUIN-3).

**Tabla 3.4-56. Resultados análisis de metales, Sector Quebrada Huiniquintipa.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|-------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |       |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |       |
| Quebrada Huiniquintipa  | HUIN-1               | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | 0,31           | <0,001     | 0,13       | 0,64          | 0,7          | 0,24           | 0,04       | 0,85         | 0,026 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | 0,165          | <0,001     | <0,05      | 0,72          | 0,7          | 0,33           | 0,01       | 0,28         | 0,017 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01        | 0,51           | <0,001     | <0,05      | 1,54          | 0,6          | 2,842          | 0,01       | 0,05         | 0,018 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,05           | <0,001     | <0,05      | 0,12          | 0,5          | 0,11           | <0,01      | 0,09         | 0,009 |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | 0,45           | <0,001     | 0,084      | 1,84          | <0,5         | 0,877          | 0,063      | 0,87         | 0,021 |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | <0,01        | 0,077          | <0,001     | <0,05      | 0,58          | 0,55         | 0,38           | 0,05       | 0,23         | 0,02  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,01         | 1,06           | <0,001     | <0,05      | 3,53          | <0,5         | 1,81           | <0,01      | 3,65         | 0,019 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | <0,01        | 0,08           | <0,001     | <0,05      | 1,82          | <0,5         | 0,8            | <0,01      | 0,35         | 0,024 |
|                         | HUIN-2               | Invierno 2014  | 0,11          | 0,01         | 0,15           | <0,001     | 0,11       | 1,84          | 0,7          | 0,58           | 0,06       | 0,5          | 0,03  |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | 0,176          | <0,001     | <0,05      | 12,18         | 0,8          | 0,46           | 0,01       | 0,22         | 0,016 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,01         | 0,39           | <0,001     | <0,05      | 2,29          | 0,6          | 2,823          | 0,01       | 0,13         | 0,001 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,29           | <0,001     | <0,05      | 2,01          | 0,5          | 1,933          | <0,01      | 0,91         | 0,027 |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | 0,157          | <0,001     | 0,09       | 1,87          | <0,5         | 0,938          | 0,058      | 0,39         | 0,023 |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | <0,01        | 0,081          | <0,001     | <0,05      | 0,89          | 0,57         | 0,38           | 0,05       | 0,14         | 0,02  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,01         | 1,99           | <0,001     | <0,05      | 2,72          | <0,5         | 3,88           | <0,01      | 2,27         | 0,021 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,97          | <0,5         | 0,464          | <0,01      | 0,36         | 0,023 |
|                         | HUIN-3               | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | 0,12           | <0,001     | 0,13       | 0,8           | 0,6          | 0,29           | 0,04       | 0,65         | 0,019 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | 0,01         | 0,116          | <0,001     | 0,06       | 1,75          | 0,8          | 0,44           | 0,01       | 0,36         | 0,016 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | 0,01         | 0,27           | <0,001     | <0,05      | 2,02          | 0,7          | 1,784          | 0,01       | 0,13         | 0,005 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,14           | <0,001     | <0,05      | 1,64          | 0,5          | 0,487          | <0,01      | 0,31         | 0,02  |
|                         |                      | Invierno 2015  | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,096      | 0,85          | <0,5         | 1,258          | 0,062      | 0,54         | 0,013 |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | <0,01        | 0,08           | <0,001     | <0,05      | 0,36          | 0,67         | 0,49           | 0,03       | 0,08         | 0,02  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | <0,01        | 1,73           | <0,001     | <0,05      | 2,53          | <0,5         | 2,8            | <0,01      | 1,9          | 0,021 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | <0,01        | 0,06           | <0,001     | <0,05      | 0,7           | <0,5         | 0,775          | <0,01      | 0,26         | 0,023 |
|                         | HUIN-4               | Verano 2016    | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,95          | 1,07         | 0,81           | <0,01      | 2,18         | 0,021 |
|                         | HUIN-5               | Primavera 2014 | <0,05         | <0,05        | 0,078          | <0,001     | <0,05      | 0,77          | 1,3          | 0,12           | 0,003      | 1,05         | 0,002 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,42          | 1            | 0,251          | 0,01       | 0,15         | 0,019 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,23          | 1,1          | 0,06           | 0,02       | 0,2          | 0,018 |
| Invierno 2015           |                      | 0,051          | 0,012         | <0,05        | <0,001         | 0,078      | 2,38       | 1,16          | 0,351        | 0,098          | 0,49       | 0,015        |       |

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |                |              |                |            |            |               |              |                |            |              |       |
|-------------------------|----------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|-------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio         | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |       |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b>  | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |       |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,44          | 1,04         | 0,06           | 0,04       | 0,26         | 0,02  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,78          | 1,18         | 0,86           | 0,05       | 2,3          | 0,019 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,46          | <0,5         | 0,23           | 0,06       | 1,24         | 0,018 |
|                         | HUIIN-6              | Invierno 2014  | <0,05          | 0,01         | 0,11           | <0,001     | 0,1        | 0,13          | 0,8          | 0,05           | 0,04       | 0,66         | 0,021 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05          | 0,01         | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,8           | 1,5          | 0,29           | 0,01       | 0,28         | 0,007 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,25          | <0,5         | 0,435          | 0,01       | 0,33         | 0,046 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,08          | 0,9          | 0,257          | <0,01      | 0,28         | 0,02  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,055          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,083      | 0,48          | 0,52         | 0,091          | 0,058      | 0,62         | 0,019 |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05          | <0,01        | 0,116          | <0,001     | <0,05      | 0,32          | 1,2          | 0,16           | 0,05       | 0,49         | 0,02  |
|                         |                      | Verano 2016    | 0,06           | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,29          | 0,63         | 0,17           | <0,01      | 0,94         | 0,02  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,24          | <0,5         | 0,089          | <0,01      | 0,31         | 0,022 |
|                         |                      | HUIIN-7        | Primavera 2014 | 0,004        | 0,002          | <0,05      | <0,001     | <0,05         | 0,67         | 1,4            | 1,91       | 0,017        | 0,004 |
|                         | Verano 2015          |                | <0,05          | 0,01         | 0,37           | <0,001     | <0,05      | 0,87          | 1            | 0,284          | 0,01       | 2,32         | 0,036 |
|                         | Otoño 2015           |                | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,82          | 1,2          | 1,481          | <0,01      | 0,38         | 0,025 |
|                         | Invierno 2015        |                | <0,05          | <0,01        | 0,313          | <0,001     | 0,057      | 0,88          | <0,5         | 1,149          | 0,053      | 2,5          | 0,02  |
|                         | Primavera 2015       |                | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,47          | 0,96         | 0,11           | 0,09       | 0,17         | 0,02  |
|                         | Verano 2016          |                | <0,05          | <0,01        | 0,05           | <0,001     | <0,05      | 0,26          | 0,83         | 0,01           | 0,06       | 1,36         | 0,02  |
|                         | HUIIN-8              | Otoño 2016     | <0,05          | <0,01        | 0,05           | <0,001     | <0,05      | 0,2           | <0,5         | 0,03           | 0,06       | 1,22         | 0,023 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05          | 0,004        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,16          | 1            | 0,11           | 0,01       | 0,45         | 0,002 |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,9           | 1,2          | 0,861          | 0,02       | 0,3          | 0,031 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,93          | 1,5          | 6,709          | 0,17       | 0,13         | 0,017 |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,053          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | 0,05       | 0,723         | 0,62         | 4,505          | 0,046      | 0,3          | 0,011 |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 1,27          | 0,7          | 0,78           | 0,05       | 0,26         | 0,02  |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05          | <0,01        | <0,05          | <0,001     | <0,05      | 0,42          | 0,98         | 0,26           | 0,06       | 1,3          | 0,018 |
| Otoño 2016              | <0,05                | <0,01          | <0,05          | <0,001       | <0,05          | 1,22       | 0,59       | 1,91          | 0,06         | 1,27           | 0,018      |              |       |

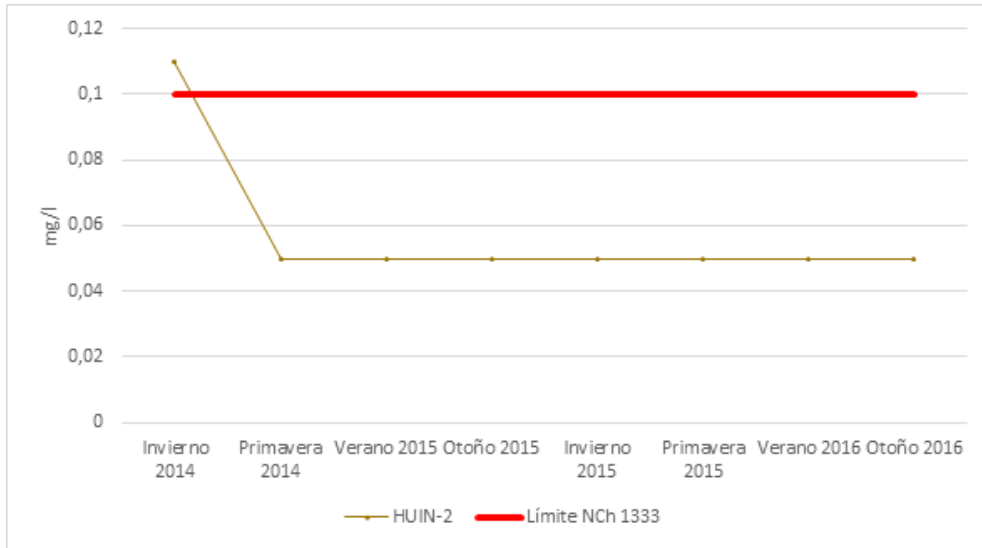
Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

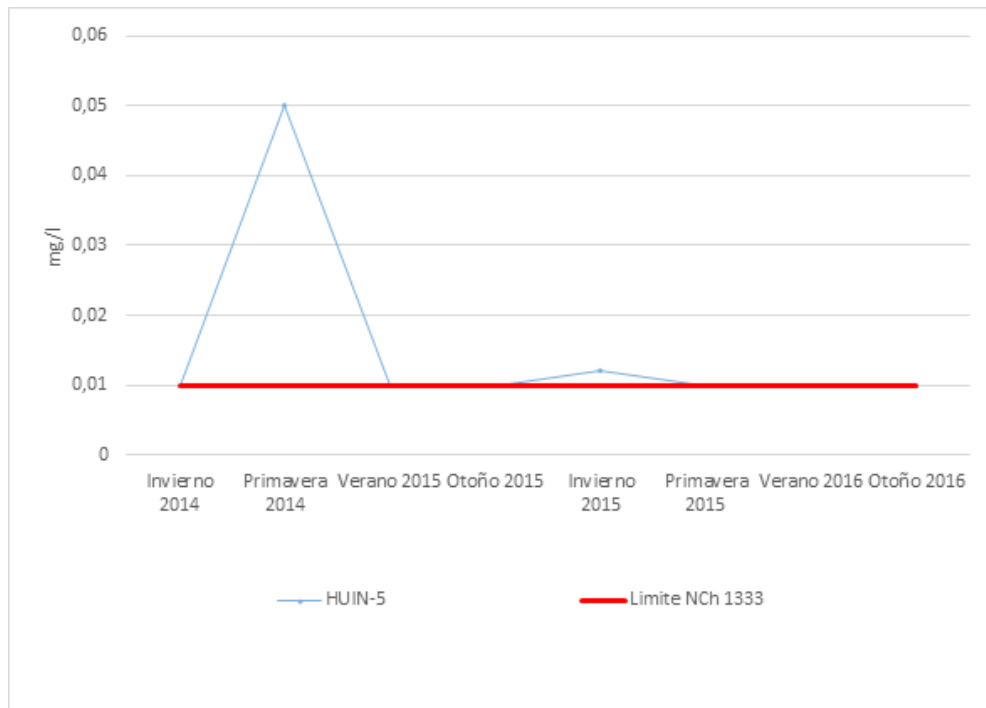


A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

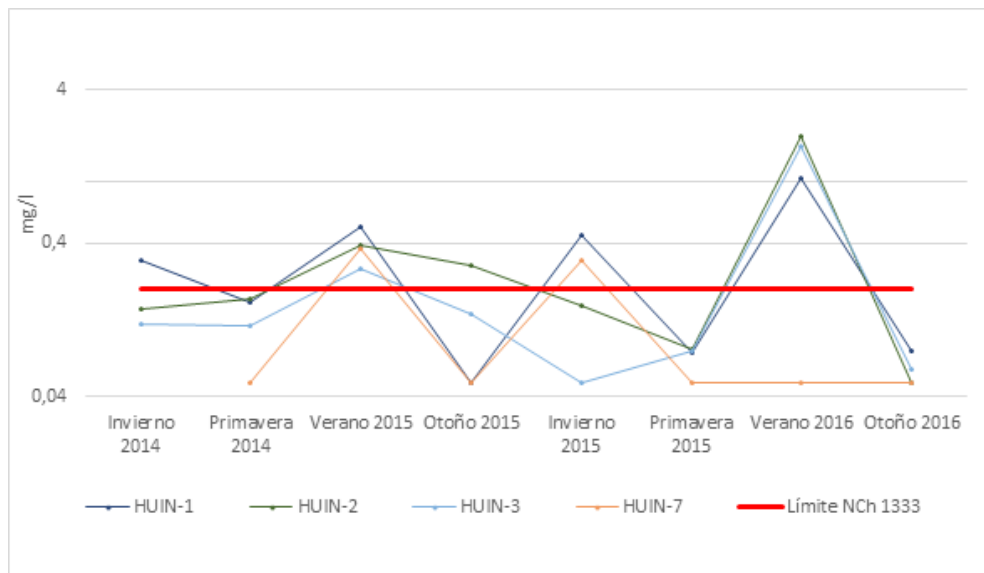
**Figura 3.4-107. Cromo, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



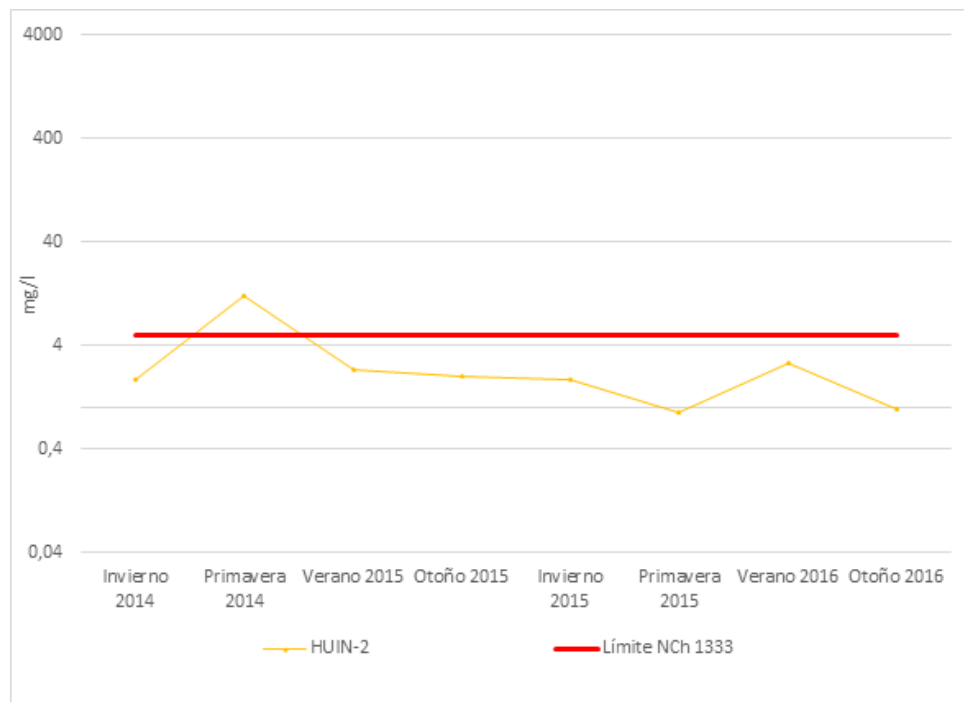
**Figura 3.4-108. Cadmio, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



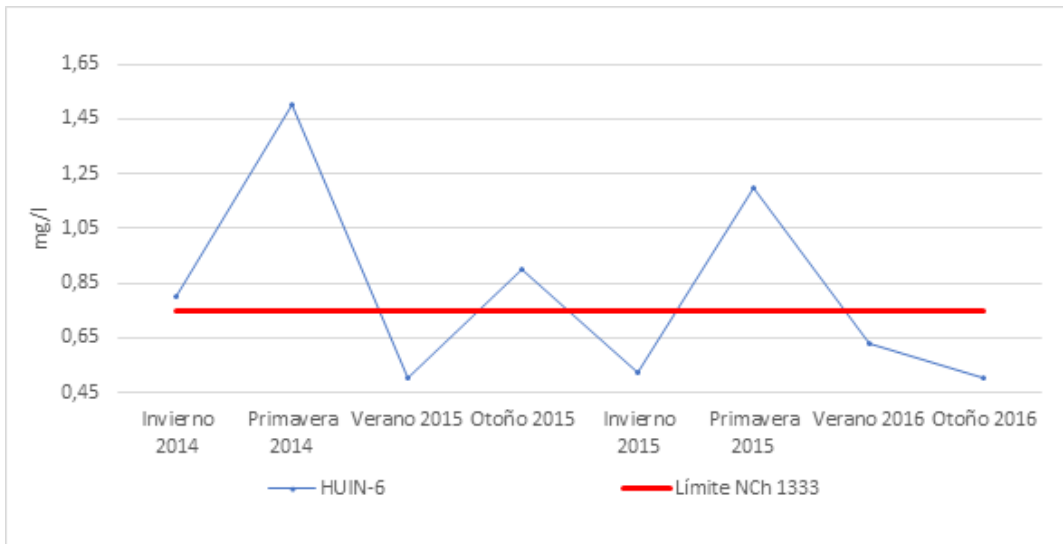
**Figura 3.4-109. Cobre, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



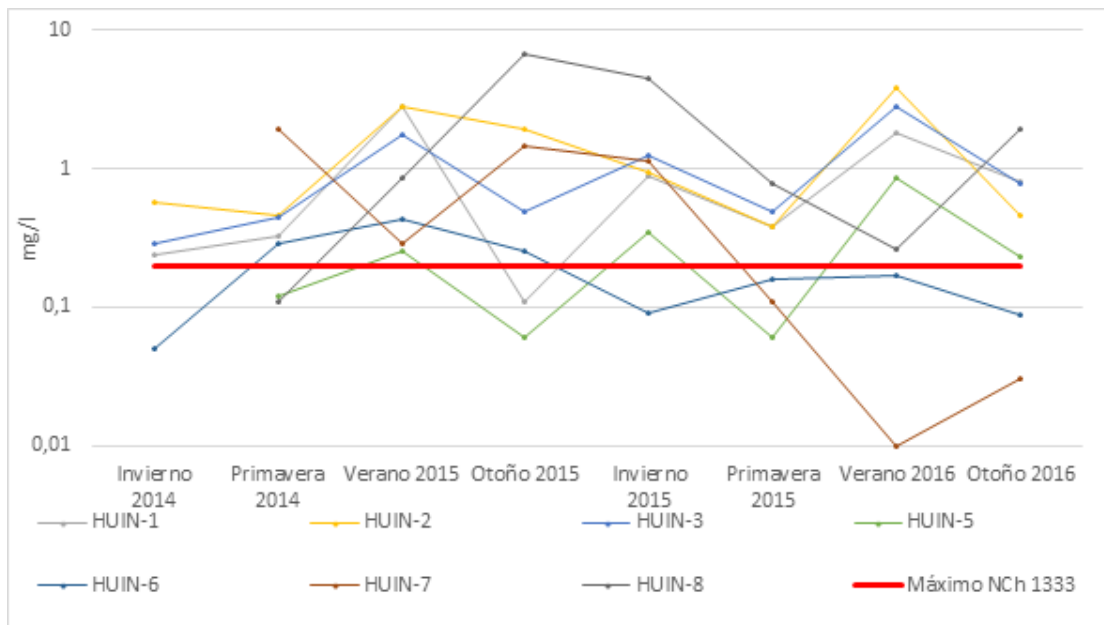
**Figura 3.4-110. Hierro, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



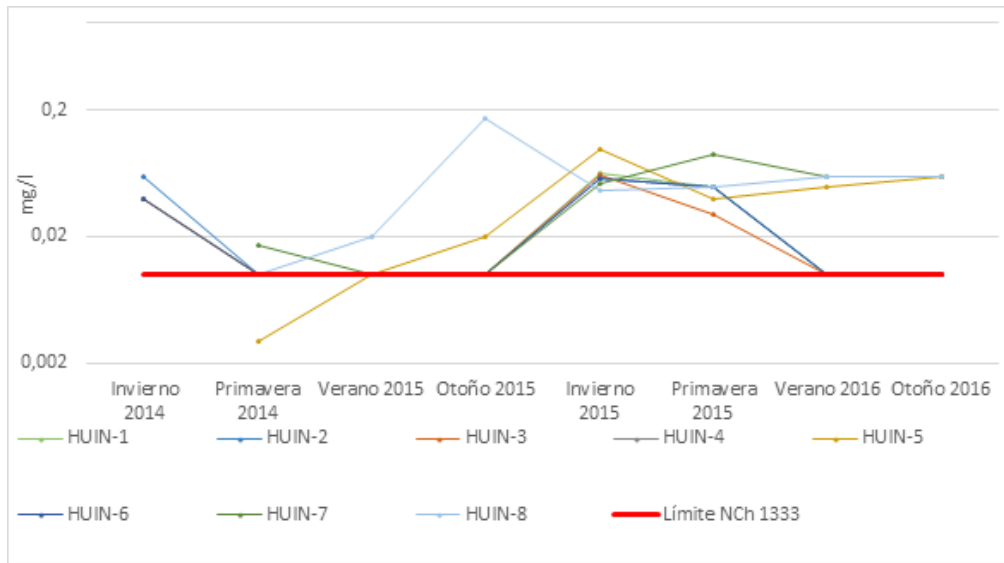
**Figura 3.4-111. Boro, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-112. Manganeso, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-113. Molibdeno, Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



Por otra parte, los resultados obtenidos para parámetros orgánicos y otros, dan cuenta de niveles que en general se mantienen constantes entre las campañas y bajo el límite de detección. Solo se observan variaciones entre campañas para los niveles de DBO<sub>5</sub>, DQO, y Coliformes, los cuales varían en todas las estaciones de este sector, observándose los mayores cambios en las estaciones HUIN-1, HUIN-3, HUIN-5, HUIN-6 y HUIN-7.

**Tabla 3.4-57. Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |      |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|-------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|------|
|                         |                      | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5  | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |      |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                       |                            |                          |                              |       |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |      |
| Quebrada Huinquentipa   | HUIN-1               | Invierno 2014         | <10                        | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | 11               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8 |
|                         |                      | Primavera 2014        | <10                        | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | 9,2                          | 490  |
|                         |                      | Verano 2015           | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 10               | <0,5                         | 7,8                          | 14   |
|                         |                      | Otoño 2015            | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 10               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8 |
|                         |                      | Invierno 2015         | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 10               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8 |
|                         |                      | Primavera 2015        | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | <5               | <0,5                         | <1,8                         | 7900 |
|                         |                      | Verano 2016           | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 12               | <0,5                         | 110                          | 1100 |
|                         |                      | Otoño 2016            | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 11               | <0,5                         | 11                           | 4600 |
|                         | HUIN-2               | Invierno 2014         | <10                        | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | 11               | <0,5                         | <1,8                         | 4,5  |
|                         |                      | Primavera 2014        | <10                        | <10                      | <10                          | <0,05 | <10      | <10              | <0,5                         | 33                           | 110  |
|                         |                      | Verano 2015           | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 10               | <0,5                         | 33                           | 130  |
|                         |                      | Otoño 2015            | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 15               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8 |

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 11       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 230                          | 330                          |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 25       | <0,5             | 130                          | 1700                         |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 11       | <0,5             | 49                           | 17000                        |
|                         | HUIN-3               | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | 2                            | 460                          |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | 1300                         |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 13                           | 4900                         |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 21       | <0,5             | 140                          | 13000                        |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 13       | <0,5             | 26                           | 79000                        |
|                         | HUIN-4               | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 14   | 32       | 0,7              | 33                           | 790                          |
|                         | HUIN-5               | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | 12       | <0,5             | 4                            | 1100                         |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 26       | <0,5             | 130                          | 1100                         |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | 4,5                          | 7,8                          |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 13       | <0,5             | 9,3                          | 280                          |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 12   | 16       | <0,5             | 490                          | 4900                         |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | 220                          | 2200                         |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 8        | <0,5             | 220                          | 1700                         |
|                         | HUIN-6               | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 79                           |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 7,8                          |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | 79                           | 230                          |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 12       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 15       | <0,5             | 2                            | 7000                         |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 14   | 23       | <0,5             | 330                          | 940                          |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 12   | 16       | <0,5             | 94                           | 280                          |
|                         | HUIN-7               | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | 900                          | 2300                         |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 16       | <0,5             | 700                          | 1700                         |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 8        | <0,5             | <1,8                         | 46                           |
| Primavera 2015          |                      | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | 11                           | 14   | <0,5     | 330              | 3300                         |                              |
| Verano 2016             |                      | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | <10                          | <5   | <0,5     | 13               | 23                           |                              |
| Otoño 2016              |                      | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | <10                          | 16   | <0,5     | 49               | 220                          |                              |
| HUIN-8                  | Primavera 2014       | <10            | <10                   | <10                        | <0,05                    | <10                          | <10  | <0,5     | <2               | 4900                         |                              |
|                         | Verano 2015          | <5             | <10                   | <5                         | <0,05                    | 14                           | 17   | <0,5     | 330              | 460                          |                              |

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |       |          |                  |                              |                              |      |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|-------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|------|
|                         |                      | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5  | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |      |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                       |                            |                          |                              |       |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |      |
|                         |                      | Otoño 2015            | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 19               | <0,5                         | <1,8                         | <1,8 |
|                         |                      | Invierno 2015         | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 14               | <0,5                         | 2                            | 23   |
|                         |                      | Primavera 2015        | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | 10       | 14               | <0,5                         | 79                           | 1100 |
|                         |                      | Verano 2016           | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | <5               | <0,5                         | 790                          | 790  |
|                         |                      | Otoño 2016            | <5                         | <10                      | <5                           | <0,05 | <10      | 19               | <0,5                         | 170                          | 460  |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

Las mediciones de clorofila, dan cuenta de valores con variaciones poco significativas entre las campañas de muestreo, configurando un sistema con valores relativamente homogéneos a lo largo de las distintas estaciones muestreadas. Solo se observan algunos aumentos específicos durante primavera 2015 en las estaciones HUIN-2 y HUIN-8.

**Tabla 3.4-58. Resultados análisis de Clorofila "a" en el agua. Sector Quebrada Huiniquintipa.**

| Sistema acuático       | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua µg/L |
|------------------------|----------------------|----------------|----------------------------|
| Quebrada Huiniquintipa | HUIN-1               | Invierno 2014  | 1,47                       |
|                        |                      | Primavera 2014 | 9,05                       |
|                        |                      | Verano 2015    | 2,04                       |
|                        |                      | Otoño 2015     | 8,52                       |
|                        |                      | Invierno 2015  | 15,31                      |
|                        |                      | Primavera 2015 | 0,72                       |
|                        |                      | Verano 2016    | 1,10                       |
|                        |                      | Otoño 2016     | 7,31                       |
|                        | HUIN-2               | Invierno 2014  | 1,07                       |
|                        |                      | Primavera 2014 | 2,15                       |
|                        |                      | Verano 2015    | 2,05                       |
|                        |                      | Otoño 2015     | 1,03                       |
|                        |                      | Invierno 2015  | 4,09                       |
|                        |                      | Primavera 2015 | 0,68                       |
|                        |                      | Verano 2016    | 2,26                       |
|                        |                      | Otoño 2016     | 3,69                       |
|                        | HUIN-3               | Invierno 2014  | 2,94                       |
|                        |                      | Primavera 2014 | 4,13                       |
|                        |                      | Verano 2015    | 4,41                       |
|                        |                      | Otoño 2015     | 2,06                       |
|                        |                      | Invierno 2015  | 10,88                      |
| Primavera 2015         |                      | 1,09           |                            |
|                        | Verano 2016          | 2,37           |                            |

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua<br>µg/L |
|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|
|                  | HUIIN-4              | Otoño 2016     | 3,87                          |
|                  |                      | Verano 2016    | 0,47                          |
|                  | HUIIN-5              | Primavera 2014 | 1,86                          |
|                  |                      | Verano 2015    | 4,11                          |
|                  |                      | Otoño 2015     | 0,98                          |
|                  |                      | Invierno 2015  | 3,76                          |
|                  |                      | Primavera 2015 | 1,56                          |
|                  |                      | Verano 2016    | 1,02                          |
|                  |                      | Otoño 2016     | 2,0                           |
|                  |                      | HUIIN-6        | Invierno 2014                 |
|                  | Primavera 2014       |                | 1,81                          |
|                  | Verano 2015          |                | 4,09                          |
|                  | Otoño 2015           |                | 0,96                          |
|                  | Invierno 2015        |                | 3,05                          |
|                  | Primavera 2015       |                | 1,56                          |
|                  | Verano 2016          |                | 1,02                          |
|                  | Otoño 2016           |                | 1,78                          |
|                  | HUIIN-7              | Primavera 2014 | 1,86                          |
|                  |                      | Verano 2015    | 2,06                          |
|                  |                      | Otoño 2015     | 0,98                          |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,72                          |
|                  |                      | Primavera 2015 | 20,00                         |
|                  |                      | Verano 2016    | 1,46                          |
|                  |                      | Otoño 2016     | 1,43                          |
|                  | HUIIN-8              | Primavera 2014 | 0,34                          |
|                  |                      | Verano 2015    | 2,05                          |
|                  |                      | Otoño 2015     | 2,21                          |
|                  |                      | Invierno 2015  | 1,72                          |
|                  |                      | Primavera 2015 | 10,00                         |
|                  |                      | Verano 2016    | 1,18                          |
| Otoño 2016       |                      | 2,25           |                               |

Fuente: Elaboración Propia.

f.11) Sedimentos

La comparación entre las estaciones de muestreo mediante ANOSIM mostró que no existe diferencia entre ellas (R:-0,036; p: 0,812), mientras que la comparación mediante el mismo método entre las temporadas de desarrollo de las campañas si señaló una diferencia entre ellas (R:0,0168; p: 0,001) el análisis pareado *a posteriori* mostró diferencia en todas las parejas posibles.

Los valores de metales en sedimentos dan cuenta de niveles que varían entre campañas en uno o dos órdenes de magnitud, no siendo constante en la mayoría de las estaciones. Considerando la norma de referencia, se registran valores elevados constantes para Arsénico, Cobre y Cadmio en algunas de las estaciones de sistema, así como eventos específicos de aumento en la concentración de Mercurio durante la campaña de invierno 2015.

**Tabla 3.4-59. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |       |         |      |            |         |            |           |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------|-------|---------|------|------------|---------|------------|-----------|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico  | Bario | Berilio | Boro | Cadmio     | Cobalto | Cobre      | Cromo     |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | <b>17</b> |       |         |      | <b>3,5</b> |         | <b>197</b> | <b>90</b> |
| Q.<br>Huinquentipa    | HUI-1                | Invierno 2014  | 1982                          | 4,95      | 256   | 0,76    | 63   | 9,1        | 10,4    | 2225       | 6,1       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 18039                         | 3,62      | 150   | 1,07    | 39   | 6,8        | 13,8    | 2819       | 3,7       |
|                       |                      | Verano 2015    | 3532                          | 1649      | 267   | 0,8     | 62   | 29,7       | 12,2    | 5458       | 5         |
|                       |                      | Otoño 2015     | 1786                          | 1215      | 68    | 0,1     | < 1  | 5,8        | 4       | 1892       | 1,7       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2604                          | 610,8     | 111   | 0,3     | 20   | 2          | 3,2     | 1911       | 2         |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4899                          | 42        | 0     | 0       | 0    | 0,6        | 6,8     | 69         | 17        |
|                       |                      | Verano 2016    | 12916                         | 12,2      | 347,2 | 1,2     | <0,5 | 3,37       | 10,6    | 1003       | 31,5      |
|                       |                      | Otoño 2016     | <5                            | <10       | <5    | <0,05   | <10  | 19         | <0,5    | 170        | 460       |
|                       | HUI-2                | Invierno 2014  | 3199                          | 6,28      | 3     | < 0,05  | 52   | 5,7        | 6,3     | 1061       | 11,0      |
|                       |                      | Primavera 2014 | 5261                          | 3,74      | 85    | 0,61    | 49   | 6,9        | 11,2    | 2748       | 4,7       |
|                       |                      | Verano 2015    | 4100                          | 970       | 199   | 0,6     | 44   | 15,5       | 13,4    | 2695       | 6,9       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 3849                          | 1346      | 94    | 0,2     | < 1  | 7          | 7,4     | 1214       | 4,1       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3391                          | 341,8     | 114   | 0,2     | 16   | 3,4        | 6,4     | 1151       | 3,4       |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4864                          | 257       | 0     | 0       | 0    | 4,47       | 9,5     | 196        | 7,9       |
|                       |                      | Verano 2016    | 9158                          | 32,4      | 262,8 | < 0,1   | <0,5 | 6,4        | 8,5     | 1282       | 32,2      |
|                       |                      | Otoño 2016     | 6342                          | 6,5       | 145   | 0,32    | <0,5 | 0,85       | 11,2    | 253        | 9,8       |



| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |       |         |      |            |         |            |           |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------|-------|---------|------|------------|---------|------------|-----------|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico  | Bario | Berilio | Boro | Cadmio     | Cobalto | Cobre      | Cromo     |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | <b>17</b> |       |         |      | <b>3,5</b> |         | <b>197</b> | <b>90</b> |
|                       | HUI-3                | Invierno 2014  | 1603                          | 0,23      | 102   | 0,26    | 60   | 2,4        | 8,6     | 559        | 3,9       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 16759                         | 3,57      | 112   | 0,61    | 61   | 7,9        | 9,4     | 3331       | 5,3       |
|                       |                      | Verano 2015    | 8727                          | 1238      | 397   | 2       | 73   | 22,1       | 14,7    | 3715       | 8,8       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 4350                          | 838       | 157   | 0,4     | < 1  | 11,2       | 6,7     | 2134       | 3,7       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3125                          | 231,7     | 167   | < 0,1   | 53   | 2,2        | 8,4     | 528        | 3         |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4356                          | 13        | 0     | 0       | 0    | 1,97       | 6,3     | 602        | 28        |
|                       |                      | Verano 2016    | 8645                          | 125,6     | 406,4 | < 0,1   | <0,5 | 20,3       | 8,02    | 8665       | 48        |
|                       |                      | Otoño 2016     | 7517                          | 96,0      | 93    | 0,62    | <0,5 | 7,4        | 10,3    | 2509       | 4,5       |
|                       | HUI-4                | Invierno 2014  | 4245                          | 3,73      | 74    | 0,25    | 19   | < 0,5      | 4,2     | 34,3       | 3,7       |
|                       |                      | Verano 2015    | 4930                          | 28,69     | 117   | 0,7     | 19   | 0,5        | 8,4     | 64,8       | 6,5       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2412                          | 14,3      | 181   | 0,2     | 8    | 0,2        | 3,7     | 27         | 2,4       |
|                       |                      | Verano 2016    | 6283                          | 0,78      | 204,2 | < 0,1   | <0,5 | 0,6        | 7,1     | 56,7       | 25,9      |
|                       | HUI-5                | Invierno 2014  | 1633                          | 4,88      | 83    | 0,35    | 36   | 0,5        | 7,4     | 31,7       | 4,2       |
|                       |                      | Primavera 2014 | 6533                          | 2,52      | 83    | 0,52    | 52   | 0,5        | 11,4    | 42         | 4,3       |
|                       |                      | Verano 2015    | 5544                          | 47,57     | 105   | 0,6     | 28   | 0,7        | 9,8     | 84,2       | 7,4       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 4685                          | 0,2       | 50    | 0,2     | < 1  | 0,3        | 4,6     | 40         | 4         |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2516                          | 32,4      | 124   | 0,2     | 11   | 0,3        | 4,2     | 32         | 2,5       |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4933                          | 1147      | 0     | 0       | 0    | 6,17       | 7,94    | 2745       | 24        |
|                       |                      | Verano 2016    | 14266                         | 0,63      | 648,4 | 0,78    | <0,5 | 1,18       | 17,3    | 164,7      | 55,8      |
|                       | Otoño 2016           | 5765           | 0,7                           | 69,8      | 0,43  | 11,9    | 0,48 | 11,2       | 45,7    | 8,15       |           |
|                       | HUI-6                | Primavera 2014 | 9059                          | 3,96      | 123   | 0,65    | 55   | 4,6        | 14,5    | 456        | 7,1       |
|                       |                      | Verano 2015    | 8348                          | 102,1     | 253   | 0,6     | 61   | 4,4        | 16,8    | 400        | 9,5       |
|                       |                      | Otoño 2015     | 5098                          | 106       | 88    | < 0,1   | < 1  | < 0,1      | < 0,1   | 932        | 6,8       |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3019                          | 213,4     | 91    | < 0,1   | 19   | 2,1        | 3,7     | 490        | 3,3       |
|                       |                      | Primavera 2015 | 6892                          | 33        | 0     | 0       | 0    | 3          | 10,5    | 230        | 26        |
|                       |                      | Verano 2016    | 24520                         | 19        | 516   | 0,19    | <0,5 | 7,9        | 27,3    | 2254       | 87,8      |
|                       |                      | Otoño 2016     | 6133                          | 11,0      | 187   | 0,8     | <0,5 | 2,2        | 15,1    | 342        | 9,5       |
| HUI-8                 | Primavera 2014       | 5163           | 3,88                          | 122       | 0,51  | 61      | 1,4  | 10,3       | 87      | 5,9        |           |
|                       | Verano 2015          | 4486           | 30,24                         | 126       | 0,7   | 17      | 0,6  | 9,6        | 60,7    | 9,1        |           |
|                       | Otoño 2015           | 3926           | 8,9                           | 140       | 0,3   | < 1     | 0,3  | 5,1        | 28      | 5,6        |           |

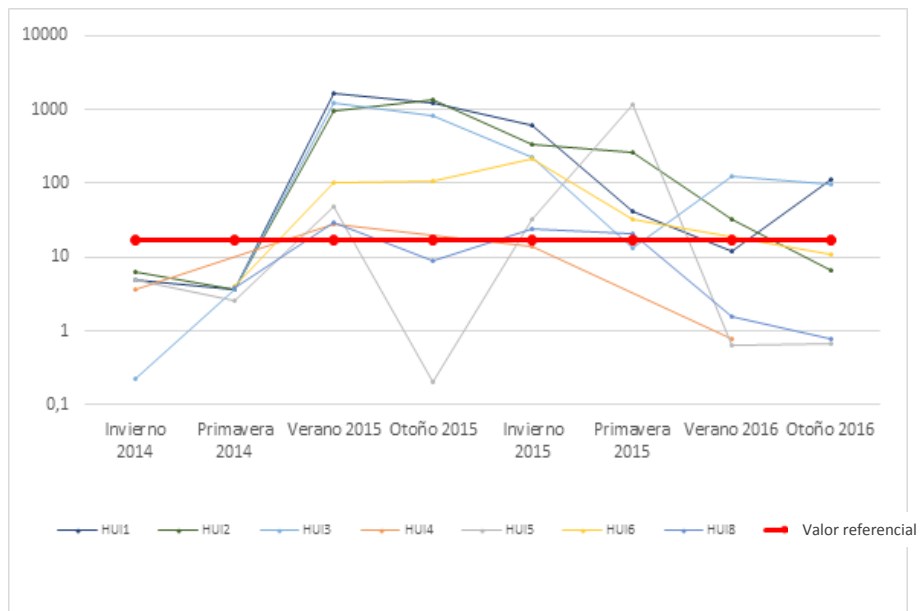
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | 17       |       |         |      | 3,5    |         | 197   | 90    |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2139                          | 24,5     | 162   | < 0,1   | 11   | 0,1    | 4       | 20    | 3,1   |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4456                          | 21       | 0     | 0       | 0    | 0,59   | 74,2    | 42    | 17,5  |
|                       |                      | Verano 2016    | 11996                         | 1,6      | 245,5 | 0,39    | <0,5 | 1,99   | 19,08   | 126,5 | 56,08 |
|                       |                      | Otoño 2016     | 9251                          | 0,8      | 108,1 | 0,69    | <0,5 | 1,02   | 12,62   | 185,6 | 10,85 |
| Q. El Ancho           | ANC-1                | Invierno 2014  | 632                           | 1,95     | 107   | 0,20    | 21   | < 0,5  | 5,4     | 29,1  | 4,7   |
|                       |                      | Verano 2015    | 3086                          | 16,75    | 182   | 0,9     | 14   | 0,4    | 7,4     | 43,5  | 9,8   |
|                       |                      | Invierno 2015  | 1022                          | 7,3      | 150   | 0,3     | 5    | 0,1    | 2       | 13    | 1,4   |
|                       |                      | Verano 2016    | 5123                          | 0,75     | 433   | 0,6     | <0,5 | 2,16   | 8,37    | 67,2  | 26,6  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

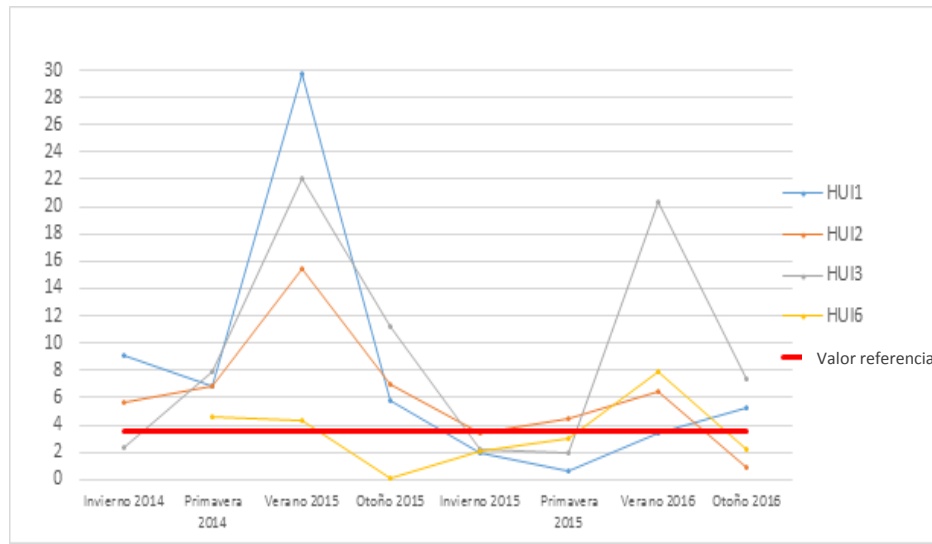
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

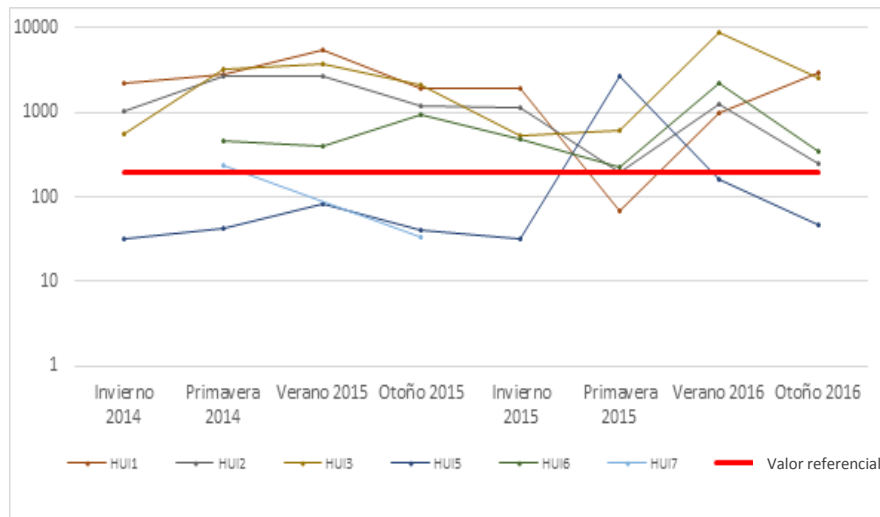
**Figura 3.4-114. Arsénico Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa**



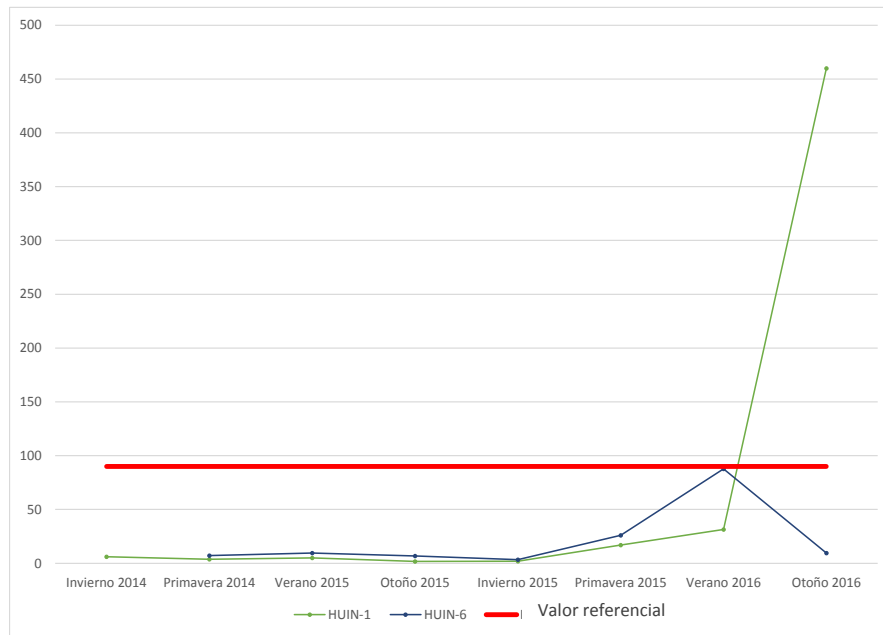
**Figura 3.4-115. Cadmio Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa**



**Figura 3.4-116. Cobre mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-117. Cromo mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Tabla 3.4-60. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
| Q. Huinquentipa       | HUI-1                | Invierno 2014  | 8.013                         | 5.438    | 1.634     | 0,09         | 2,6       | 9,3    | 1,0   | 42,1  | 28          | 395,7 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 18039                         | 3737     | 1655      | 0,08         | 4,8       | 6,9    | 4,1   | 73,1  | 32          | 517   |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 15837                         | 2857     | 4303      | 0,06         | 2         | 7,8    | 3     | 52,9  | 32          | 400   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 4839                          | 1844     | 895       | 0,07         | 1         | 2,2    | 2,1   | 24,5  | 9           | 110   |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 4234                          |          | 442       | <b>25,9</b>  | 0,3       | 3,3    | < 1   | 28,9  | 9           | 201   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 7478                          |          | 989       | 0,017        | 0,4       | 26     | 0     | 11    | 15          | 49    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 17383                         |          | 1613      | 0,08         | 0,1       | 9,1    | < 1   | 46,8  | 22,1        | 212,3 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 19112                         |          | 2013      | 0,009        | 2         | 7      | 3     | 48,6  | 22,2        | 213   |            |
|                       | HUI-2                | Invierno 2014  | 6.204                         | 3.182    | 17.554    | 0,03         | 0,4       | 6,2    | 4,5   | 13,1  | 20          | 211,4 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 16229                         | 2477     | 1902      | 0,03         | 4         | 4,6    | 3,4   | 36,1  | 23          | 464   |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 12874                         | 4138     | 2775      | 0,02         | 3,2       | 10,1   | 3,7   | 54    | 34          | 403   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6041                          | 2298     | 1502      | 0,02         | 2         | 5,3    | 2     | 31,2  | 14          | 225   |            |

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
|                       |                      | Invierno 2015  | 4029                          |          | 911       | 15,3         | 0,2       | 5,3    | < 1   | 21,5  | 8           | 253   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 4242                          |          | 149       | 0,013        | 3,3       | 20     | 0     | 21    | 19          | 303   |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 18929                         |          | 1734      | 0,04         | 2,2       | 8,04   | < 1   | 39,6  | 36,8        | 304,6 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 9694                          |          | 1515      | <0,001       | 2         | 11     | < 1   | 18,6  | 23,9        | 137   |            |
|                       | HUI-3                | Invierno 2014  | 7.181                         | 5.675    | 1.071     | 0,06         | 24,7      | 5,6    | < 1   | 20,5  | 24          | 182,1 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 16759                         | 3191     | 1791      | 0,1          | 4,8       | 3,9    | 2,8   | 69,5  | 24          | 351   |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 15929                         | 6514     | 8340      | 0,09         | 3,2       | 13,5   | 4,5   | 53,1  | 50          | 442   |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6322                          | 2506     | 1703      | 0,05         | 1,8       | 5,6    | < 1   | 32,4  | 14          | 377   |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 5701                          |          | 3712      | 11,5         | 0,5       | 8      | < 1   | 15,9  | 16          | 157   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 11536                         |          | 331       | 0,006        | 15        | 3,4    | 0     | 14    | 43          | 53    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 33505                         |          | 4024      | 0,06         | 2,9       | 6,2    | 14,7  | 113,7 | 35,4        | 515,9 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 17892                         |          | 4890      | <0,001       | 4         | 9      | 2,8   | 42,4  | 26,6        | 293   |            |
|                       | HUI-4                | Invierno 2014  | 3.977                         | 2.774    | 349       | 0,19         | 0,6       | 6,4    | < 1   | 4,5   | < 1         | 29,7  |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 8520                          | 4808     | 688       | 0,02         | 0,2       | 13,5   | < 1   | 8,6   | 20          | 47,8  |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2180                          |          | 311       | 13,4         | <0,01     | 6,1    | < 1   | 5,3   | 5           | 30    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 14975                         |          | 416,2     | 0,02         | < 0,05    | 11,4   | < 1   | 11,5  | 18,7        | 41,6  |            |
|                       | HUI-5                | Invierno 2014  | 6.484                         | 4.543    | 552       | 0,03         | 1,0       | 7,5    | < 1   | 13,1  | 15          | 52,3  |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 9321                          | 5321     | 729       | 0,01         | 27,7      | 5,7    | 1,4   | 14,5  | 20          | 57    |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 10960                         | 6220     | 718       | 0,03         | 0,4       | 14,2   | < 1   | 13    | 26          | 58    |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 4262                          | 4167     | 278       | 0,02         | 0,2       | 6,9    | < 1   | 7,2   | 10          | 30    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3118                          |          | 329       | 7,1          | < 0,05    | 6,2    | < 1   | 7,3   | 6           | 37    |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 6537                          |          | 1722      | 0,059        | 1,19      | 24     | 0     | 42    | 23          | 296   |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 18158                         |          | 1291      | 0,05         | 0,39      | 22,8   | < 1   | 57,4  | 30,6        | 148,4 |            |
|                       | Otoño 2016           | 19377          |                               | 13,06    | 0,09      | < 0,05       | 16,6      | 8,79   | 16,03 | 24,4  | 45,9        |       |            |
| HUI-6                 | Primavera 2014       | 20145          | 4902                          | 4274     | 0,02      | 2,8          | 7,5       | 1,4    | 22,5  | 37    | 265         |       |            |
|                       | Verano 2015          | 16203          | 8527                          | 3042     | 0,03      | 0,6          | 13,9      | < 1    | 25,7  | 59    | 167         |       |            |
|                       | Otoño 2015           | 6847           | 4252                          | 422      | 0,02      | < 0,05       | 5,7       | < 1    | 42,2  | 19    | 281         |       |            |

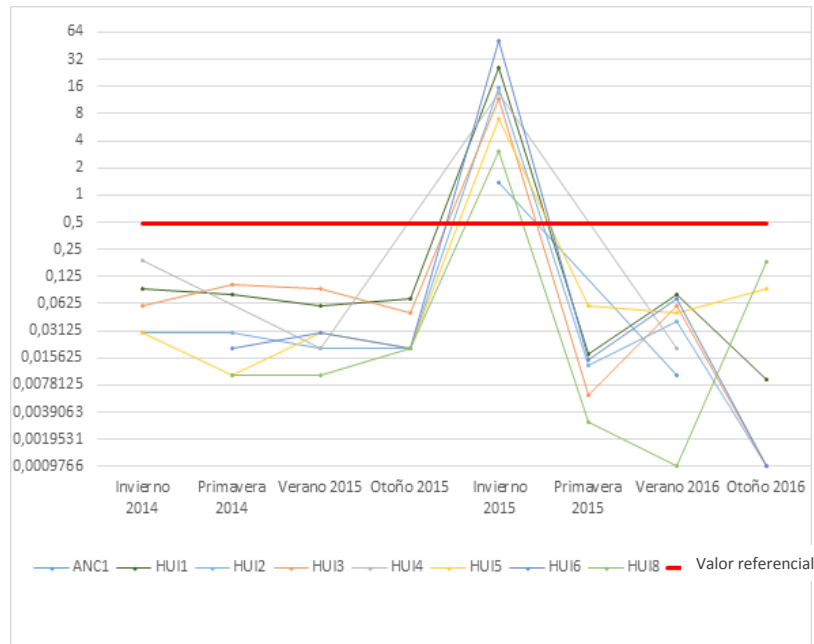
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3079                          |          | 960       | 51,5         | < 0,05    | 3,5    | < 1   | 16,3  | 10          | 105   |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 11055                         |          | 1496      | 0,015        | 0,2       | 23     | 0     | 19    | 39          | 125   |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 28594                         |          | 2550      | 0,07         | 2,8       | 24,5   | 1,75  | 82,8  | 74,8        | 419,2 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 15722                         |          | 2700      | <0,001       | 4         | 14     | < 1   | 29,6  | 42,3        | 128   |            |
|                       | HUI-8                | Invierno 2014  | 8165                          | 3089     | 653       | 0,01         | 111,1     | 9,6    | <1    | 8     | 15          | 143   |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 6687                          | 4165     | 1149      | 0,01         | 0,2       | 16,9   | < 1   | 9     | 20          | 42,7  |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 6687                          | 4165     | 1149      | 0,01         | 0,2       | 16,9   | < 1   | 9     | 20          | 42,7  |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 2797                          | 3234     | 1105      | 0,02         | 4,4       | 9,9    | 2     | 6,3   | 7           | 31    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 1503                          |          | 2344      | 3,1          | < 0,05    | 6,2    | < 1   | 3,3   | 4           | 19    |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 6086                          |          | 1983      | 0,003        | 0         | 23     | 0     | 9,8   | 12          | 41    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 13593                         |          | 2016      | <0,001       | 0,19      | 39,2   | < 1   | 30,1  | 23          | 127,9 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 20088                         |          | 15,38     | 0,18         | 0,99      | 6,94   | < 1   | 21,4  | 23,8        | 82,2  |            |
| Q. El Ancho           | ANC-1                | Invierno 2014  | 4.633                         | 1.431    | 546       | < 0,02       | 1,0       | 5,6    | < 1   | 15,4  | 15          | 20,5  |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 7046                          | 2489     | 888       | 0,01         | 0,4       | 13,5   | 5     | 11,4  | 26          | 31,8  |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 830                           |          | 177       | 1,4          | < 0,05    | 3,8    | < 1   | 4,4   | 3           | 11    |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 6801                          |          | 2877      | <0,01        | < 0,05    | 14,2   | 0,1   | 21,1  | 13,4        | 29,4  |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

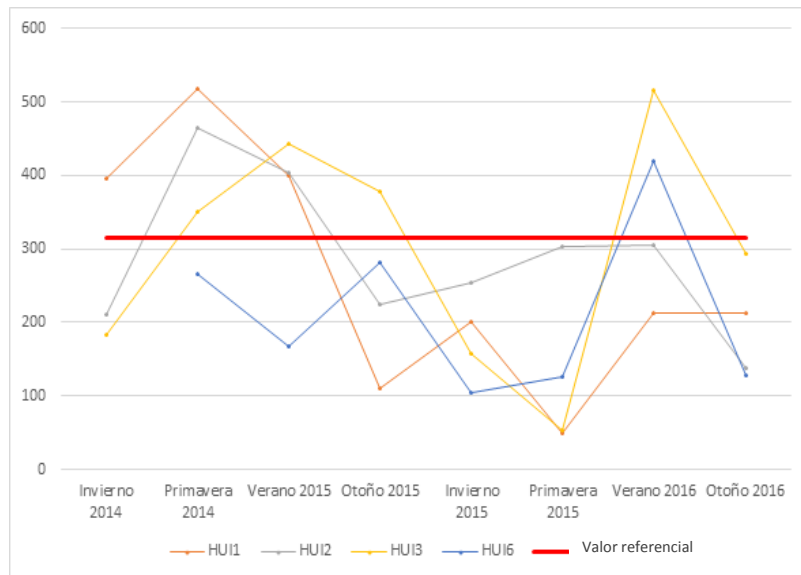
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

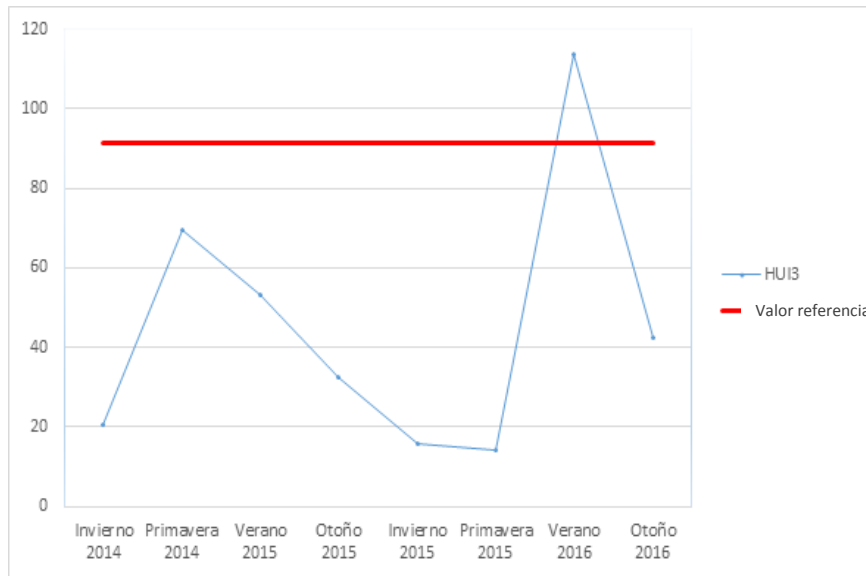
**Figura 3.4-118. Mercurio mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-119. Zinc mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



**Figura 3.4-120. Plomo mg/kg Área Mina, sector Quebrada Huinquentipa.**



Los compuestos orgánicos en sedimentos, muestran valores frecuentemente bajo el límite de detección, observándose algunas variaciones entre campañas. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total en prácticamente todas de muestreo, salvo HUI-1 y HUI-3.

**Tabla 3.4-61. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |      |
|----------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                      |                      | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota</b> |                      | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
| Q. Huinquentipa      | HUI-1                | Invierno 2014                | 0,51                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 0                       | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | 0,2                     | < 50                | <50  |
|                      |                      | Otoño 2015                   | 3,96                    | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Invierno 2015                | < 0,01                  | < 0,1               | 5    |
|                      |                      | Primavera 2015               | < 0,01                  | 0                   | 31   |
|                      |                      | Verano 2016                  | <0,5                    | < 0,1               | <10  |
|                      |                      | Otoño 2016                   | < 0,01                  | < 0,1               | <10  |
|                      | HUI-2                | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Primavera 2014               | 0,21                    | <0,1                | <50  |
|                      |                      | Verano 2015                  | 0,11                    | < 50                | <50  |
|                      |                      | Otoño 2015                   | < 0,01                  | < 0,1               | < 50 |
|                      |                      | Invierno 2015                | 31700                   | < 0,1               | 8    |
|                      |                      | Primavera 2015               | < 0,01                  | 0                   | 3    |
| Verano 2016          | 1,44                 | < 0,1                        | <10                     |                     |      |



| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |                | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| <b>Peligro biota</b> |                      |                | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |
|                      | HUI-3                | Invierno 2014  | 1,96                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 0,23                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 4,33                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | < 0,1                   | 11                  |
|                      |                      | Primavera 2015 | < 0,01                       | 0                       | 7                   |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |
|                      | HUI-4                | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015    | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Invierno 2015  | 36600                        | < 0,1                   | 7                   |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      | HUI-5                | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 1,19                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | 0,13                         | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 4,33                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | 38300                        | 0,23                    | 20                  |
|                      |                      | Primavera 2015 | < 0,01                       | 0                       | 6                   |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |
|                      | HUI-6                | Verano 2015    | 0,11                         | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 0,9                          | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | 35700                        | < 0,1                   | 21                  |
|                      |                      | Primavera 2015 | 8600                         | 0                       | 18                  |
|                      |                      | Verano 2016    | 0,86                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |
|                      | HUI-8                | Primavera 2014 | 0,55                         | 0,2                     | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 1,19                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | 49900                        | < 0,1                   | 17                  |
| Primavera 2015       |                      | < 0,01         | 0                            | 21                      |                     |
| Verano 2016          |                      | <0,5           | < 0,1                        | <10                     |                     |
| Otoño 2016           |                      | < 0,01         | < 0,1                        | <10                     |                     |
| Q. El Ancho          | ANC-1                | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015    | 0,97                         | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Invierno 2015  | 42900                        | 0,21                    | 34                  |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Los análisis de granulometría indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, una fracción menor de arena fina, con alguna fracción de Limo grueso en casi todas las estaciones de muestreo salvo la estación HUIN-6.

**Tabla 3.4-62. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Quebrada Huinquentipa.**

| Sistema acuático   | Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |             |       |       |
|--------------------|----------|---------------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                    |          |                     | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       | Limo grueso |       |       |
|                    |          | Unidad medida       | % Retención             |       |       |            |       |       |             |       |       |
|                    |          | Apertura Malla (mm) | 2                       | 1     | 0,5   | 0,25       | 0,125 | 0,088 | 0,074       | 0,063 | 0,044 |
| Q.<br>Huinquentipa | HUI-1    | Invierno 2014       | 1,44                    | 1,63  | 3     | 3,63       | 10,86 | -     | -           | -     | 12,68 |
|                    |          | Primavera 2014      | 15,54                   | 3,76  | 3,17  | 2,93       | 15,69 | -     | -           | -     | 2,4   |
|                    |          | Verano 2015         | 65,74                   | 5,7   | 3,75  | 7,18       | 7,07  | -     | -           | -     | 3,79  |
|                    |          | Otoño 2015          | 38,43                   | 22,07 | 12,54 | 8,32       | 10,76 | -     | -           | -     | 6,95  |
|                    |          | Invierno 2015       | 39,12                   | 20,8  | 13,09 | 12,14      | 6,89  |       |             | 4,54  |       |
|                    |          | Primavera 2015      | 13,29                   | 12,34 | 12,79 | 7,67       | 14,96 |       |             | 1,75  |       |
|                    |          | Verano 2016         | 0,11                    | 0,46  | 4,37  | 20,44      | 26,53 |       |             | 14,78 |       |
|                    |          | Otoño 2016          | 21,71                   | 11,02 | 12,9  | 13,17      | 14,73 |       |             | 9,53  |       |
|                    | HUI-2    | Invierno 2014       | 37,26                   | 16,51 | 11,68 | 6,78       | 10,61 | -     | -           | -     | 6,01  |
|                    |          | Primavera 2014      | 30,98                   | 17,99 | 15,88 | 9,88       | 13,7  | -     | -           | -     | 1,29  |
|                    |          | Verano 2015         | 42,34                   | 15,97 | 10,45 | 5,73       | 7,44  | -     | -           | -     | 5,56  |
|                    |          | Otoño 2015          | 43,42                   | 16,44 | 14,8  | 8,55       | 6,14  | -     | -           | -     | 2,37  |
|                    |          | Invierno 2015       | 50                      | 18,43 | 12,97 | 9,92       | 4,51  |       |             | 3,17  |       |
|                    |          | Primavera 2015      | 25,76                   | 35,55 | 23,86 | 7,32       | 3,03  |       |             | 1,13  |       |
|                    |          | Verano 2016         | 32,2                    | 7,21  | 9,45  | 8,66       | 9,79  |       |             | 7,41  |       |
|                    |          | Otoño 2016          | 75,28                   | 11,45 | 5,51  | 3,44       | 2,19  |       |             | 1,35  |       |
|                    | HUI-3    | Invierno 2014       | 29,68                   | 14,43 | 12,22 | 7,71       | 9,64  | -     | -           | -     | 4,21  |
|                    |          | Primavera 2014      | 45,24                   | 9,52  | 8,74  | 9,38       | 4,9   | -     | -           | -     | 2,38  |
|                    |          | Verano 2015         | 1,93                    | 13,51 | 20,46 | 13,17      | 25,1  |       |             |       | 14,09 |
|                    |          | Otoño 2015          | 42,1                    | 26,76 | 9,72  | 5,3        | 3,47  |       |             |       | 3,92  |
|                    |          | Invierno 2015       | 60,4                    | 17,86 | 10,68 | 5,31       | 2,93  |       |             | 1,84  |       |
|                    |          | Primavera 2015      | 47,07                   | 9,25  | 5,76  | 6,11       | 6,13  |       |             | 1,81  |       |
|                    |          | Verano 2016         | 2,43                    | 1,34  | 4,55  | 4,01       | 8,62  |       |             | 10,58 |       |
|                    |          | Otoño 2016          | 13,09                   | 7,96  | 9,13  | 11,42      | 7,83  |       |             | 6,19  |       |
|                    | HUI-4    | Invierno 2014       | 29,5                    | 17,56 | 17,4  | 10,27      | 11,48 | -     | -           | -     | 7,76  |
|                    |          | Verano 2015         | 26,51                   | 18,63 | 17,98 | 18,72      | 15,21 |       |             |       | 2,7   |
|                    |          | Invierno 2015       | 2,22                    | 2,17  | 2,78  | 10,49      | 36,01 |       |             | 25,15 |       |
|                    |          | Verano 2016         | 42                      | 15,54 | 15,18 | 10,24      | 6,77  |       |             | 5,66  |       |

| Sistema acuático | Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |       |             |       |  |
|------------------|----------|---------------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|--|
|                  |          |                     | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |       |  |
|                  |          | Unidad medida       | % Retención             |       |       |            |       |       |       |             |       |  |
|                  |          | Apertura Malla (mm) | 2                       | 1     | 0,5   | 0,25       | 0,125 | 0,088 | 0,074 | 0,063       | 0,044 |  |
|                  | HUI-5    | Invierno 2014       | 0,53                    | 1,15  | 3,96  | 10,08      | 28,19 | -     | -     | -           | 24,58 |  |
|                  |          | Primavera 2014      | 0,44                    | 1,23  | 1,69  | 2,27       | 5,58  |       |       |             | 15,19 |  |
|                  |          | Verano 2015         | 32,43                   | 18,82 | 18,08 | 13,78      | 12,1  |       |       |             | 4,56  |  |
|                  |          | Otoño 2015          | 21,03                   | 16,82 | 19,53 | 19,71      | 19,9  |       |       |             | 1,78  |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 28,84                   | 15,46 | 16,73 | 16,64      | 19,37 |       |       | 2,03        |       |  |
|                  |          | Primavera 2015      | 6,48                    | 6,29  | 10,47 | 13,41      | 17,89 |       |       | 19,6        |       |  |
|                  |          | Verano 2016         | 1,06                    | 1,12  | 2,73  | 6,31       | 11,74 |       |       | 15,66       |       |  |
|                  |          | Otoño 2016          | 0,03                    | 0,31  | 0,75  | 19,81      | 28,74 |       |       | 25,06       |       |  |
|                  | HUI-6    | Primavera 2014      | 24,28                   | 22,94 | 23,24 | 12,55      | 4,15  |       |       |             | 2,15  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 33,95                   | 20,62 | 26,81 | 12,5       | 4,51  |       |       |             | 1,35  |  |
|                  |          | Otoño 2015          | 2,87                    | 2,53  | 5,85  | 16,25      | 29,47 |       |       |             | 40,07 |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 21,61                   | 11,58 | 15,46 | 16,14      | 17,25 |       |       | 12,99       |       |  |
|                  |          | Primavera 2015      | 35,17                   | 21,44 | 13,93 | 8,42       | 3,17  |       |       | 1,52        |       |  |
|                  |          | Verano 2016         | 5,41                    | 6,83  | 15,91 | 14,37      | 8,24  |       |       | 6,24        |       |  |
|                  |          | Otoño 2016          | 47,15                   | 6,99  | 4,8   | 3,29       | 2,16  |       |       | 1,75        |       |  |
|                  | HUI-8    | Invierno 2014       | 63,08                   | 11,18 | 9,78  | 7,51       | 2,85  |       |       |             | 0,86  |  |
|                  |          | Primavera 2014      | 10,98                   | 31,99 | 34,7  | 17,11      | 38,76 |       |       |             | 1,47  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 10,98                   | 31,99 | 34,7  | 17,11      | 38,76 |       |       |             | 1,47  |  |
|                  |          | Otoño 2015          | 58,3                    | 19,68 | 13,89 | 5,72       | 2,13  |       |       |             | 0,3   |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 42,85                   | 18,08 | 12,43 | 12,67      | 9,06  |       |       | 3,43        |       |  |
|                  |          | Primavera 2015      | 23,31                   | 23,31 | 20,82 | 15,98      | 10,94 |       |       | 3,37        |       |  |
| Verano 2016      |          | 3,02                | 7,81                    | 31,53 | 37,1  | 10,5       |       |       | 4,69  |             |       |  |
| Otoño 2016       |          | 32,34               | 10,33                   | 8,98  | 8,48  | 5,88       |       |       | 6,78  |             |       |  |
| Q. El Ancho      | ANC-1    | Invierno 2014       | 23,45                   | 16,33 | 20,06 | 18,53      | 13,45 | -     | -     | -           | 3,63  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 32,17                   | 23,57 | 24,21 | 14,97      | 4,37  |       |       |             | 0,6   |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 44,94                   | 15,71 | 16,33 | 17,07      | 4,75  |       |       | 0,86        |       |  |
|                  |          | Verano 2016         | 31,71                   | 26,54 | 23,15 | 13,05      | 3,96  |       |       | 1,35        |       |  |

Fuente: Elaboración Propia.

f.12) Biota acuática

- Anfibios

En este sector solo se encontraron individuos correspondientes al género *Telmatobius*.

**Tabla 3.4-63. Abundancia de larvas de especies de anfibios.**

| Sistema acuático      | Estación | Campaña        | Anfibios /600 m <sup>2</sup> |          |            |         |
|-----------------------|----------|----------------|------------------------------|----------|------------|---------|
|                       |          |                | <i>Telmatobius</i> sp        | rhinella | Abundancia | Riqueza |
| Quebrada Huinquentipa | HUIN-5   | Invierno 2015  | 6                            |          | 6          | 1       |
|                       |          | Primavera 2015 | 8                            |          | 8          | 1       |
|                       | HUIN-8   | Otoño 2016     |                              | 10       | 10         | 1       |

Fuente: Elaboración Propia.

- Macrófitas

De las especies de macrófitas encontradas en el sector, la más ampliamente distribuida corresponde a *Ranunculus uniflorus*, la que estuvo presente en casi todas las estaciones del sector. Las mayores coberturas se encontraron en HUIN-5, durante las campañas de invierno y primavera.

**Tabla 3.4-64. Cobertura (%) de especies de macrófitas. Área Mina**

| Estación | Campaña        | <i>Mimulus</i> sp | Briófita | <i>Lilaeopsis</i> | <i>Ranunculus</i> <i>uniflorus</i> | <i>Lemna</i> sp | <i>Myriophyllum</i> | Abundancia | Riqueza |
|----------|----------------|-------------------|----------|-------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|------------|---------|
| HUIN 2   | Primavera 2014 |                   |          |                   | 5                                  |                 |                     | 5          | 1       |
|          | Verano 2015    |                   |          |                   | 5                                  |                 |                     | 5          | 1       |
|          | Otoño 2015     |                   |          |                   | 5                                  |                 |                     | 5          | 1       |
|          | Invierno 2015  |                   |          |                   | p                                  |                 |                     | 5          | 1       |
|          | Verano 2016    |                   |          |                   | 30                                 |                 |                     | 30         | 1       |
|          | Otoño 2016     |                   |          |                   | 5                                  |                 |                     | 5          | 1       |
| HUIN 3   | Primavera 2014 |                   |          |                   | 5                                  |                 |                     | 5          | 1       |
|          | Verano 2015    |                   |          |                   | p                                  |                 |                     | 5          | 1       |
|          | Otoño 2015     |                   |          |                   | 15                                 |                 |                     | 15         | 1       |
|          | Invierno 2015  |                   |          |                   | 10                                 |                 |                     | 10         | 1       |

| Estación | Campaña        | Mimulus sp | Briofita | Lilaeopsis | Ranunculus uniflorus | Lemna sp | Myriophyllum | Abundancia | Riqueza |
|----------|----------------|------------|----------|------------|----------------------|----------|--------------|------------|---------|
|          | Primavera 2015 |            |          |            | 30                   |          |              | 30         | 1       |
|          | Verano 2016    |            |          |            | 50                   |          |              | 50         | 1       |
|          | Otoño 2016     |            |          |            | 8                    |          |              |            |         |
| HUIN 5   | Invierno 2014  | 70         |          |            |                      |          |              | 70         | 1       |
|          | Primavera 2014 | 60         |          |            | p                    |          |              | 65         | 2       |
|          | Verano 2015    | p          |          | p          | p                    | p        |              | 20         | 4       |
|          | Otoño 2015     | 10         |          |            | 10                   |          |              | 20         | 2       |
|          | Invierno 2015  | 20         |          | 10         | 10                   |          |              | 40         | 3       |
|          | Primavera 2015 | 50         | p        | p          | 20                   | p        | p            | 90         | 6       |
|          | Verano 2016    | 20         |          |            | 5                    |          |              | 25         | 2       |
|          | Otoño 2016     | 40         |          |            | 20                   |          |              | 60         | 2       |
| HUIN 6   | Invierno 2014  |            | P        |            |                      |          |              | 5          | 1       |
|          | Primavera 2014 |            | p        |            |                      |          |              | 5          | 1       |
|          | Otoño 2015     |            | p        |            |                      |          |              | 5          | 1       |
|          | Invierno 2015  |            | p        |            |                      |          |              | 5          | 1       |
|          | Verano 2016    |            | p        |            | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Otoño 2016     |            | p        |            | p                    |          |              | 10         | 2       |
| HUIN 7   | Primavera 2014 |            |          | p          | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Verano 2015    |            |          | p          |                      |          |              | 5          | 1       |
|          | Otoño 2015     |            |          | p          | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Invierno 2015  |            | p        |            | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Primavera 2015 |            | p        |            | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Verano 2016    |            | p        |            | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Otoño 2016     |            | p        | p          | p                    |          |              | 15         | 3       |
| HUIN 8   | Primavera 2014 |            |          |            | 20                   |          |              | 20         | 1       |
|          | Verano 2015    |            |          | p          | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Otoño 2015     |            |          | p          | p                    |          |              | 10         | 2       |
|          | Invierno 2015  |            |          |            | p                    |          |              | 5          | 1       |

| Estación | Campaña        | Mimulus sp | Briofita | Lilaeopsis | Ranunculus uniflorus | Lemna sp | Myriophyllum | Abundancia | Riqueza |
|----------|----------------|------------|----------|------------|----------------------|----------|--------------|------------|---------|
|          | Primavera 2015 |            |          |            | 20                   |          |              | 20         | 1       |
|          | Verano 2016    |            |          |            | p                    |          |              | 5          | 1       |
|          | Otoño 2016     |            |          | p          | p                    |          |              | 10         | 2       |

Fuente: Elaboración Propia.

- Fitobentos

Esta comunidad mostró en general una mayor abundancia en las estaciones HUIN-1 y HUIN-3, las estaciones HUIN-6 y HUIN-8 mostraron valores puntuales particularmente altos.

La riqueza tuvo variaciones entre las campañas, destacando HUIN-5 durante invierno donde se registraron 25 taxa.

La diversidad registrada en general fue mayor entre las estaciones HUI-1 y HUI-6, con registros algo menores en HUI-7 y HUI-8.

El análisis ANOSIM mostró diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones de muestreo (R:0,365; p: 0,001), el análisis pareado *a posteriori* no permitió distinguir entre los integrantes de los siguientes pares de estaciones: HUI-3/HUI-1, HUI-1/HUI-4, HUI-2/HUI-4, HUI-3/HUI-4, HUI-5/HUI-8, HUI-5/HUI-4, HUI-6/HUI-7, HUI-6/HUI-4, HUI-7/HUI-8, HUI-7/HUI-4, HUI-8/HUI-4.

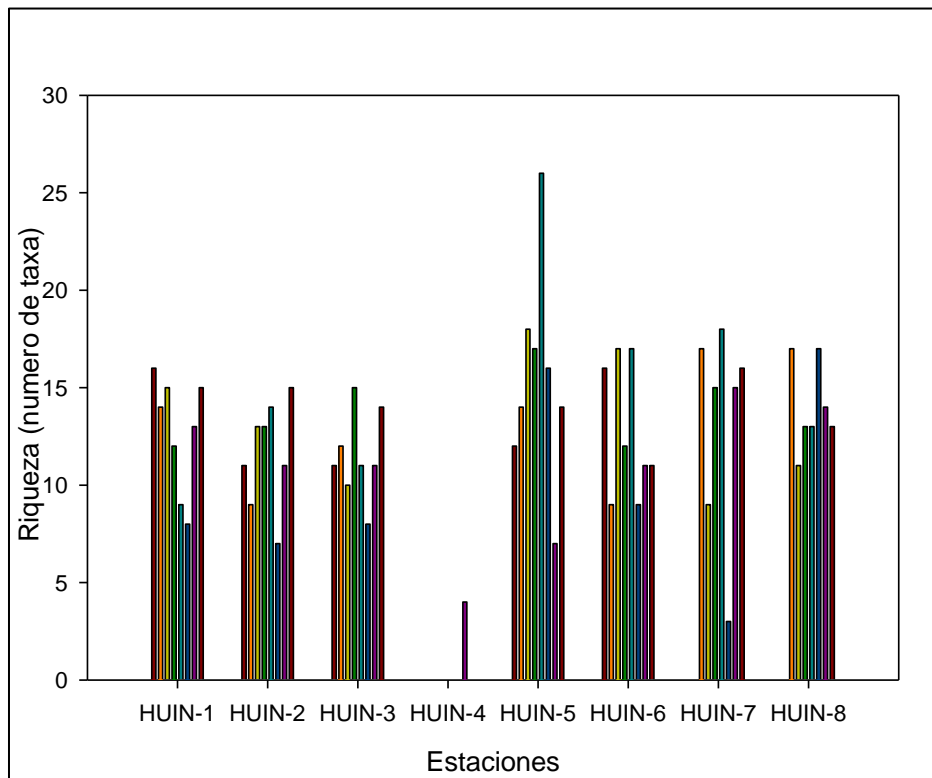
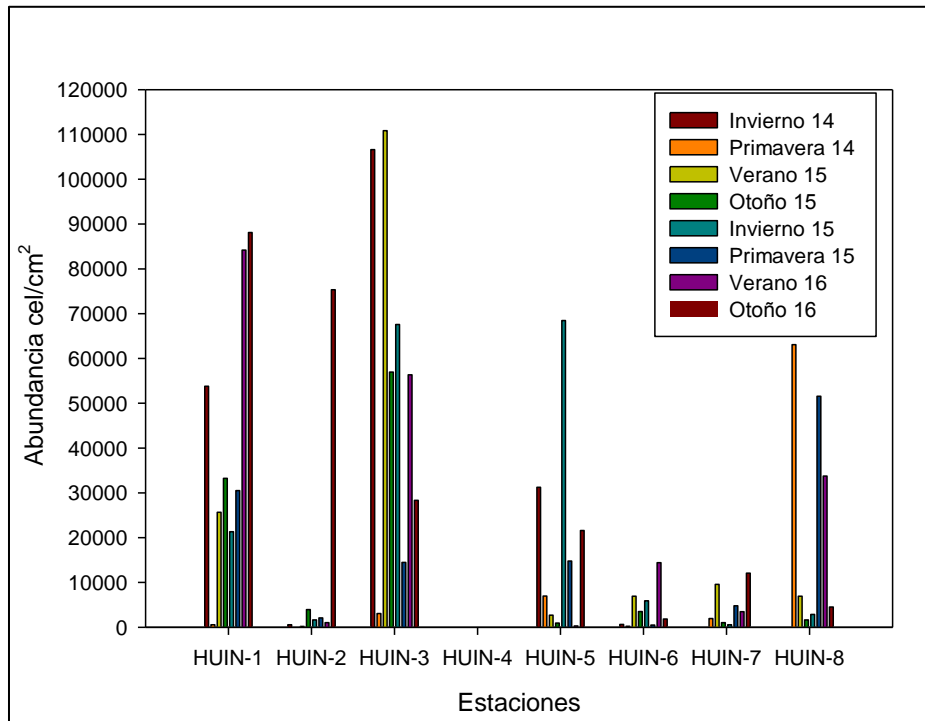
Para el análisis entre las temporadas de desarrollo de las campañas el análisis ANOSIM mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mismas (R: 0,043; p: 0,082), aunque el análisis pareado *a posteriori* identificó diferencias entre Primavera/Invierno.

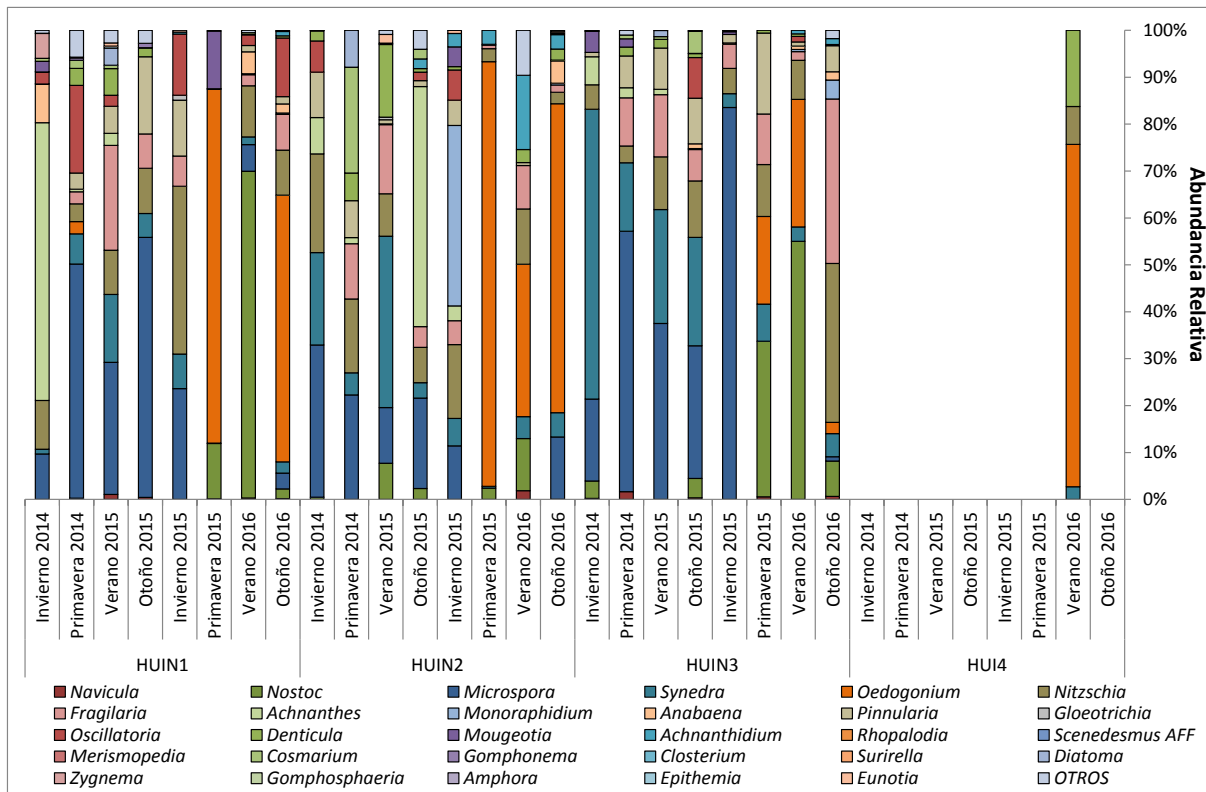
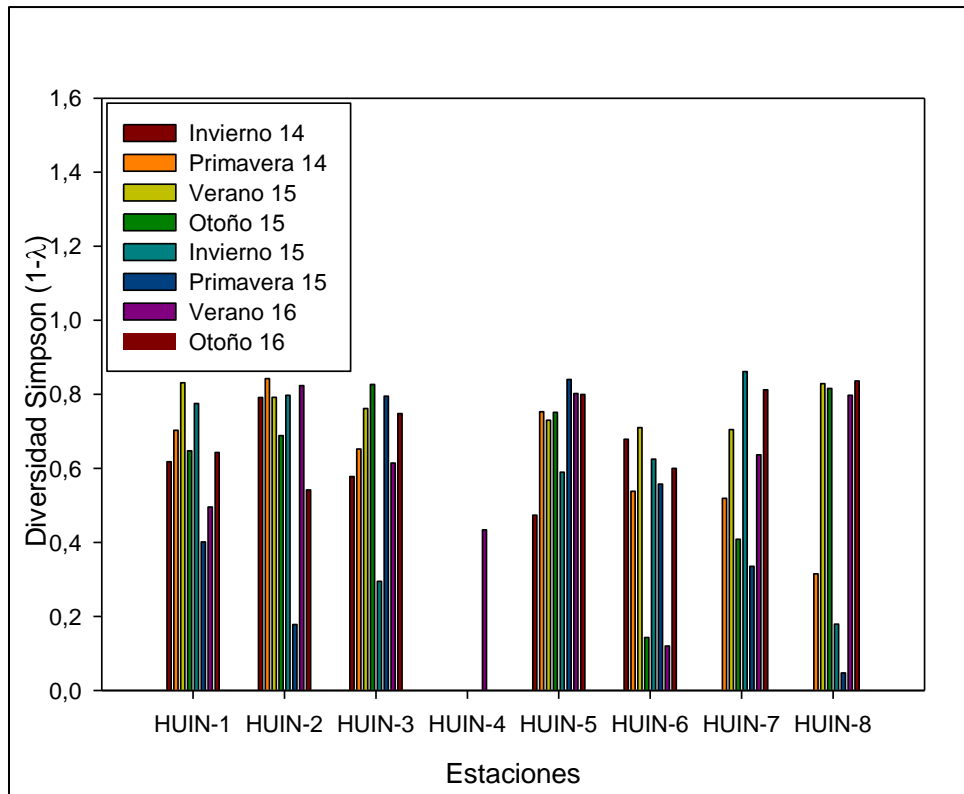
Debe considerarse que la estación HUI-4 solo tuvo agua durante una de las campañas, lo que explica que dicha estación protagonice a una buena parte de los pares de estaciones que no pueden ser diferenciados estadísticamente.

Los taxa más abundantes en el sector correspondieron a *Navícula* y *Nostoc*.

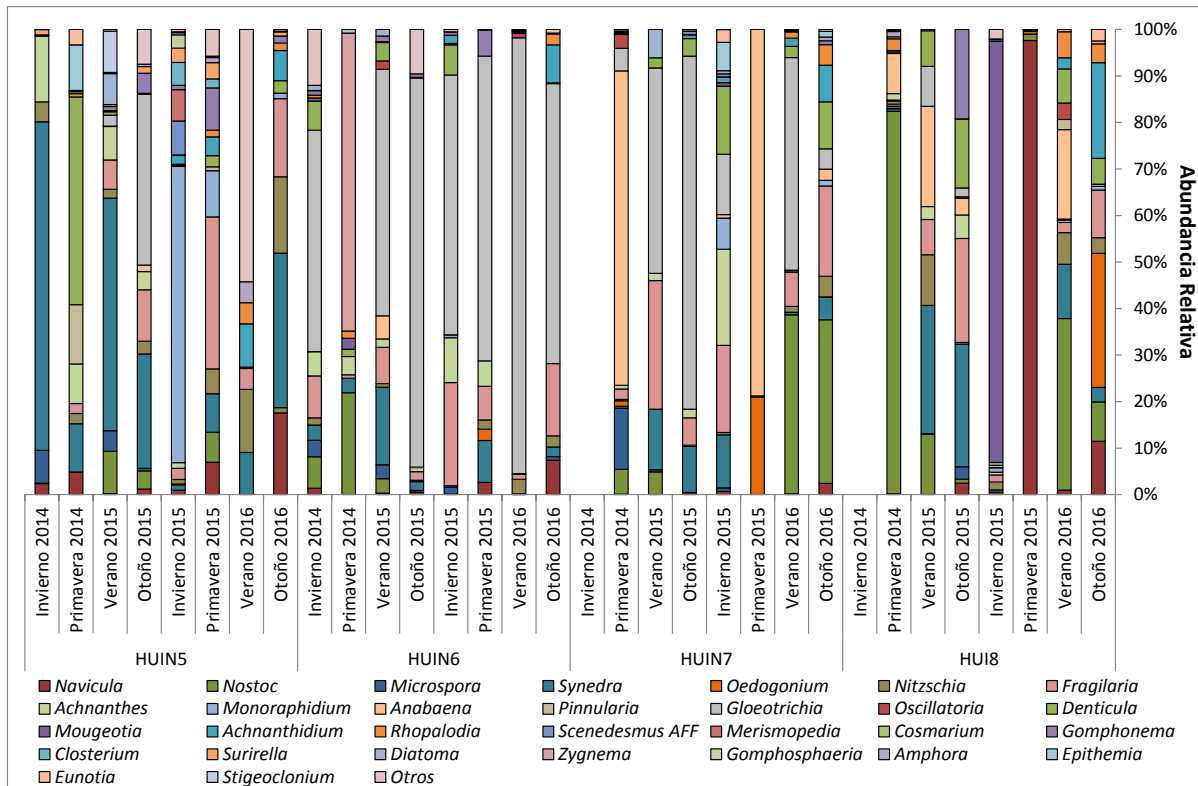
En las estaciones HUI-1, HUI-2 y HUI-3, la dominancia cambio de manera estacional entre *Microspora*, *Nostoc*, *Oedogonium* y *Achnantes*, en HUI-4 la dominancia correspondió a *Oedogonium*, en HUI-5 la dominancia cambia según la campaña y destacan *Synedra*, *Monoraphidium* y *Denticula*, en HUI-6 destaca la dominancia de *Gleotrichia*, en HUI-7 destacan *Anabaena* y *Gleotrichia* mientras que en HUI-8 destacan *Navícula*, y *Nostoc*.

**Figura 3.4-121. Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Huinquentipa.**









Fuente: Elaboración Propia

- Fitoplancton

La abundancia de fitoplancton en el sector, mostró valores particularmente altos en al menos una campaña para la mayoría de las estaciones con la excepción de HUI-6 que tuvo un comportamiento menos fluctuante.

La riqueza en general no bajó de los 10 taxa, aunque tuvo fluctuaciones con el cambio entre campañas.

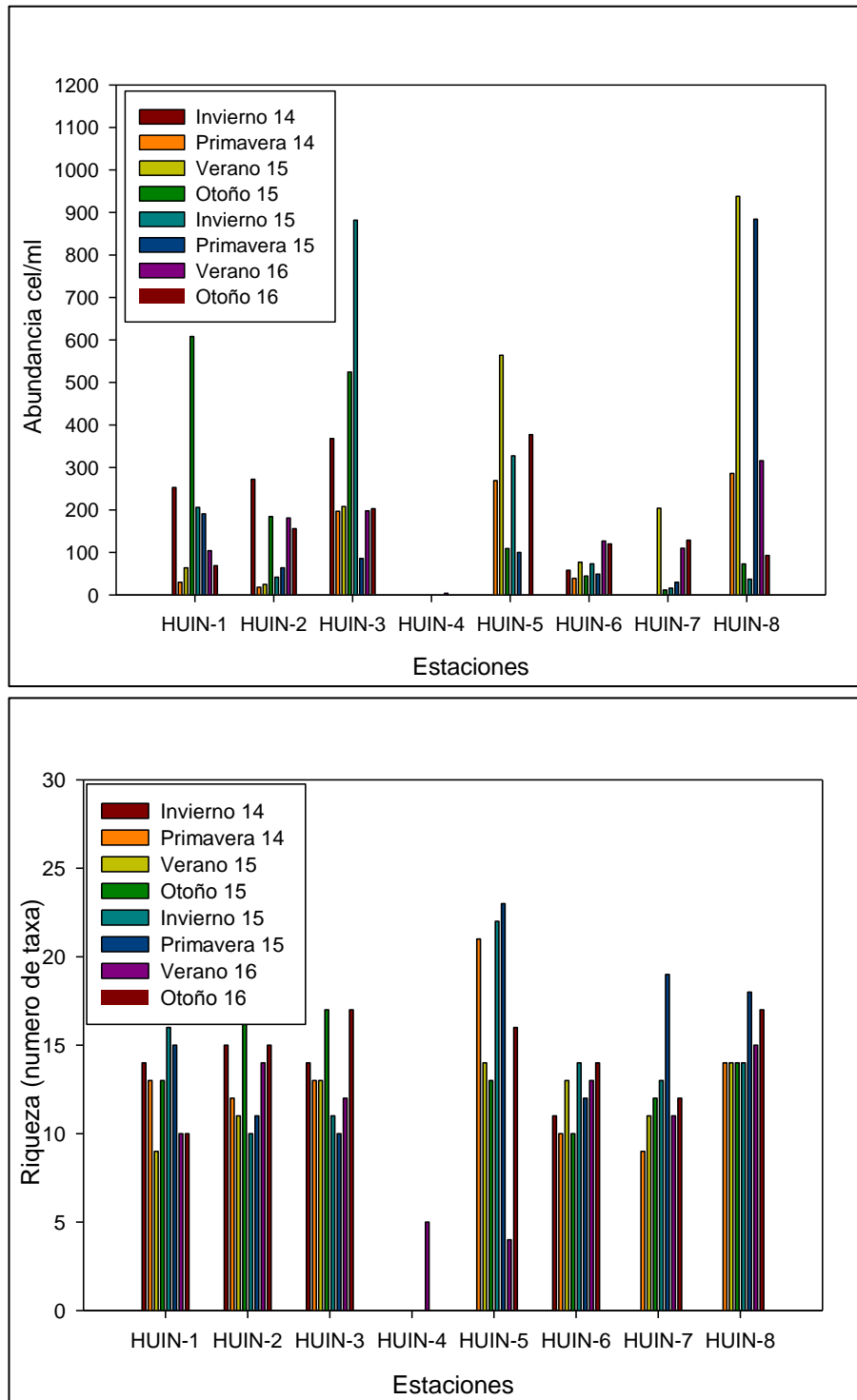
La diversidad tuvo cambios entre campañas aunque de manera diferente para cada estación.

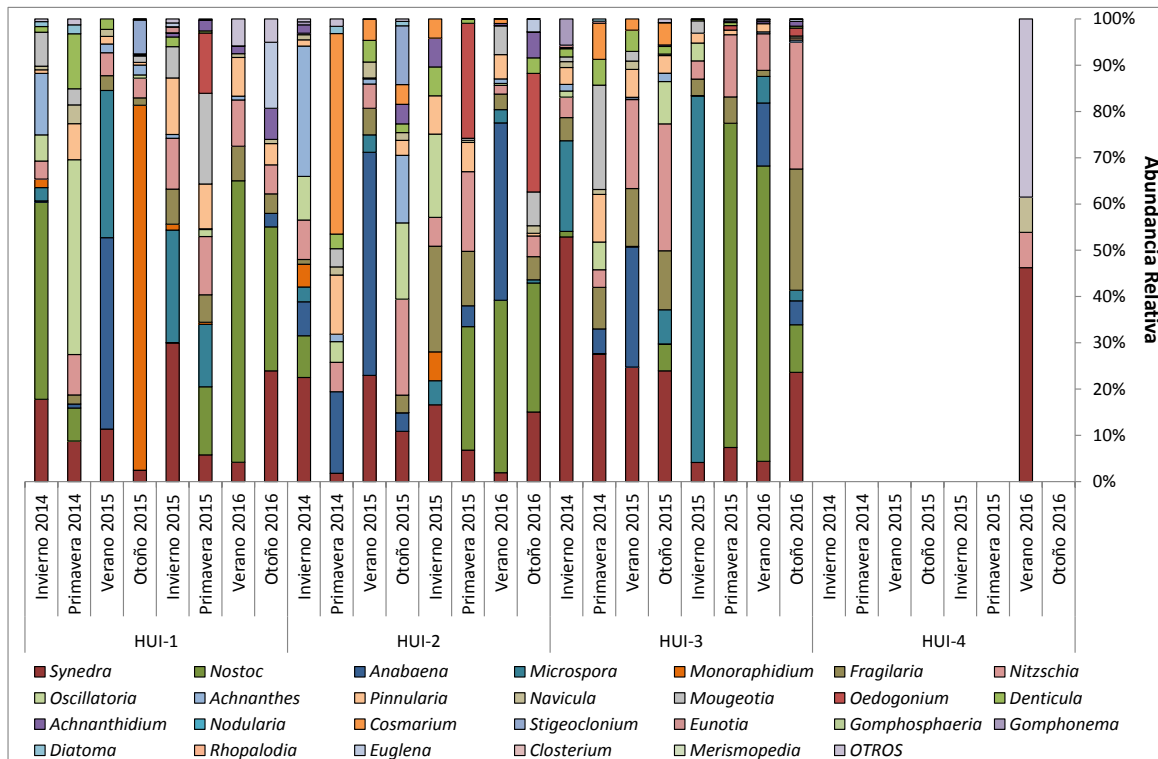
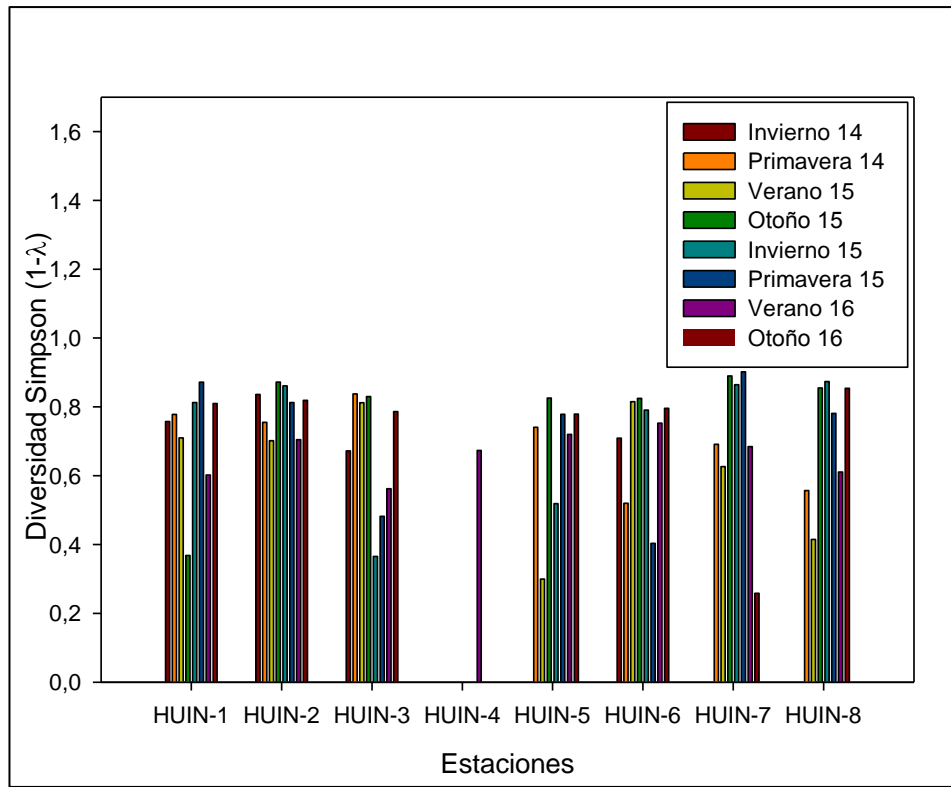
El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones de muestreo ( $R:0,204$ ;  $p:0,001$ ), el análisis a posteriori no pudo diferenciar estadísticamente entre los integrantes de los pares : HUI-1/HUI-2, HUI-1/HUI-3, HUI-1/HUI-8, HUI-2/HUI-3, HUI-2/HUI-6, HUI-2/HUI-8, HUI-5/HUI-7, HUI-5/HUI-8, HUI-5/HUI-4, HUI-6/HUI-7, HUI-6/HUI-8, HUI-7/HUI-8, HUI-7/HUI-4. Por otra parte el análisis ANOSIM mostró que existen diferencias entre las temporadas durante las que se desarrollaron las campañas ( $R: 0,062$ ;  $p: 0,01$ ), el análisis a posteriori mostró diferencias entre Primavera/Verano, Invierno/Verano y Primavera/Invierno.

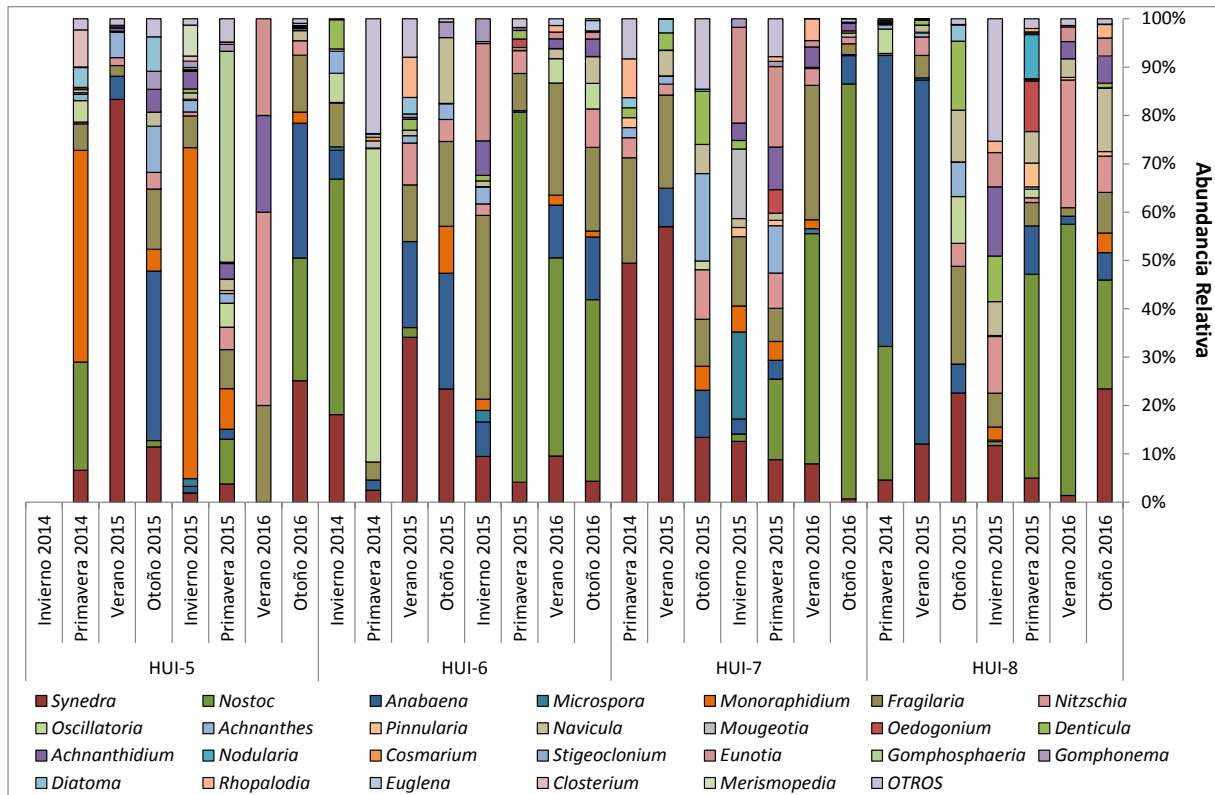
En el sector los taxa más abundantes correspondieron a *Synedra* y *Nostoc*.

- Quebrada Huinquentipa

**Figura 3.4-122. Variables comunitarias de fitoplancton en Huinquentipa.**







Fuente: Elaboración Propia.

- Zoobentos
  - Quebrada Huinquentipa

La abundancia de esta comunidad en el sector, mostró en al menos una campaña un valor particularmente alto en cada una de las estaciones.

En general, los mayores valores de riqueza de zoobentos se registraron entre las estaciones HUI-5 a HUI-8, la estación HUI-1 además de mostrar los registros más bajos mostró una menor variación entre los mismos.

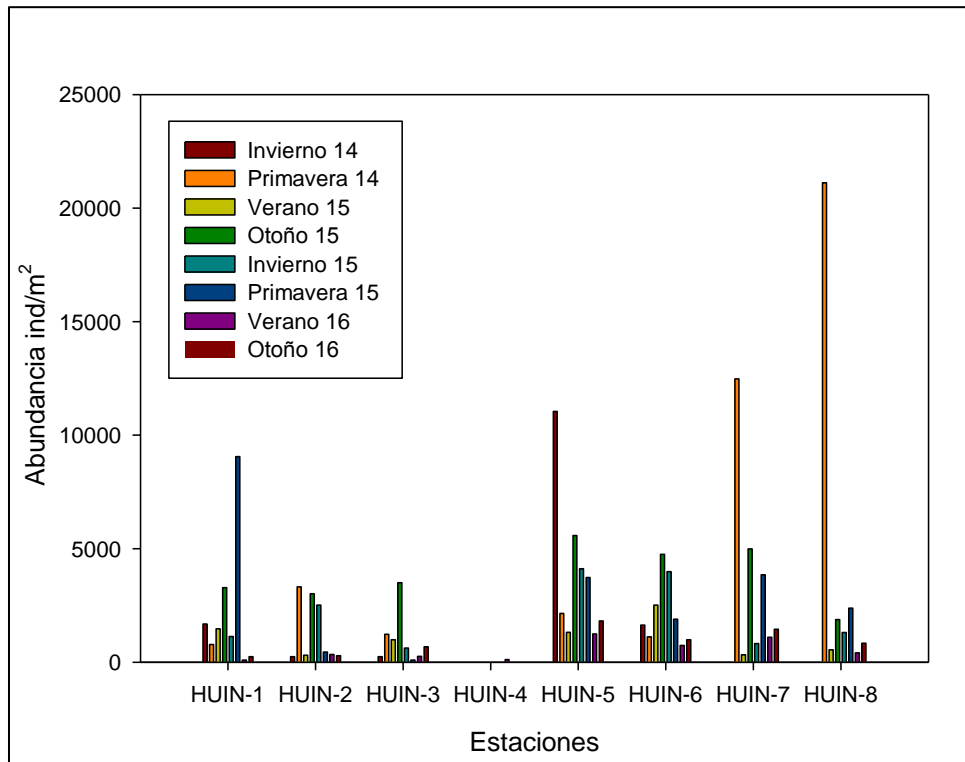
La diversidad mostró variaciones entre las diferentes campañas aunque de manera diferente para cada estación, en HUI-7 estas variaciones fueron menos marcadas.

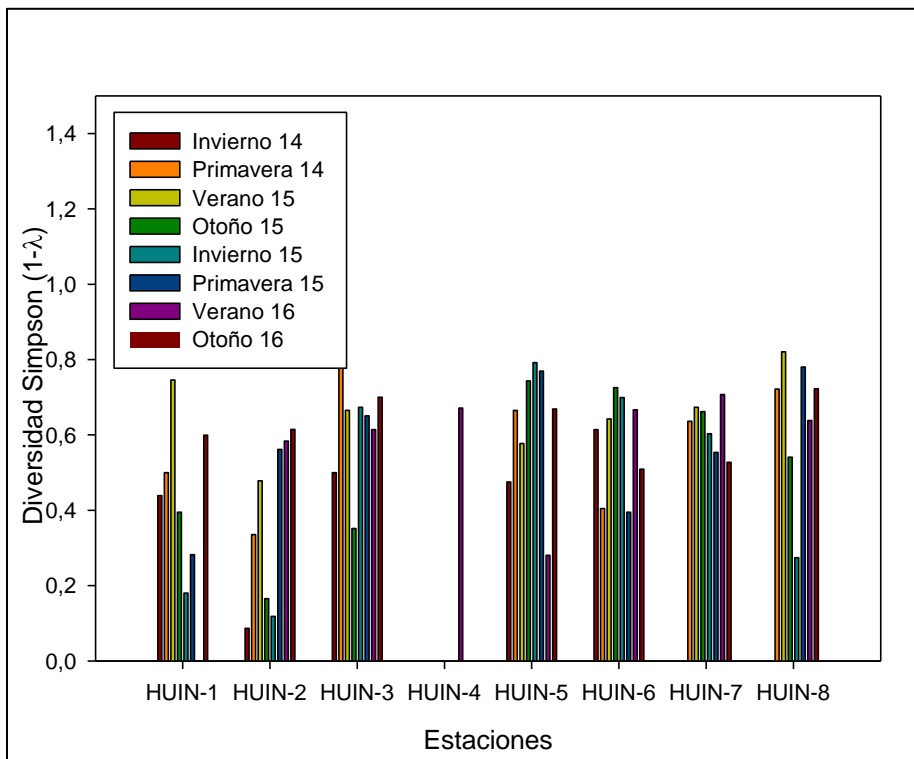
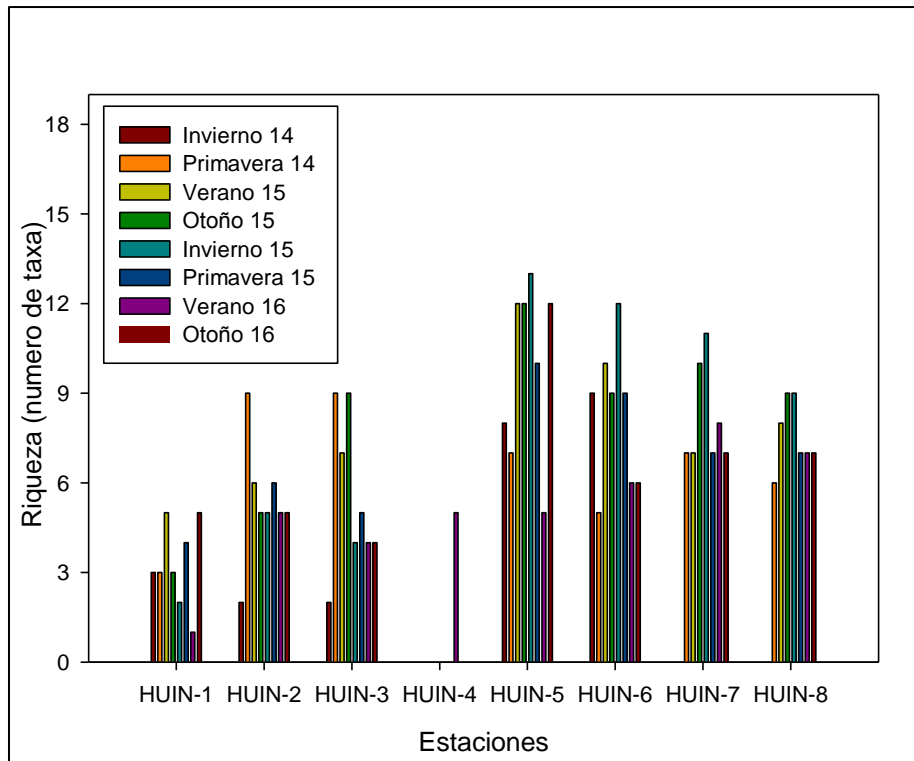
El análisis ANOSIM mostró diferencias entre las estaciones de muestreo (R: 0,437; p: 0,001), el análisis a posteriori no separa estadísticamente a los miembros de los pares HUI-1/HUI-2 HUI-1/HUI-4,, HUI-2/HUI-4, HUI-3/HUI-4, HUI-5/HUI-4, HUI-6/HUI-4, HUI-7/HUI-4, HUI-8/HUI-4,, HUI-7/HUI-8. Por otra parte al comparar mediante ANOSIM las campañas durante las que fueron realizadas las campañas se encontraron diferencias significativas entre las mismas (R: 0,0102; p: 0,004), el análisis a posteriori mostro diferencias entre Verano/Invierno, Primavera/Verano,, Invierno/Otoño.

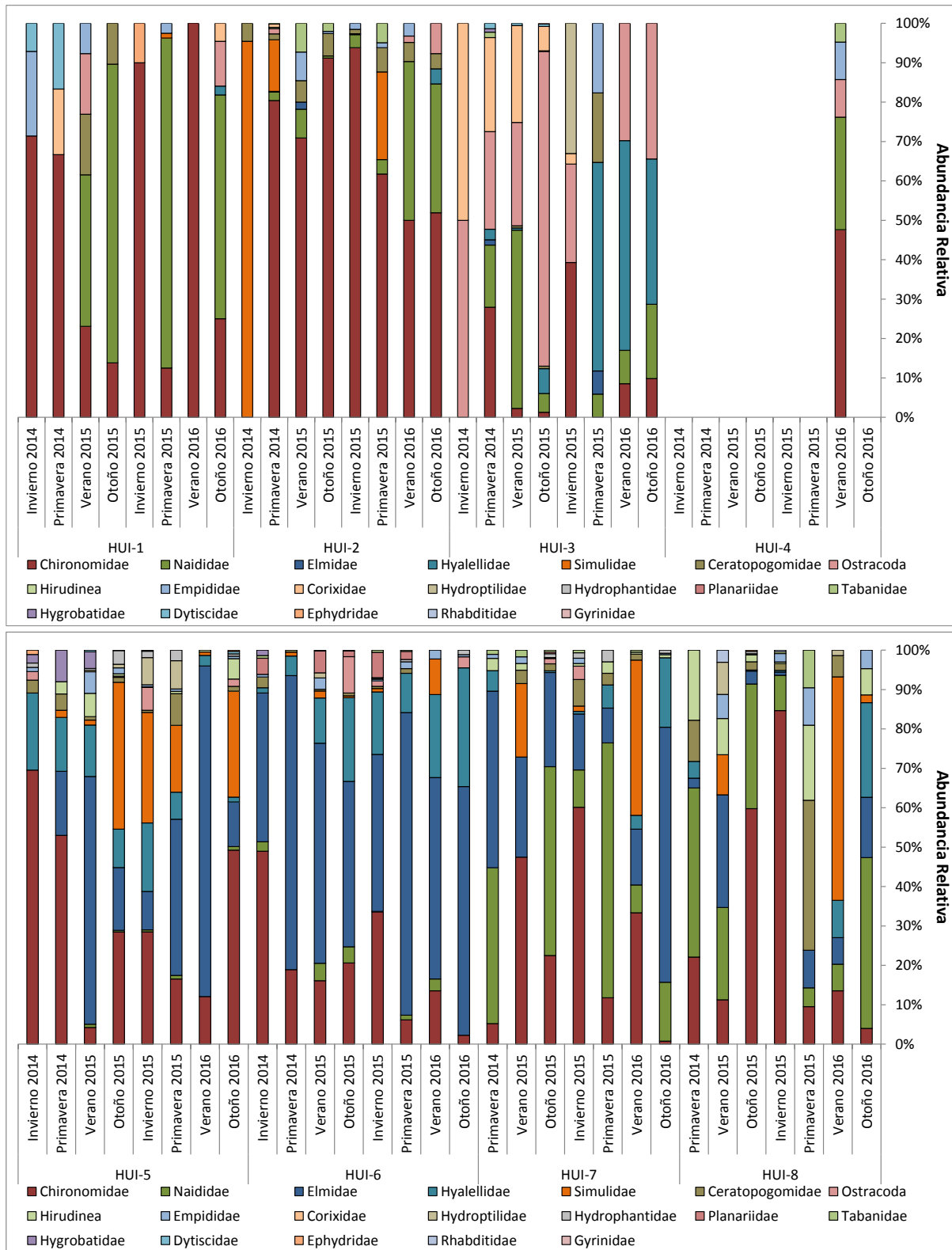
Los taxa más abundantes en el sector fueron Chironomidae y Naididae.

Para las estaciones HUI-1, HUI-2 y HUI-4, los taxa dominantes estuvieron entre Chironomidae y Naididae, en HUI-3 cobran importancia, Coryxidae, Hyalellidae y Ostracoda, las estaciones HUI-5 y HUI-6 fueron dominadas por Chironomidae y Elmidae, HUI-7 y HUI-8 fueron dominados por Naididae y Chironomidae, además simulidae cobró importancia durante verano de 2016.

**Figura 3.4-123. Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Huinquentipa.**







Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton
  - Quebrada Huinquintipa

Los valores de abundancia de zooplancton en general mostraron valores bajos, inferiores a los 20 ind/l sin embargo en las estaciones HUI-1 y HUI-3 se registraron valores hasta 20 veces mayores al señalado.

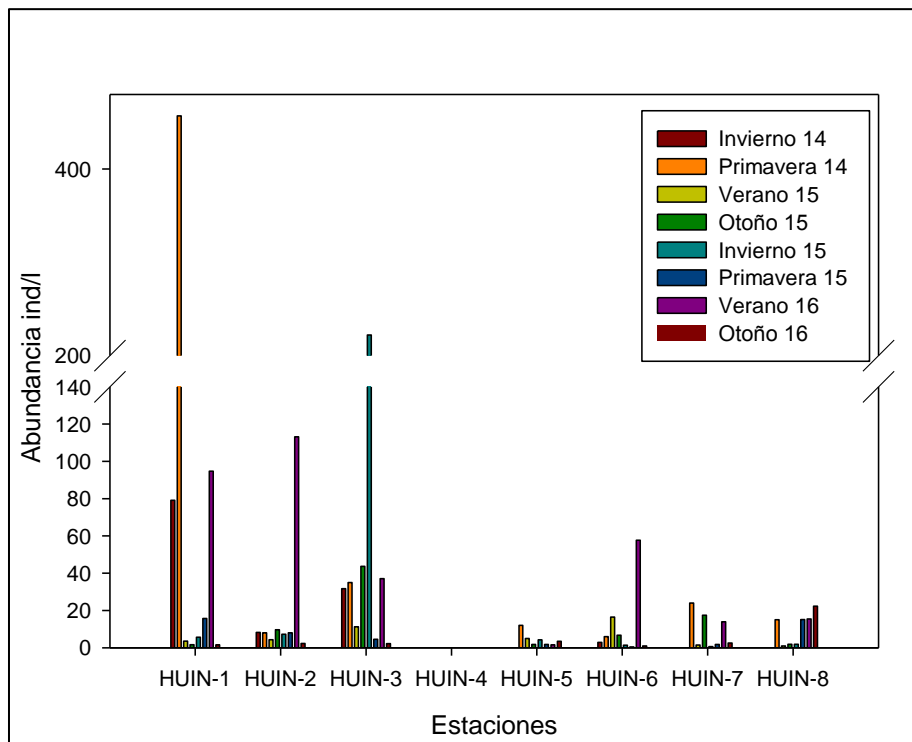
En general los mayores valores de riqueza fueron registrados durante las campañas de primavera o verano.

La diversidad cambió entra las diferentes campañas aunque de manera diversa para cada estación.

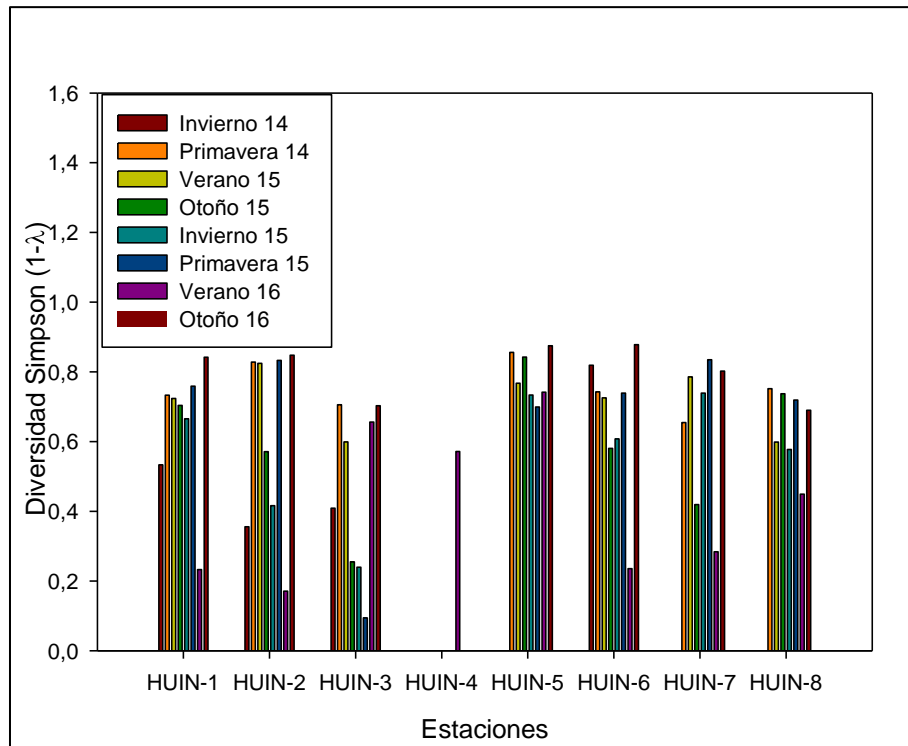
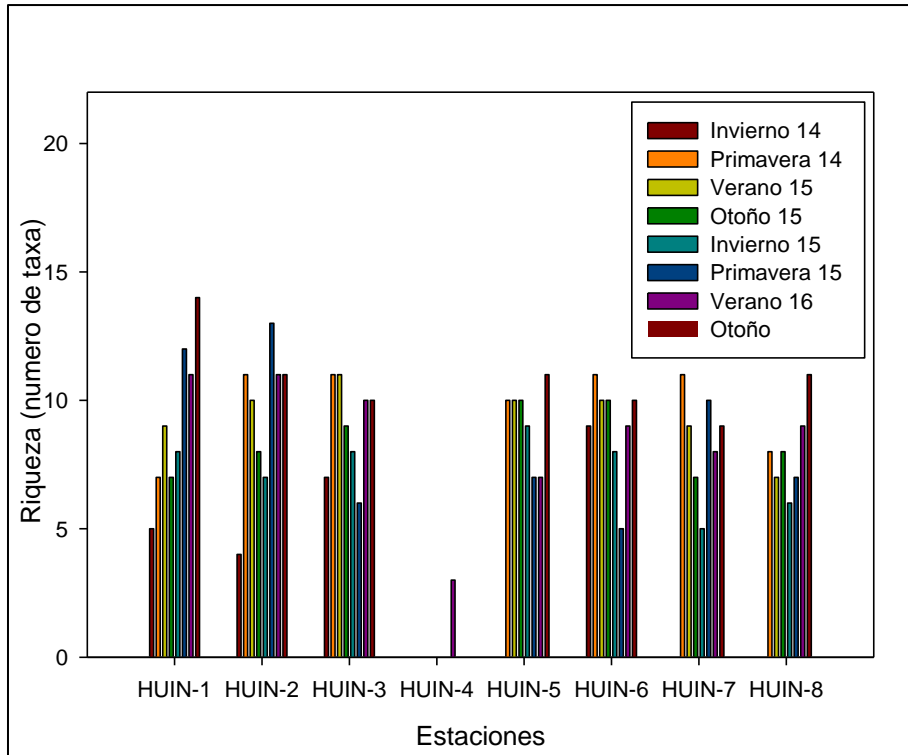
El análisis comparativo entre las estaciones de muestreo, ANOSIM, mostró una diferenciación entre las mismas (R: 0,126, p: 0,002), el análisis *a posteriori* solo pudo distinguir entre los pares: HUI-1/HUI-5, HUI-1/HUI-6,, HUI-1/HUI-4, HUI-2/HUI-5, HUI-2/HUI-4, HUI-3/HUI-5, HUI-3/HUI-7, HUI-3/HUI-4, HUI-6/HUI-4, HUI-4/HUI-7, HUI-4/HUI-8. Por otra parte, el ANOSIM también mostró diferencias significativas entre las temporadas en que se realizaron las campañas (R: 0,209, p: 0,001) el análisis pareado a posteriori mostro diferencias entre todas las campañas entre sí, exceptuando Primavera/Verano.

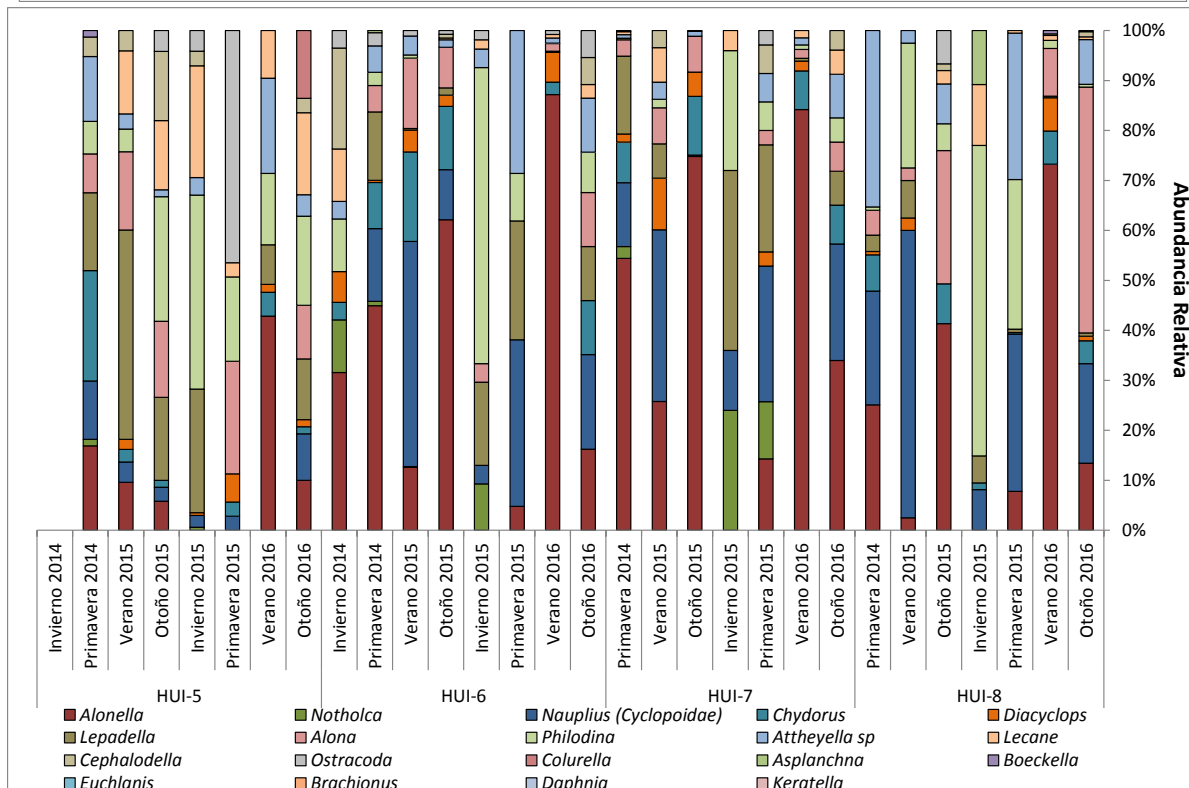
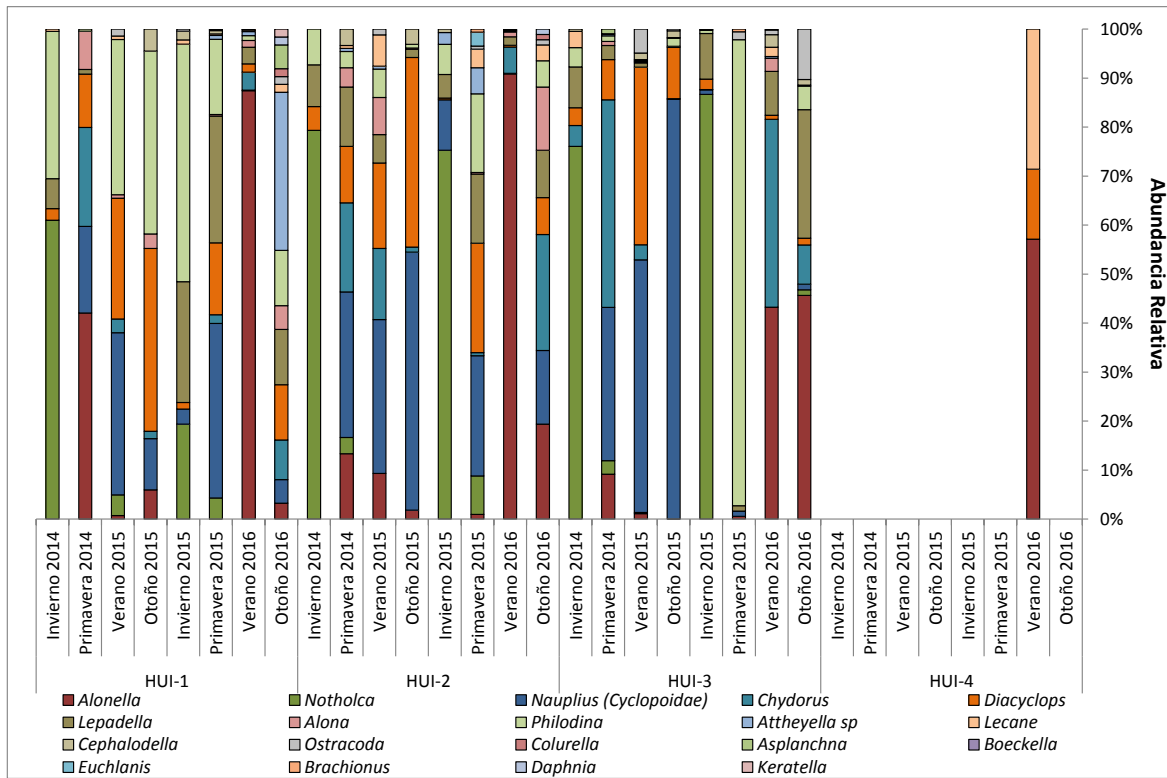
Los taxa más abundantes en el sector fueron *Alonella* y *Notholca*.

**Figura 3.4-124. Variables comunitarias de zooplancton en Quebrada Huinquintipa.**









Fuente: Elaboración Propia

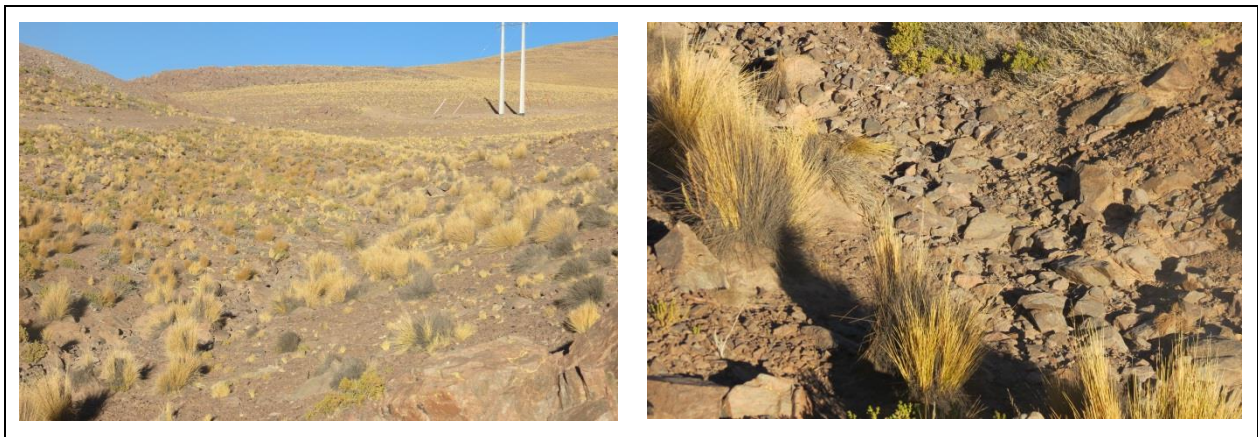
## g) Sector Quebrada Ornajuno

En esta quebrada se determinaron tres estaciones de muestreo representativas, repartidas entre el origen de la quebrada y su unión con la quebrada Huinquintipa. Solo en una de ellas (ORN-2) se encontró un pequeño afloramiento de agua que permitió el desarrollo de algunos muestreos.

## g.1) ORN 1

Esta estación es la más cercana al origen de la quebrada, se encontró sin escurrimiento superficial. El sustrato del fondo de la quebrada correspondió principalmente a bolones y piedras. En sus riberas se encontró matas de pasto características de la zona.

**Fotografía 3.4-31. Vista general estación de muestreo ORN 1.**



Fuente: Elaboración Propia

## g.2) ORN 2

Esta estación corresponde a un afloramiento de agua en una quebrada que en gran parte se encuentra seca, este afloramiento permite el crecimiento de vegetación en cojinetes. El sustrato correspondió en su mayoría a sedimento fino que forma barro, más algunas piedras.

**Fotografía 3.4-32. Vista general estación de muestreo ORN 2.**



Fuente: Elaboración Propia.



g.3) ORN 3

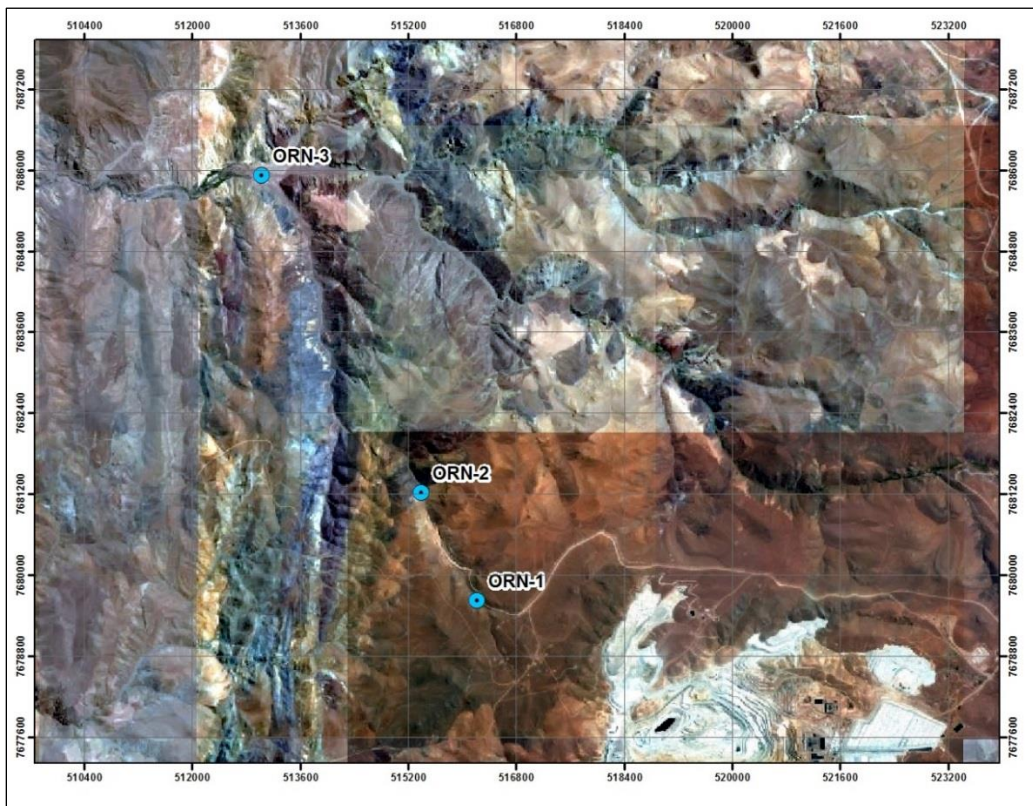
Esta estación se ubica a menos de 100 metros de la unión entre las quebradas Ornajuno y Huinquintipa, como en gran parte de la quebrada se encontró sin escurrimiento superficial. El sustrato del cauce correspondió casi en su totalidad a sedimento fino con algunas inserciones de guijarros. El cauce presentó un ancho de 2 metros

**Fotografía 3.4-33. Vista general estación de muestreo ORN 3.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 3.4-125. Estaciones muestreo Área Mina, sector Quebrada Ornajuno**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia.

g.4) Calidad de Agua

En las campañas desarrolladas no se pudo realizar la toma de muestra y análisis de calidad de agua debido a la falta de agua en las estaciones de este sector.

g.5) Sedimentos

El análisis ANOSIM mostró que no existen diferencias entre las estaciones analizadas del sector (R: -0,125; p: 0,943), pero si mostró diferencias entre las temporadas de desarrollo de muestreo (R:0,427; p: 0,029).

Se registraron valores de Arsénico particularmente altos a partir de Verano de 2015, estos valores se mantuvieron sobre lo recomendado por la guía utilizada como referencia durante Invierno de 2015 aunque comenzaron a disminuir, y disminuyeron considerablemente a partir de Verano de 2016. Este fenómeno se observó en prácticamente toda el área mina, probablemente debido a un verano particularmente lluvioso que arrastró este elemento hacia el sedimento de los lechos. Se registró además un valor alto correspondiente a Mercurio durante el desarrollo de la campaña de invierno 2015.

**Tabla 3.4-65. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ornajuno**

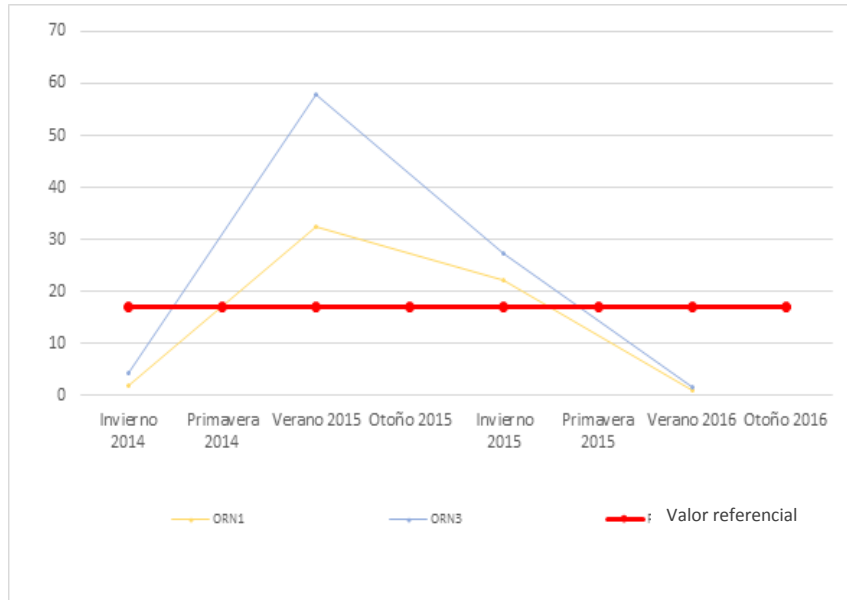
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña       | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|
|                       |                      |               | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               | 17       |       |         |      | 3,5    |         | 197   | 90    |
| Q. Ornajuno           | ORN-1                | Invierno 2014 | 2899                          | 1,96     | 93    | 0,07    | 21   | 0,5    | 5,7     | 29,8  | 3,8   |
|                       |                      | Verano 2015   | 5628                          | 32,61    | 164   | 0,24    | 33   | 1      | 9,8     | 69,2  | 6,1   |
|                       |                      | Invierno 2015 | 3711                          | 22,3     | 101   | 0,2     | 14   | 0,5    | 5,2     | 25    | 2,7   |
|                       |                      | Verano 2016   | 16934                         | 0,97     | 303,8 | < 0,1   | <0,5 | 8,13   | 19,03   | 120,5 | 55,3  |
|                       | ORN-3                | Invierno 2014 | 5634                          | 4,22     | 70    | 0,32    | 28   | 0,5    | 6,1     | 26,3  | 3,5   |
|                       |                      | Verano 2015   | 11202                         | 57,71    | 226   | 1,4     | 54   | 1      | 14,7    | 109,2 | 8     |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2597                          | 27,4     | 87    | 0,2     | 11   | 0,2    | 3,7     | 11    | 1,5   |
|                       |                      | Verano 2016   | 8321                          | 1,55     | 132,7 | < 0,1   | <0,5 | 0,6    | 9,1     | 59,6  | 20,2  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CCME, 1999).

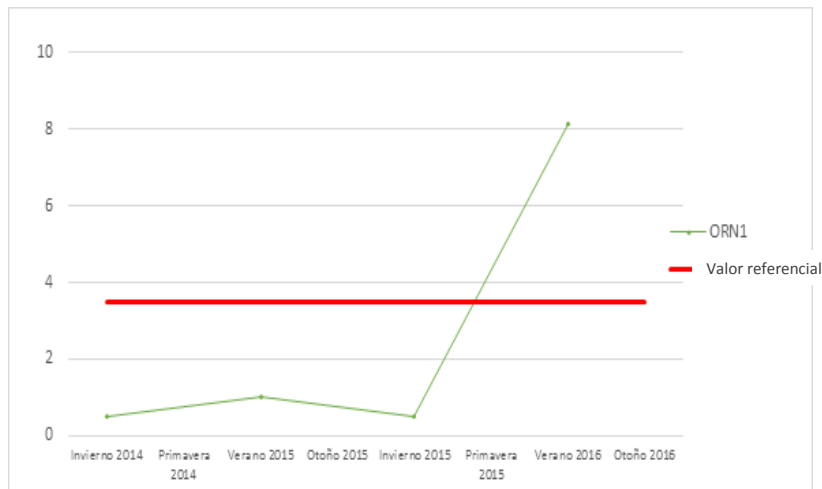
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-126. Arsénico mg/Kg, sector Ornajuno**



**Figura 3.4-127. Cadmio mg/Kg, sector Ornajuno**



**Tabla 3.4-66. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Ornajuno**

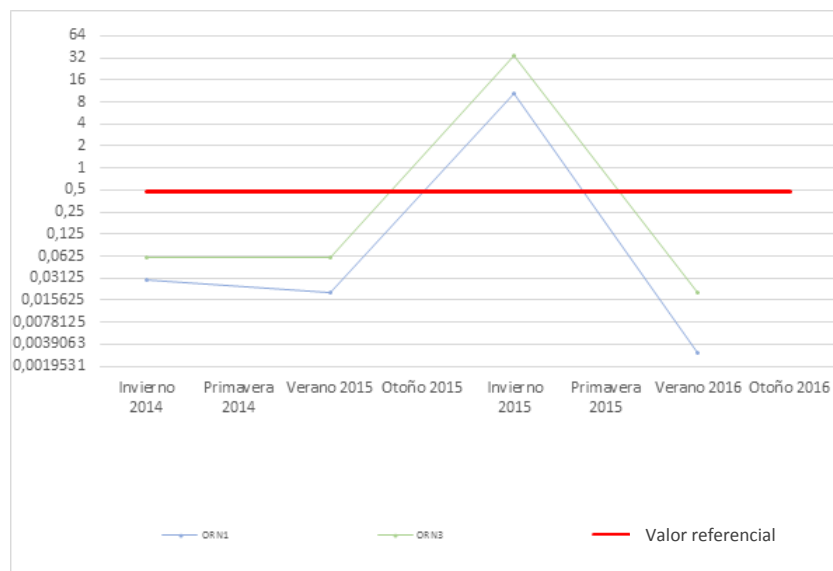
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |               | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |               | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
| Q. Ornajuno           | ORN-1                | Invierno 2014 | 5712                          | 1305     | 614       | 0,03         | 1,7       | 4,4    | < 1   | 15,3  | 17          | 34,0  |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 11760                         | 2662     | 982       | 0,02         | 2,8       | 8,4    | < 1   | 21,8  | 38          | 52,2  |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 3563                          |          | 426       | 10,3         | <0,1      | 4,3    | < 1   | 10,8  | 10          | 36    |            |
|                       |                      | Verano 2016   | 17605                         |          | 1296      | 0,003        | 0,99      | 17,6   | < 1   | 41,09 | 46,7        | 126,7 |            |
|                       | ORN-3                | Invierno 2014 | 5715                          | 4.193    | 453       | 0,06         | 0,8       | 6,5    | < 1   | 8,2   | 12          | 46,4  |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 15529                         | 8854     | 1250      | 0,06         | 1         | 14,3   | < 1   | 21,1  | 46          | 84,2  |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2496                          |          | 316       | 33,7         | <0,01     | 3,5    | < 1   | 5,5   | 5           | 23    |            |
|                       |                      | Verano 2016   | 14829                         |          | 479       | 0,02         | 0,2       | 9,01   | < 1   | 13,3  | 18,6        | 56    |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-128. Mercurio mg/Kg, sector Ornajuno**



Los parámetros orgánicos en sedimento en general mostraron valores por debajo del límite de detección del método, sin embargo durante invierno de 2015 los valores registrados de COT (Carbono Orgánico Total) fueron notoriamente altos.

**Tabla 3.4-67. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Ornajuno.**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |               | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|---------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |               | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| <b>Peligro biota</b> |                      |               | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |
| Q. Ornajuno          | ORN-1                | Invierno 2014 | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Invierno 2015 | 43400                        | 0,18                    | 46                  |
|                      |                      | Verano 2016   | 0,56                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      | ORN-3                | Invierno 2014 | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | < 0,01                       | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Invierno 2015 | 12700                        | 0,2                     | 34                  |
|                      |                      | Verano 2016   | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

En el sector, el sustrato analizado correspondió principalmente a arena gruesa, con la excepción de ORN-3 durante verano de 2016 cuando correspondió a arena fina.

**Tabla 3.4-68. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Ornajuno.**

| Sistema acuático    | Estación | Campañas      | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |             |       |       |
|---------------------|----------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                     |          |               | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       | Limo grueso |       |       |
|                     |          | Unidad medida | % Retención             |       |       |            |       |       |             |       |       |
| Apertura Malla (mm) | 2        | 1             | 0,5                     | 0,25  | 0,125 | 0,088      | 0,074 | 0,063 | 0,044       |       |       |
| Q. Ornajuno         | ORN-1    | Invierno 2014 | 36,87                   | 7,86  | 10,41 | 10,79      | 10,37 | -     | -           | -     | 8,89  |
|                     |          | Verano 2015   | 24,32                   | 22,98 | 15,63 | 11,29      | 11,5  | -     | -           | -     | 14,5  |
|                     |          | Invierno 2015 | 18,56                   | 18,1  | 15,76 | 10,76      | 6,48  |       |             | 7,81  |       |
|                     |          | Verano 2016   | 6,88                    | 11,17 | 12,21 | 8,16       | 7,15  |       |             | 14,22 |       |
|                     | ORN-3    | Invierno 2014 | 31,96                   | 14,53 | 12,59 | 8,55       | 8,79  | -     | -           | -     | 6,8   |
|                     |          | Verano 2015   | 6,47                    | 8,51  | 16,45 | 19,02      | 25,03 |       |             |       | 24,39 |
|                     |          | Invierno 2015 | 3,33                    | 3     | 10,32 | 18,41      | 26,2  |       |             | 18,04 |       |
|                     |          | Verano 2016   | 2,33                    | 1,68  | 3,23  | 5,94       | 28,79 |       |             | 34,59 |       |

Fuente: Elaboración Propia.



## g.6) Biota acuática

- Anfibios

No se encontraron individuos en fase larvaria en el sector.

- Macrófitas

A pesar de ser un pequeño afloramiento, la estación ORN-2, registró 3 plantas diferentes aunque en muy baja cobertura, donde solo se alcanza a señalar su presencia.

**Tabla 3.4-69. Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Ornajuno.**

| Estación | Campaña     | Briofita | <i>Lilaeopsis</i> | <i>Ranunculus uniflorus</i> | Abundancia | Riqueza |
|----------|-------------|----------|-------------------|-----------------------------|------------|---------|
| ORN2     | Verano 2015 | p        | p                 | p                           | 15         | 3       |

Fuente: Elaboración propia.

- Fitobentos

Solo se pudo evaluar esta comunidad en la estación ORN-2, debido a la ausencia de agua en las otras estaciones.

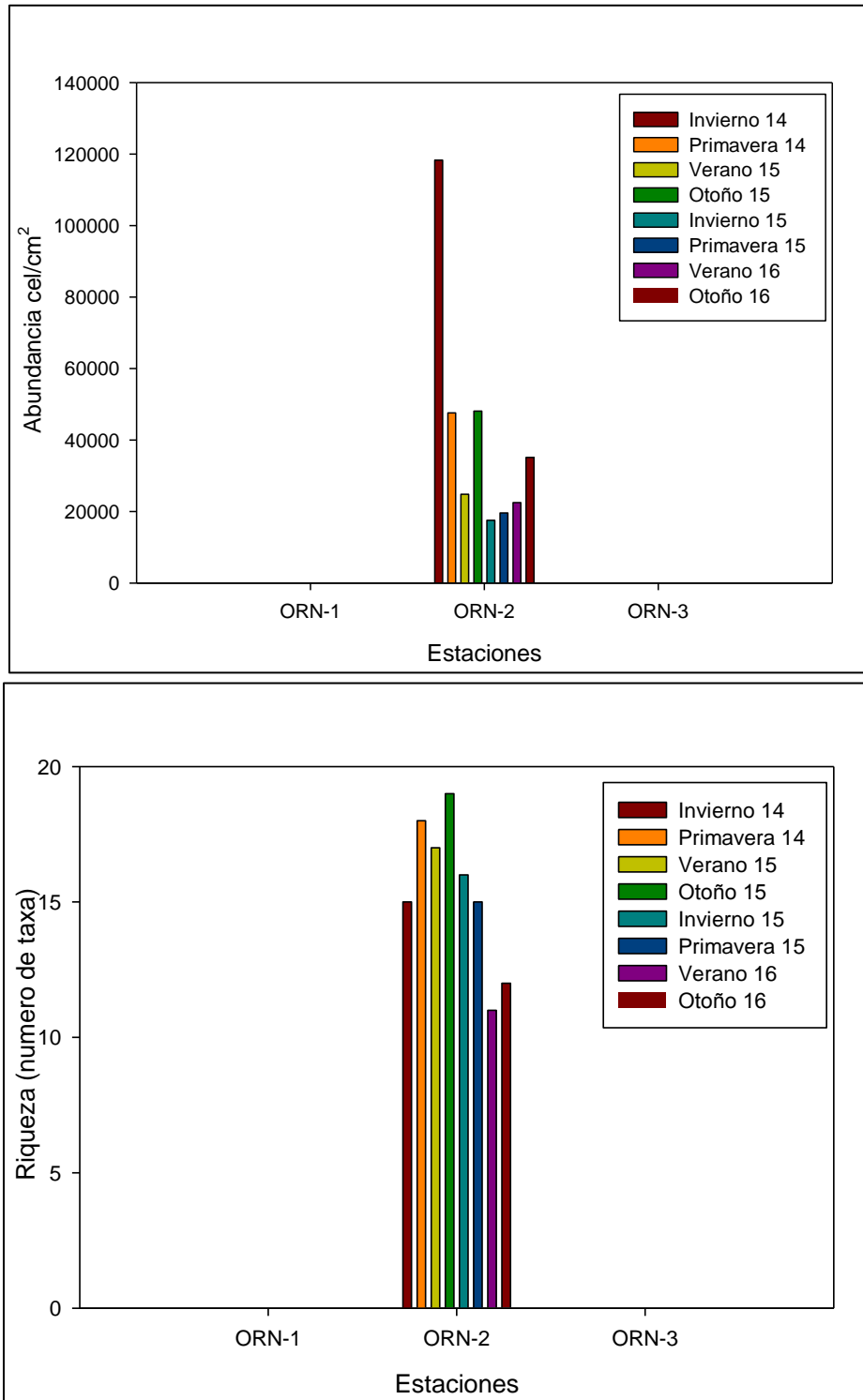
La mayor abundancia registrada correspondió a invierno de 2014, con un valor particularmente alto, mientras que para el resto de las campañas los valores fueron inferiores.

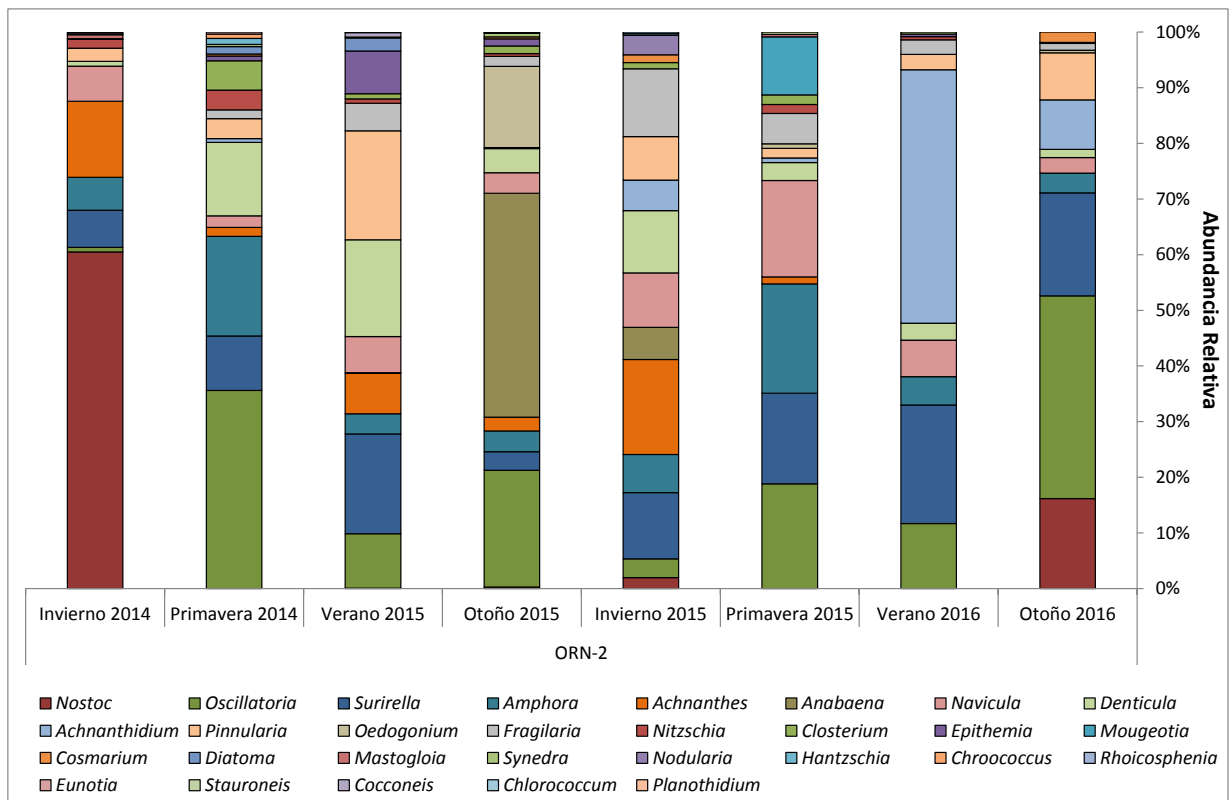
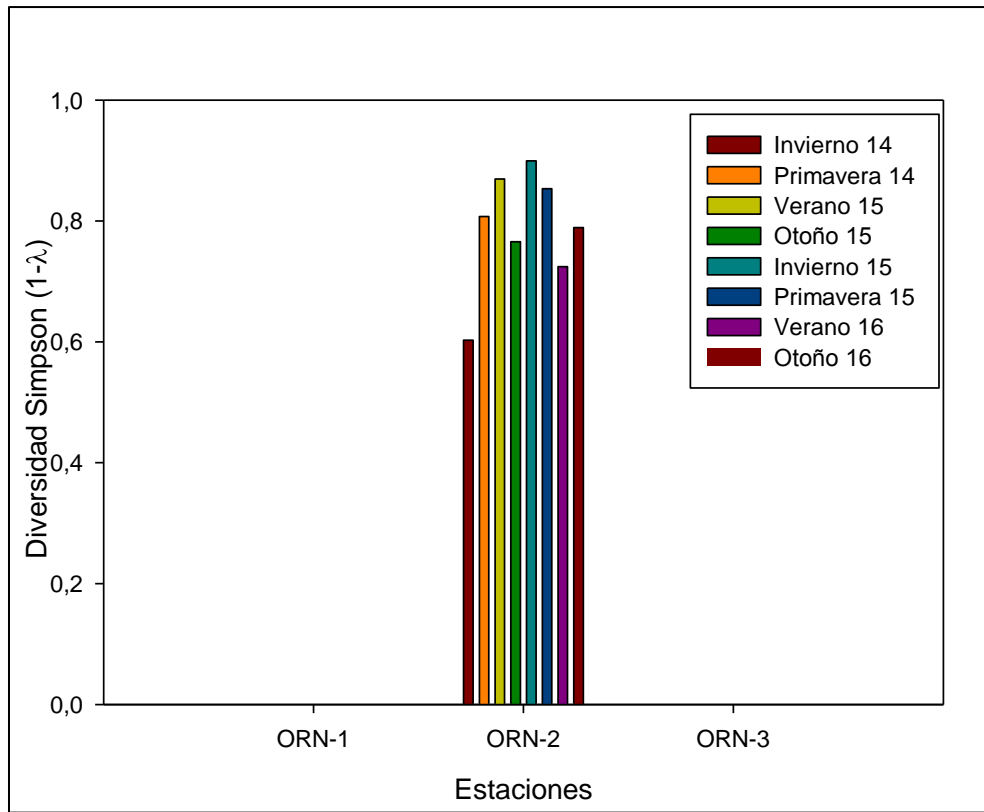
Los valores de riqueza no variaron drásticamente entre las distintas campañas al igual que los valores de diversidad.

El análisis ANOSIM se desarrolló comparando las temporadas durante las cuales fueron desarrollados los muestreos, este análisis no encontró diferencias significativas entre las temporadas. (R: 0,000; p: 0,543).

El taxa más abundante registrado correspondió a Nostoc, el que fue más abundante durante invierno, particularmente durante 2014, otros taxa dominante corresponden a *Oscillatoria*, *Anabaena* y *Achnantidium*.

**Figura 3.4-129. Variables comunitarias de fitobentos en Quebrada Ornajuno.**





Fuente: Elaboración Propia

- Fitoplancton

No se evaluó la presencia de esta comunidad, ya que la cantidad de agua no fue suficiente para realizar la toma de muestra.

- Zoobentos

Solo se evaluó esta comunidad en la estación ORN-2, debido a la ausencia de agua en el resto de las estaciones.

Los valores extremos de abundancia (Mínimo y máximo) se registraron durante primavera.

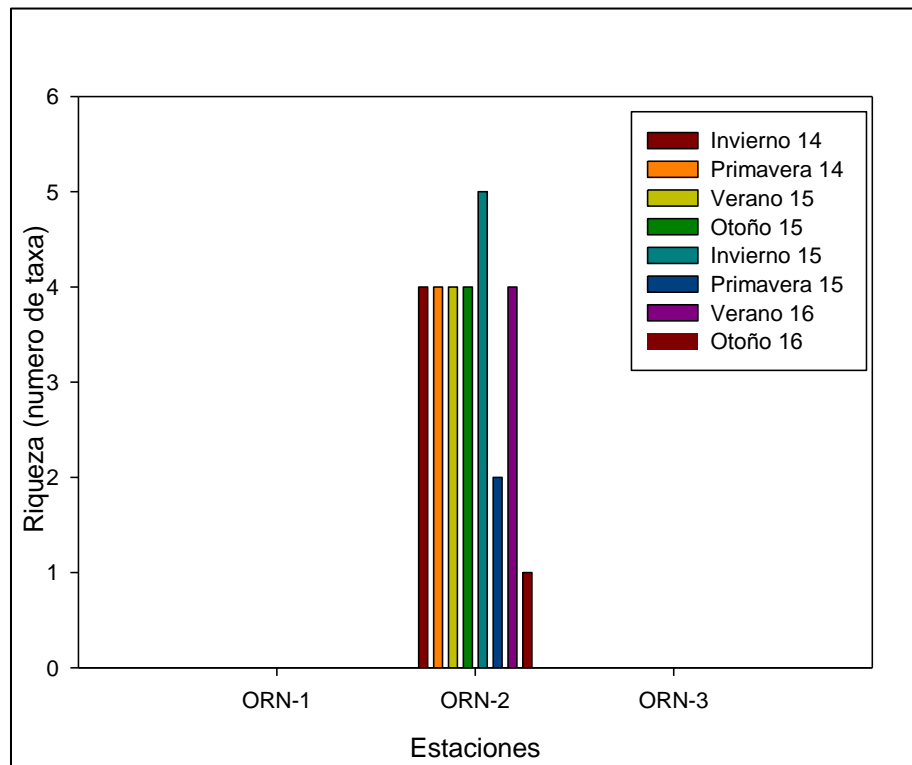
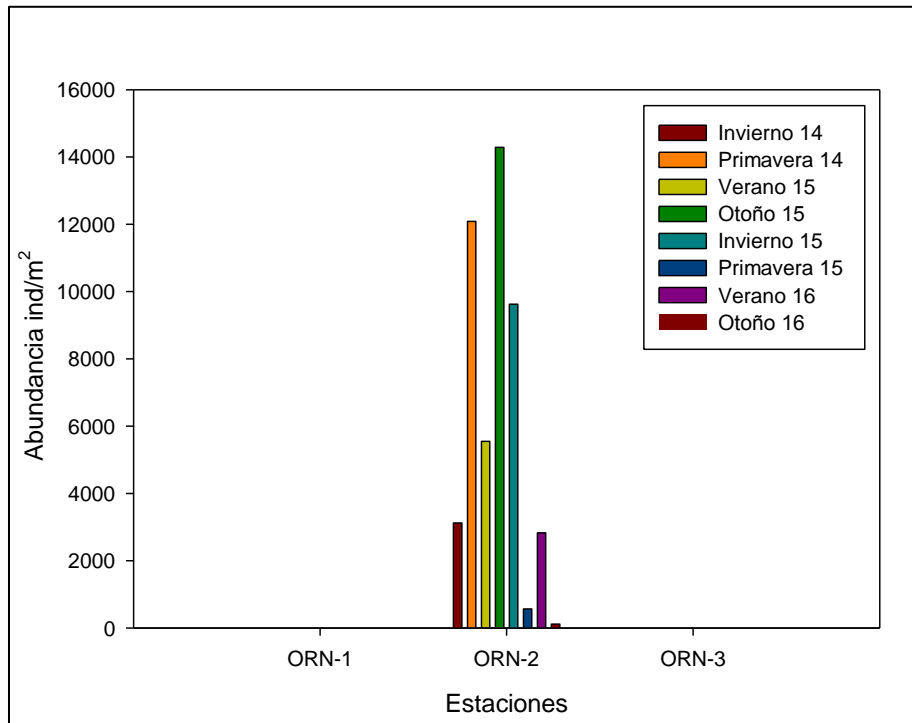
Los valores de riqueza fueron poco variables aunque para primavera de 2015 se produce una baja con respecto a la campaña previa.

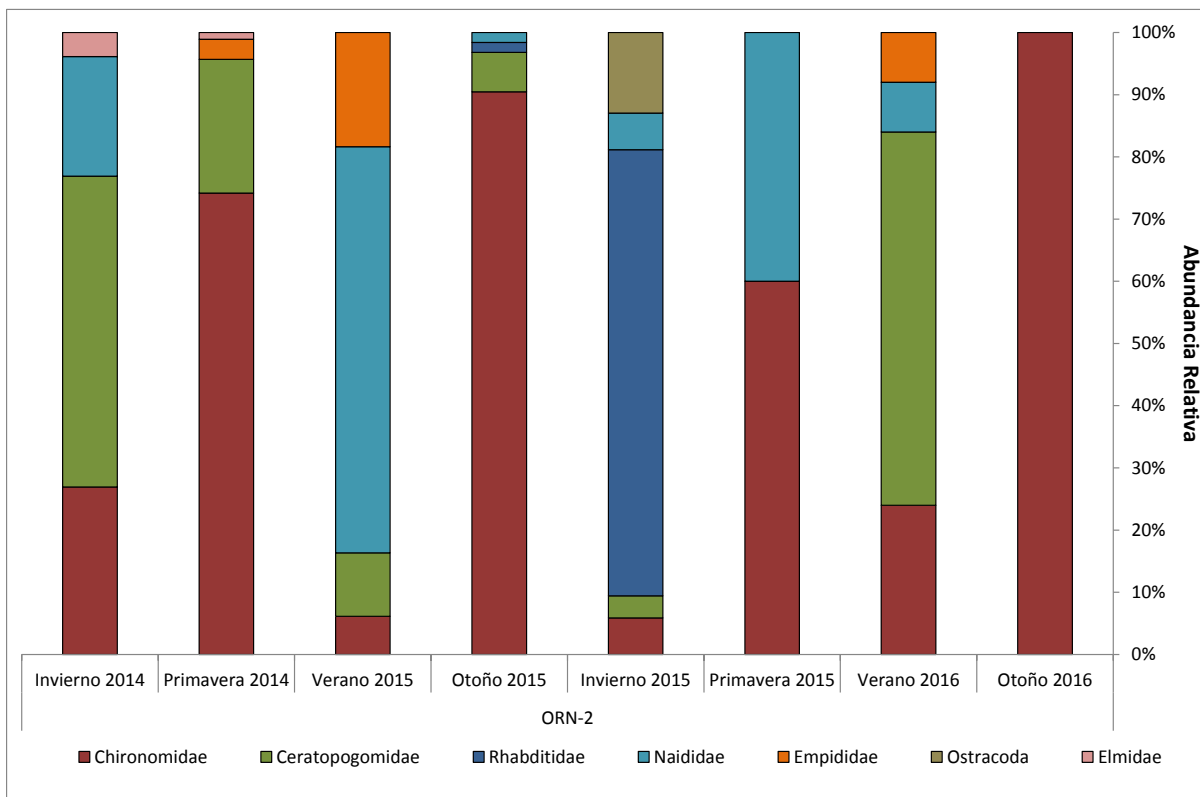
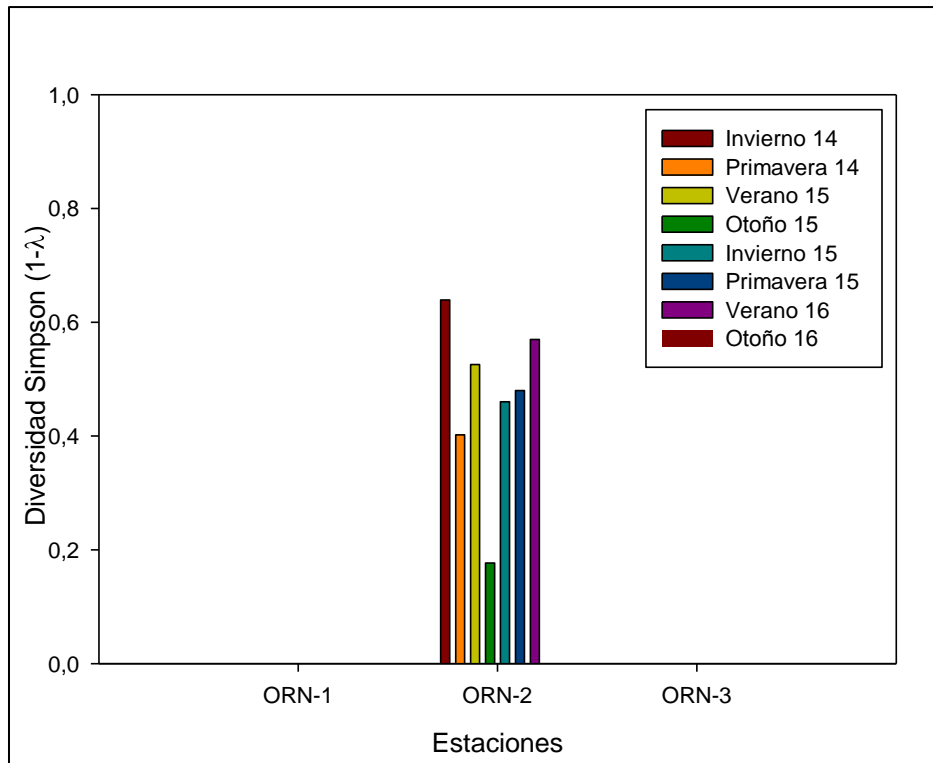
Los valores de diversidad se mantuvieron similares entre sí, con la excepción de la campaña de otoño cuando se registró el valor más bajo.

El análisis ANOSIM solo se realizó para comparar entre temporadas de desarrollo de las campañas, análisis que mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mismas. (R:-0,146; p: 0,781).

En este sector los taxa más abundantes correspondieron a Ceratopogomidae y Chironomidae, los que fueron dominantes para la mayoría de las campañas con la excepción de invierno de 2015 donde dominó Rhabditidae.

**Figura 3.4-130. Variables comunitarias de zoobentos en Quebrada Ornajuno.**





- Zooplancton

En esta quebrada no fue evaluada esta comunidad ya que el volumen de agua fue insuficiente.

h) Sector Otras Quebradas.

h.1) Quebrada Ciénaga Grande

En esta quebrada se consideró una estación de muestreo (ver Plano 3.4-1). Cuenta con un caudal mínimo de 0,2 l/s y un caudal máximo de 15,25 l/s para el año 2013 de acuerdo con el estudio de la línea base de niveles de agua subterránea, caudales y calidad hidroquímica sector cordillera preparado por SWS (EIA Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca, Anexo 3.2.9-1, SWS, 2014), aunque fue medido aguas arriba de la ubicación de la estación en este estudio.

- CG1

La quebrada está encajonada por ambas riberas, donde la cabecera de la quebrada, aguas abajo del camino, está seca. Más abajo el agua circula superficialmente entre los cojines formados por la vegetación, formando pozas de profundidad menor 0,05 m e inferiores a un metro cuadrado de superficie. Se forma un curso en una de las orillas de la quebrada con un ancho no superior a los 0,4 m y una profundidad cercana a los 0,05 m. El sustrato corresponde a limo, el que se acumula en el fondo debido a la lenta velocidad de circulación de agua (Fotografía 3.4-34).

**Fotografía 3.4-34. Vista general estación de muestreo CG1.**



Fuente: Elaboración Propia.

h.2) Quebrada El Carmen

- EC1

En este sector la quebrada mostró vegetación ribereña en cojinetes entre la que escurre el agua (ver Plano 3.4-1), el sustrato corresponde principalmente a sedimento fino, se forman canales



estrechos no mayores a los 0,2 m de ancho y con profundidades máximas de 4 cm (Fotografía 3.4-35).

**Fotografía 3.4-35. Vista general estación de muestreo EC1.**



Fuente: Elaboración Propia.

### h.3) Quebrada Paguana

La quebrada Paguana en la estación de monitoreo muestra un afloramiento de agua que reúne a la avifauna del lugar, principalmente pájaros pequeños. Este afloramiento es pequeño, y el agua no alcanza al centímetro de profundidad y solo alcanza a encharcar el sustrato del lugar. El sustrato se compone principalmente de sedimento fino y piedras.

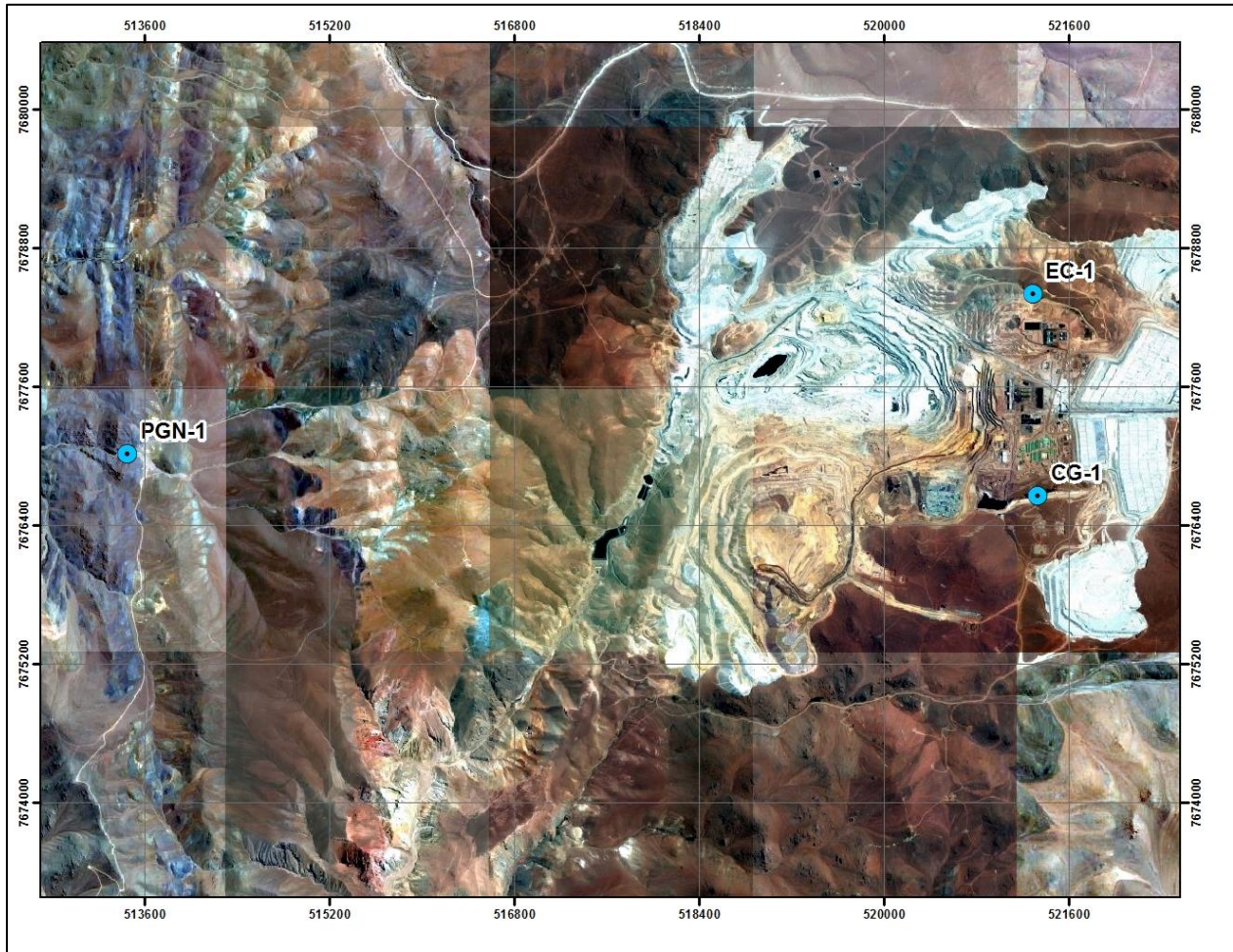
**Fotografía 3.4-36 Vista general estación de muestreo PGN-1.**



Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 3.4-131. Estaciones muestreo Área Mina, sector Otras Quebradas**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática. En las tablas, se destacan los valores obtenidos que se encuentran fuera de lo establecido por la norma de referencia.

h.4) Calidad de Agua

El análisis ANOSIM mostro diferencias entre las estaciones del sector (R: 0,238; p: 0,003), mientras que mostro que no existen diferencias entre las temporadas de desarrollo de las campañas (R: 0,0106; p: 0,054).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de parámetros con importancia limnológica, en general los valores registrados no presentan valores por sobre los rangos establecidos en la norma referencial (NCh. 1.333), solo destacan niveles elevados de conductividad y oxígeno disuelto, los que se registran en algunas campañas de manera alternada sin describir algún patrón específico a lo largo del sistema acuático.

**Tabla 3.4-70. Resultados parámetros de importancia limnológica. Sector Otras Quebradas.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campaña        | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |  |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--|
|                         |                      |                | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        |                          | ≥ 20*          |                |  |
| Quebrada El Carmen      | EC-1                 | Invierno 2014  | 0,5                                   | 7,5  | 910                             | 456                              | 6,37                    | 900                  | <5000                  | 68                       | <200           | 300            |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | 12                                    | 7,9  | 610                             | 305                              | 3,66                    | 700                  | <5000                  | 162                      | <100           | <1000          |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 9,6                                   | 7,16 | 978                             | 489                              | 6,08                    | 1700                 | <5000                  | 178                      | <50            | 7800           |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | 0,1                                   | 6,39 | 921                             | 460                              | 7,36                    | 700                  | <5000                  | 151                      | <50            | 2800           |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 12,2                                  | 7,8  | 557                             | 279                              |                         | <500                 | <5000                  | 128                      | <50            | 2430           |  |
|                         |                      | Primavera 2015 |                                       | 8,3  | 743                             | 384                              |                         | 700                  | <5000                  | 111                      | <50            | 1850           |  |
|                         |                      | Verano 2016    | 10                                    | 6,69 | 1688                            | 844                              | 6,18                    | 2100                 | <5000                  | 98                       | <50            | 1950           |  |
|                         |                      | Otoño 2016     | 3                                     | 7,3  | 812                             | 408                              | 5,21                    | 800                  | <5000                  | 105                      | <50            | 3680           |  |
| Quebrada Ciénaga Grande | CG1                  | Invierno 2014  | 2                                     | 7,3  | 407                             | 203                              | 4,98                    | <500                 | <5000                  | 45                       | <200           | <200           |  |
|                         |                      | Primavera 2014 | 4,5                                   | 8,02 | 254,9                           | 127,5                            | 6,41                    | 500                  | <5000                  | 57                       | <100           | <1000          |  |
|                         |                      | Verano 2015    | 5,8                                   | 6,87 | 371                             | 186                              | 7,43                    | <500                 | <5000                  | 65                       | <50            | 1300           |  |
|                         |                      | Otoño 2015     | 1,1                                   | 6,21 | 331                             | 165                              | 6                       | 700                  | <5000                  | 31                       | 300            | 2500           |  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 14,5                                  | 8,05 | 237,2                           | 118,6                            |                         | <500                 | <5000                  | 28                       | 200            | 2060           |  |
|                         |                      | Primavera 2015 |                                       | 5,8  | 422                             | 288                              |                         | <500                 | <5000                  | 54                       | <50            | 1830           |  |

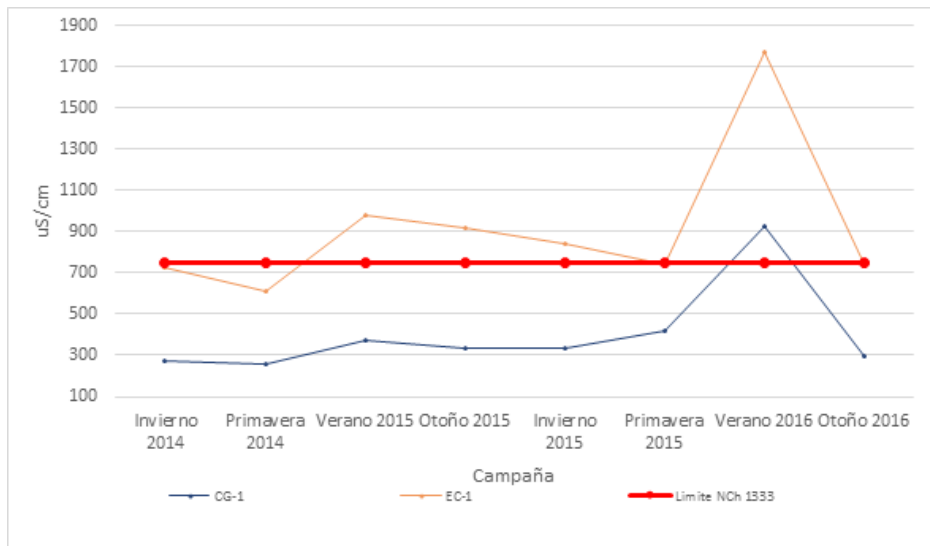
|                         |                      |             | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                                  |                         |                      |                        |                          |                |                |
|-------------------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campaña     | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos totales disueltos (mg/L) | Oxígeno disuelto (mg/L) | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrato (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |             |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                          | ≥ 5*                    |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
|                         |                      | Verano 2016 | 15,3                                  | 5,3  | 1044                            | 522                              | 4,15                    | 2000                 | <5000                  | 12                       | <50            | 1880           |
|                         |                      | Otoño 2016  | 15,2                                  | 7,62 | 333                             | 167                              | 3,74                    | 500                  | <5000                  | 53                       | <50            | <500           |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática,\*\* Límite establecido para agua de riego. Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

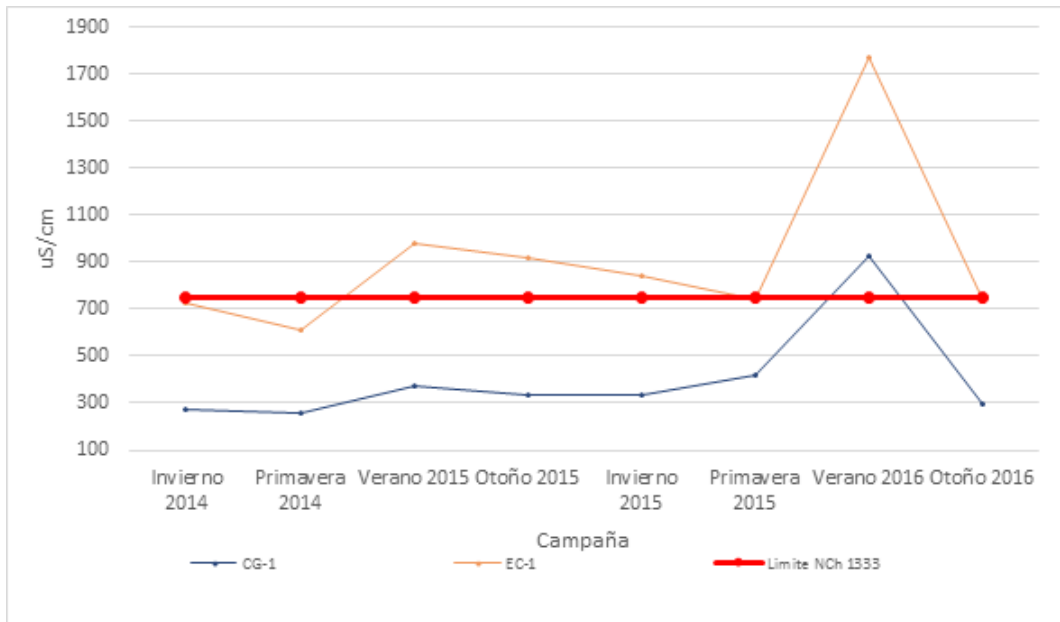
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos parámetros de importancia limnológica que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

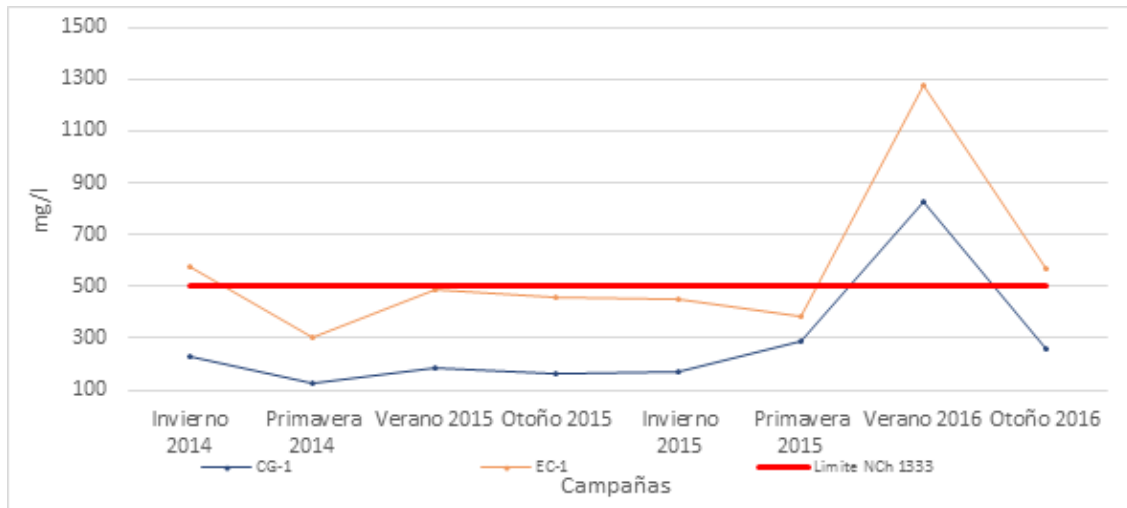
**Figura 3.4-132. Valores de pH Área Mina, sector Otras Quebradas.**



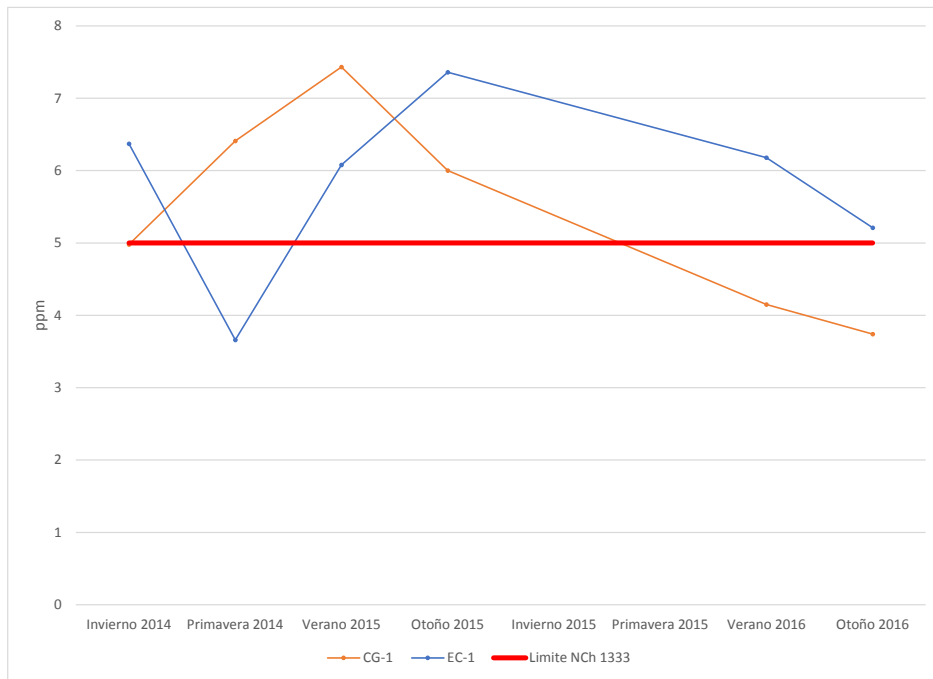
**Figura 3.4-133. Conductividad eléctrica, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



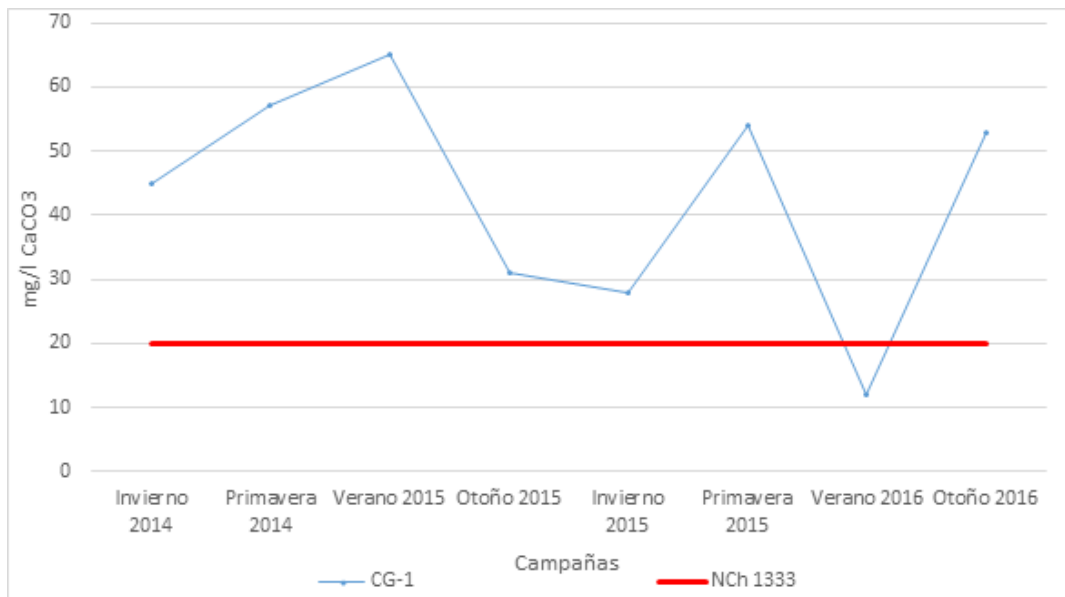
**Figura 3.4-134. Sólidos disueltos totales, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-135. Oxígeno, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-136. Alcalinidad, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



Los resultados de la medición de macroelementos, señalan que las estaciones de muestreo presentan concentraciones sin cambios significativos durante las distintas campañas realizadas, no registrando niveles por sobre la norma de referencia, excepto para Cloruro y Sulfato (EC-1, verano 2016) y CG-1 en verano 2016 para Sulfato.

**Tabla 3.4-71. Resultados análisis de macroelementos, Sector Otras Quebradas.**

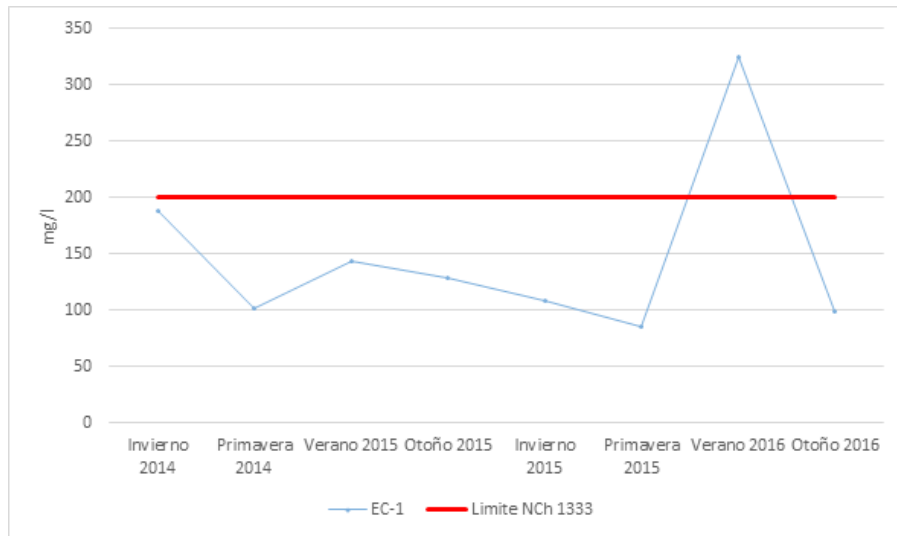
| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campañas       | MACROELEMENTOS (mg/l) |              |       |         |        |          |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|--------------|-------|---------|--------|----------|
|                         |                      |                | Cloruro               | Sulfato      | Sodio | Potasio | Calcio | Magnesio |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                | <b>200**</b>          | <b>250**</b> |       |         |        |          |
| Quebrada El Carmen      | EC-1                 | Invierno 2014  | 188                   | 87           | 85,5  | 8,49    | 55     | 22,6     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 102                   | 63           | 75    | 8,8     | 46,1   | 20       |
|                         |                      | Verano 2015    | 144                   | 106          | 89,2  | 9,1     | 55,4   | 25       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 128                   | 106          | 77    | 8       | 57     | 24       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 108                   | 103          | 60    | 29      | 42     | 20       |
|                         |                      | Primavera 2015 | 85                    | 83           | 60    | 5       | 32     | 15       |
|                         |                      | Verano 2016    | 325                   | 344          | 160   | 12      | 121    | 47       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 99                    | 107          | 57    | 16      | 22     | 20       |
| Quebrada Ciénaga Grande | CG1                  | Invierno 2014  | 25,6                  | 95           | 12,47 | 2,67    | 32     | 11,5     |
|                         |                      | Primavera 2014 | 20                    | 74           | 19    | 1,9     | 32,1   | 12,2     |
|                         |                      | Verano 2015    | 24                    | 90           | 15    | 2,7     | 32,5   | 13       |
|                         |                      | Otoño 2015     | 17                    | 100          | 11    | 3       | 28     | 10       |
|                         |                      | Invierno 2015  | 18                    | 81           | 10    | 26      | 23     | 9        |
|                         |                      | Primavera 2015 | 19                    | 67           | 14    | 4       | 24     | 10       |
|                         |                      | Verano 2016    | 47                    | 430          | 30    | 5       | 89     | 41       |
|                         |                      | Otoño 2016     | 28                    | 73           | 14    | 6       | 27     | 11       |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

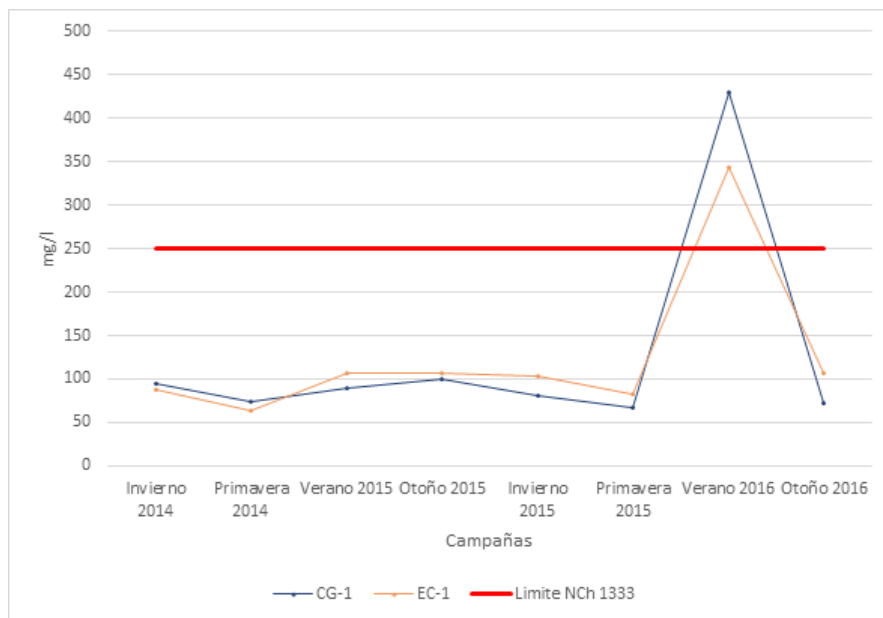
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de los macroelementos que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-137. Cloruro, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-138. Sulfato, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



Por su parte, los resultados obtenidos para metales, dan cuenta de valores altos en las estaciones de muestreo considerando la NCh 1.333 como referencia. Al respecto, metales como el Cobre, Boro, Manganeso y Molibdeno, registran niveles por sobre los rangos de referencia en gran parte de las campañas realizadas.



**Tabla 3.4-72. Resultados análisis de metales, Sector Otras Quebradas.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | METALES (mg/l) |               |              |                |            |            |               |              |                |            |              |        |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|------------|------------|---------------|--------------|----------------|------------|--------------|--------|
|                         |                      | Cromo total    | Cadmio        | Cobre        | Mercurio       | Plomo      | Hierro     | Boro          | Manganeso    | Molibdeno      | Aluminio   | Arsénico     |        |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      | <b>0,1**</b>   | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>5**</b> | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b> | <b>5**</b> | <b>0,1**</b> |        |
| Quebrada El Carmen      | EC-1                 | Invierno 2014  | <0,05         | 0,01         | 0,39           | <0,001     | 0,1        | 1,36          | 1,3          | 1,94           | 0,08       | 1,05         | <0,002 |
|                         |                      | Primavera 2014 | 0,05          | <0,01        | 0,656          | <0,001     | <0,05      | 0,84          | 1,4          | 0,92           | 0,07       | 2,12         | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01        | 0,1            | <0,001     | <0,05      | 1,45          | 1,2          | 1,492          | 0,04       | 2,2          | 0,001  |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,31           | <0,001     | <0,05      | 2,9           | 1,5          | 1,387          | 0,05       | 2,33         | 0,001  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,056         | <0,01        | 0,42           | <0,001     | 0,094      | 1,11          | 0,9          | 0,568          | 0,099      | 2,27         | 0,002  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | <0,01        | 0,106          | <0,001     | <0,05      | 0,44          | 1,33         | 0,11           | 0,13       | 0,31         | <0,001 |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | <0,01        | 0,17           | <0,001     | <0,05      | 5,37          | 1,36         | 1,24           | 0,04       | 4,31         | 0,005  |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | <0,01        | 0,08           | <0,001     | <0,05      | 0,58          | <0,5         | 0,304          | 0,08       | 0,64         | 0,003  |
| Quebrada Ciénaga Grande | CG1                  | Invierno 2014  | <0,05         | <0,01        | 0,06           | <0,001     | 0,11       | <0,05         | 0,5          | 0,22           | <0,01      | 0,18         | <0,002 |
|                         |                      | Primavera 2014 | <0,05         | <0,01        | 0,123          | <0,001     | <0,05      | 0,22          | 0,6          | 0,21           | 0,01       | 0,01         | 0,002  |
|                         |                      | Verano 2015    | <0,05         | <0,01        | 0,23           | <0,001     | <0,05      | 1,15          | <0,5         | 2,135          | 0,01       | 0,36         | <0,001 |
|                         |                      | Otoño 2015     | <0,05         | <0,01        | 0,2            | <0,001     | <0,05      | 0,93          | <0,5         | 0,907          | <0,01      | 0,79         | 0,001  |
|                         |                      | Invierno 2015  | 0,057         | <0,01        | 0,459          | <0,001     | 0,087      | 2,16          | <0,5         | 0,652          | 0,064      | 1,52         | 0,005  |
|                         |                      | Primavera 2015 | <0,05         | 0,017        | 0,091          | <0,001     | <0,05      | 0,18          | <0,5         | 0,124          | 0,025      | 0,34         | <0,001 |
|                         |                      | Verano 2016    | <0,05         | 0,01         | 7              | <0,001     | <0,05      | 1,67          | <0,5         | 9,1            | <0,01      | 1,26         | <0,001 |
|                         |                      | Otoño 2016     | <0,05         | <0,01        | 0,16           | <0,001     | <0,05      | 0,86          | <0,5         | 0,69           | <0,01      | 0,33         | 0,003  |

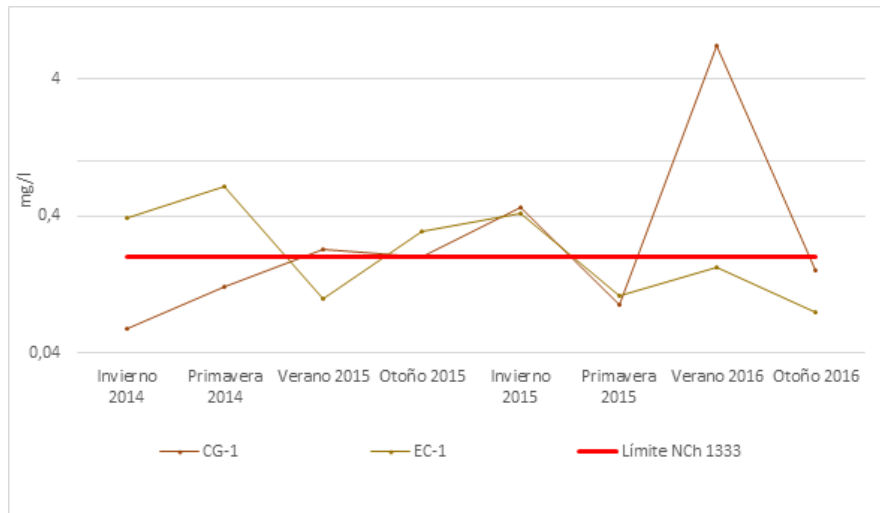
Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

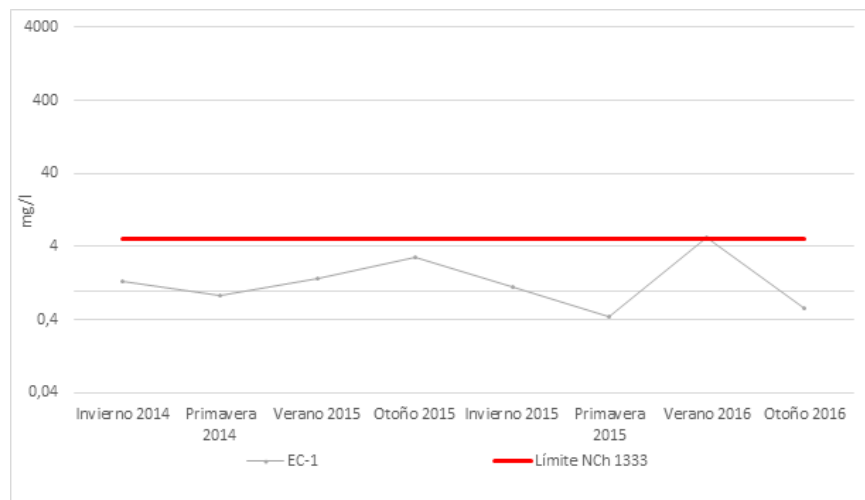
A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre la normativa de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.



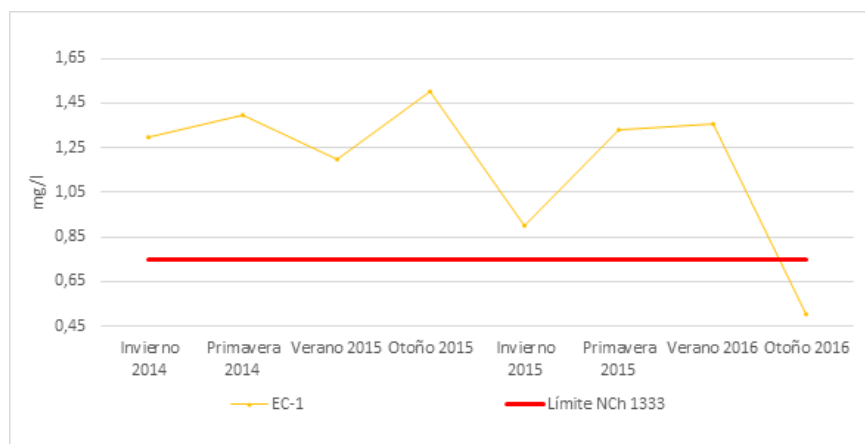
**Figura 3.4-139. Cobre, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



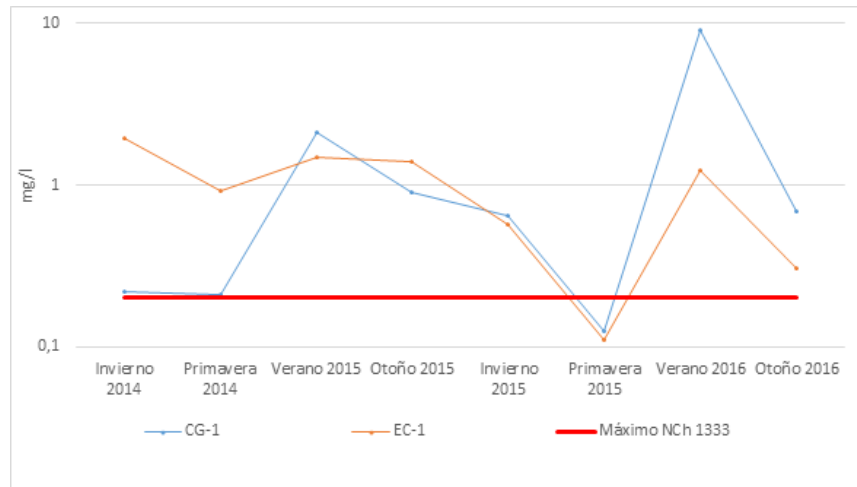
**Figura 3.4-140. Hierro, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



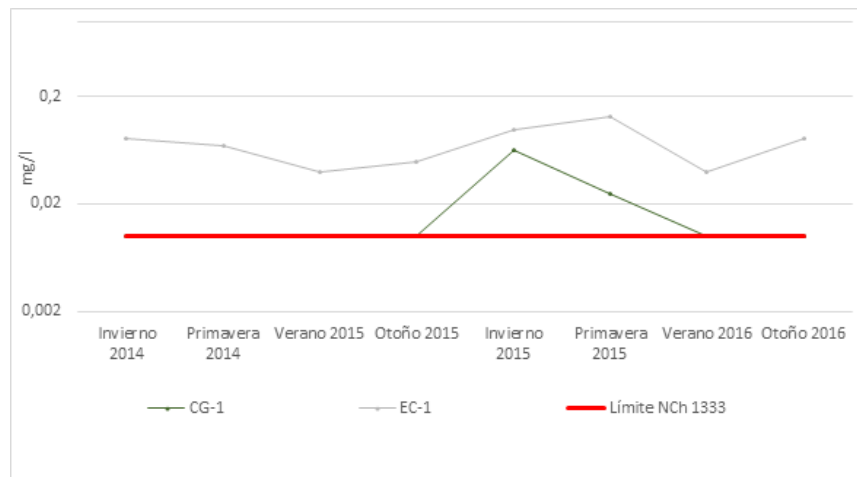
**Figura 3.4-141. Boro, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-142. Manganeso, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-143. Molibdeno, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



Los resultados obtenidos para parámetros orgánicos y otros, dan cuenta de niveles que en general se mantienen constantes entre las campañas y bajo el límite de detección.

**Tabla 3.4-73. Resultados análisis parámetros orgánicos y otro, Sector Otras Quebradas.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS  |                            |                          |                              |      |          |                  |                              |                              |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------|----------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|                         |                      |                | Aceites y grasas mg/l | Hidrocarburos totales mg/L | Hidrocarburos fijos mg/l | Hidrocarburos volátiles mg/l | DBO5 | DQO mg/l | Detergentes mg/l | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |                |                       |                            |                          |                              |      |          |                  | <b>1000**</b>                |                              |
| Quebrada El Carmen      | EC-1                 | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | 14       | <0,5             | <1,8                         | 940                          |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 11   | 14       | <0,5             | 13                           | 70                           |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 13       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 16       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 30       | <0,5             | <1,8                         | 33                           |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | 10   | 13       | <0,5             | <1,8                         | 4900                         |
| Quebrada Ciénaga Grande | CG1                  | Invierno 2014  | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2014 | <10                   | <10                        | <10                      | <0,05                        | <10  | <10      | <0,5             | <1,8                         | 1,8                          |
|                         |                      | Verano 2015    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | 140                          |
|                         |                      | Otoño 2015     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 10       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Invierno 2015  | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 8        | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Primavera 2015 | 30                    | 20                         | 20                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Verano 2016    | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | <5       | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |
|                         |                      | Otoño 2016     | <5                    | <10                        | <5                       | <0,05                        | <10  | 6        | <0,5             | <1,8                         | <1,8                         |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración Propia.

Las mediciones de clorofila, salvo la campaña de primavera 2015, dan cuenta de valores con variaciones poco significativas entre las campañas de muestreo, configurando un sistema con valores relativamente homogéneos a lo largo de las distintas estaciones muestreadas. Este escenario, se explicaría por las características secas presentadas en los sistemas acuáticos durante la última campaña realizada que genera una mayor productividad biológica en sectores donde el agua queda apozada producto del bajo escurrimiento.

**Tabla 3.4-74. Resultados análisis de Clorofila "a" en el agua. Sector Otras Quebradas.**

| Sistema acuático        | Estación de Muestreo | Campaña        | Clorofila "a" en agua<br>µg/L |
|-------------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|
| Quebrada El Carmen      | EC-1                 | Invierno 2014  | 0,97                          |
|                         |                      | Primavera 2014 | 1,03                          |
|                         |                      | Verano 2015    | 1,03                          |
|                         |                      | Otoño 2015     | 0,99                          |
|                         |                      | Invierno 2015  | 1,05                          |
|                         |                      | Primavera 2015 | 9,02                          |
|                         |                      | Verano 2016    | 1,02                          |
|                         |                      | Otoño 2016     | 1,30                          |
| Quebrada Ciénaga Grande | CG1                  | Invierno 2014  | 1,81                          |
|                         |                      | Primavera 2014 | 2,89                          |
|                         |                      | Verano 2015    | 2,04                          |
|                         |                      | Otoño 2015     | 1,95                          |
|                         |                      | Invierno 2015  | 1,26                          |
|                         |                      | Primavera 2015 | 8,96                          |
|                         |                      | Verano 2016    | 0,58                          |
|                         |                      | Otoño 2016     | 2,12                          |

Fuente: Elaboración Propia.

## h.5) Sedimentos

La comparación entre las estaciones de muestreo mediante un ANOSIM, mostró que existen diferencias entre ellas (R: 0,253; p:0,05) con un análisis pareado *a posteriori* que no mostró diferencias entre EC-1/PGN-1. Por otra parte la comparación mediante ANOSIM entre las temporadas de desarrollo de las campañas no mostró diferencias entre las mismas (R: 0,057; p: 0,194).

Los valores de metales en sedimentos dan cuenta de niveles que varían entre las campañas en uno o dos órdenes de magnitud, no siendo constante en la mayoría de las estaciones. Considerando la guía utilizada como referencia (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), se registran valores elevados constantes para Arsénico y Cobre en algunas de las estaciones de sistema, así como eventos específicos de aumento en la concentración de Mercurio durante la campaña de primavera e invierno 2015.

**Tabla 3.4-75. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Otras Quebradas**

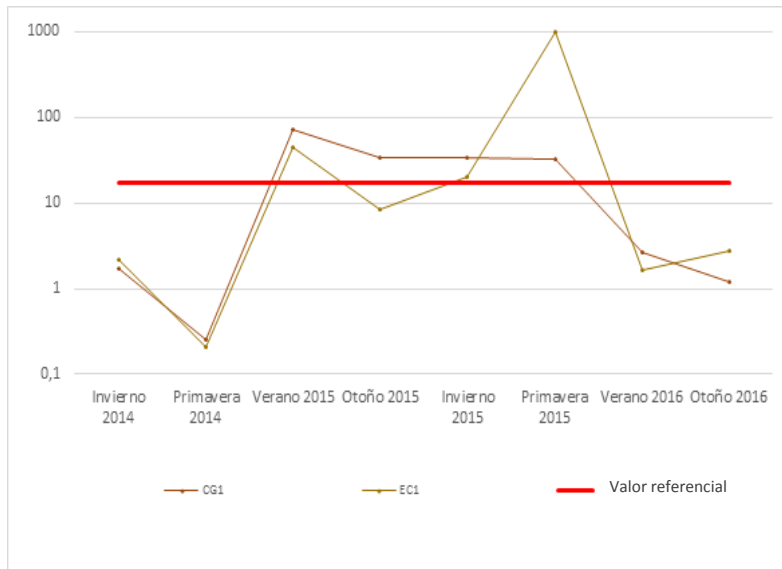
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo | Campaña        | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |        |         |       |        |            |       |            |           |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------|--------|---------|-------|--------|------------|-------|------------|-----------|
|                       |                      |                | Aluminio                      | Arsénico  | Bario  | Berilio | Boro  | Cadmio | Cobalto    | Cobre | Cromo      |           |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               | <b>17</b> |        |         |       |        | <b>3,5</b> |       | <b>197</b> | <b>90</b> |
| Q. Ciénaga Grande     | CG1                  | Invierno 2014  | 10836                         | 1,70      | 177,00 | 0,50    | 47,00 | < 0,5  | 3,10       | 1210  | 6,60       |           |
|                       |                      | Primavera 2014 | 7347                          | 2,67      | 18     | 0,34    | 43    | 0,5    | 6,9        | 41    | 5,3        |           |
|                       |                      | Verano 2015    | 5592                          | 60,7      | 149    | 0,4     | 47    | 1      | 11,7       | 66    | 5,4        |           |
|                       |                      | Otoño 2015     | 7895                          | 33,6      | 115    | 0,3     | < 1   | 1,1    | 4          | 1618  | 5,6        |           |
|                       |                      | Invierno 2015  | 5394                          | 34,1      | 98     | 0,3     | 26    | 0,5    | 3,6        | 1164  | 3,6        |           |
|                       |                      | Primavera 2015 | 6534                          | 983       | 0      | 0       | 0     | 10     | 9,83       | 2677  | 25         |           |
|                       |                      | Verano 2016    | 21795                         | 2,6       | 112,1  | < 0,1   | <0,5  | 1,2    | 5,6        | 1678  | 47,9       |           |
|                       |                      | Otoño 2016     | 19211                         | 1,2       | 126,3  | 0,83    | <0,5  | 0,89   | 9,14       | 1976  | 12,39      |           |
| Q. El Carmen          | EC1                  | Invierno 2014  | 915                           | 2,21      | 56     | 0,07    | 63    | 2,1    | 8,8        | 423   | 4,5        |           |
|                       |                      | Primavera 2014 | 7919                          | 0,21      | 62     | 0,61    | 53    | 1,8    | 11,9       | 667   | 6,8        |           |
|                       |                      | Verano 2015    | 3510                          | 45,3      | 89     | 0,2     | 79    | 2,2    | 14,4       | 1038  | 4,9        |           |
|                       |                      | Otoño 2015     | 3724                          | 8,5       | 45     | < 0,1   | < 1   | 0,9    | 6          | 473   | 3,6        |           |
|                       |                      | Invierno 2015  | 2770                          | 20        | 42     | < 0,1   | 20    | 0,8    | 5,6        | 348   | 1,9        |           |
|                       |                      | Primavera 2015 | 10781                         | 32,6      | 143,8  | 0,4     | 0     | 1,99   | 5,61       | 33,6  | 33,6       |           |
|                       |                      | Verano 2016    | 6855                          | 1,65      | 80,5   | < 0,1   | <0,5  | 3      | 7,8        | 625,8 | 48,3       |           |
|                       |                      | Otoño 2016     | 4580                          | 2,7       | 53     | 0,35    | <0,5  | 1,47   | 12,84      | 520,2 | 4,29       |           |
| Q. Paguana            | PGN-1                | Primavera 2015 | 5004                          | 0,79      | 37,5   | 0       | 0     | 0,6    | 0          | 50,6  | 25,1       |           |
|                       |                      | Verano 2016    | 7631                          | 0,33      | 61,8   | < 0,1   | <0,5  | 0,99   | 8,78       | 71,9  | 33,3       |           |
|                       |                      | Otoño 2016     | 7732                          | 0,8       | 13,59  | 0,19    | <0,5  | 1,5    | 14,6       | 114,6 | 6,06       |           |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

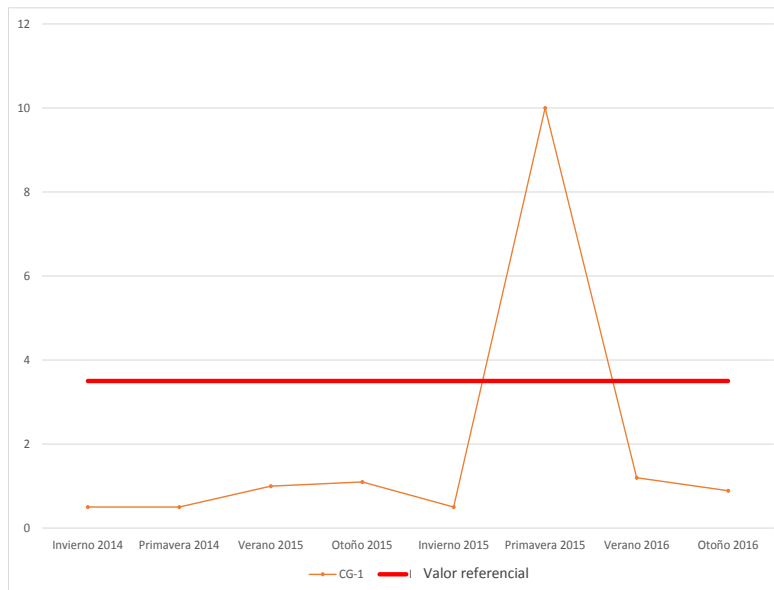
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores de referencia con líneas en color rojo.

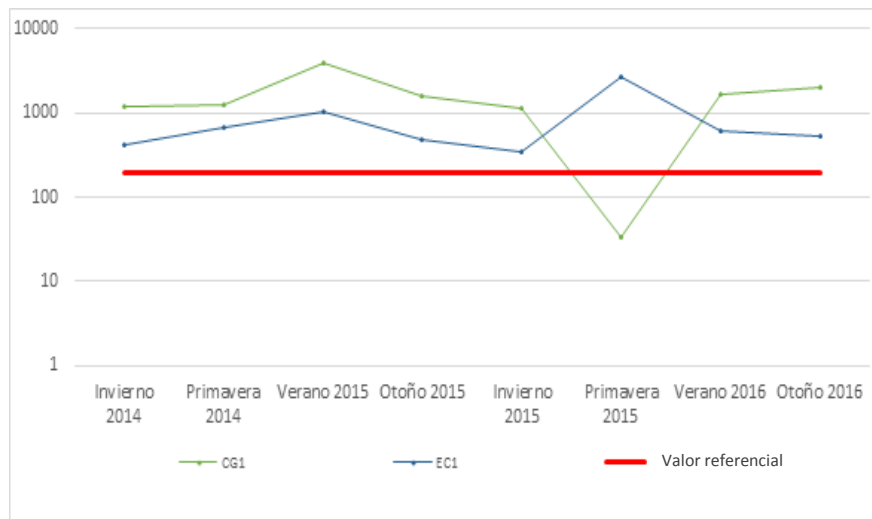
**Figura 3.4-144. Arsénico mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-145. Cadmio mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Figura 3.4-146. Cobre mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



**Tabla 3.4-76. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Otras Quebradas**

| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |       |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc  |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |       | <b>315</b> |
| Q. Ciénaga Grande     | CG1                  | Primavera 2015 | 9232                          | 3.086    | 251       | 30,30        | 37,10     | 5,80   | < 1   | 29,90 | 37,00       | 53,20 |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 10317                         | 4347     | 544       | 0,42         | 2         | 10,2   | 1,4   | 28,5  | 32          | 51    |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 17440                         | 4288     | 1294      | 0,05         | 69,4      | 8,2    | < 1   | 41,9  | 66          | 71    |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6399                          | 2820     | 244       | 0,05         | 69,4      | 4,1    | 2,2   | 23    | 27          | 40    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 4044                          |          | 261       | 39,9         | 2,5       | 4,2    | < 1   | 19,4  | 17          | 33    |            |
|                       |                      | Primavera 2015 | 11768                         |          | 304       | 0,073        | 62,5      | 28     | 0     | 34    | 37,8        | 86,3  |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 28353                         |          | 305       | 0,04         | 62,4      | 7,1    | < 1   | 37,4  | 37,6        | 110   |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 40256                         |          | 375,6     | 0,06         | 72,1      | 4,6    | < 1   | 42,8  | 16,1        | 97,7  |            |
| Q. El Carmen          | EC1                  | Invierno 2014  | 9133                          | 2.849    | 447       | 0,02         | 7,6       | 2,7    | < 1   | 8,8   | 43          | 51,1  |            |
|                       |                      | Primavera 2014 | 24423                         | 3403     | 1235      | 0,02         | 2,1       | 2,9    | 1     | 13,5  | 61          | 66    |            |
|                       |                      | Verano 2015    | 19020                         | 2628     | 842       | 0,01         | 19,8      | 3,7    | < 1   | 21,9  | 81          | 60    |            |
|                       |                      | Otoño 2015     | 6923                          | 2781     | 308       | 0,02         | 5,4       | 2,1    | < 1   | 8,3   | 32          | 28    |            |
|                       |                      | Invierno 2015  | 3630                          |          | 410       | 1,8          | 2,4       | 2,7    | < 1   | 5,7   | 14          | 27    |            |

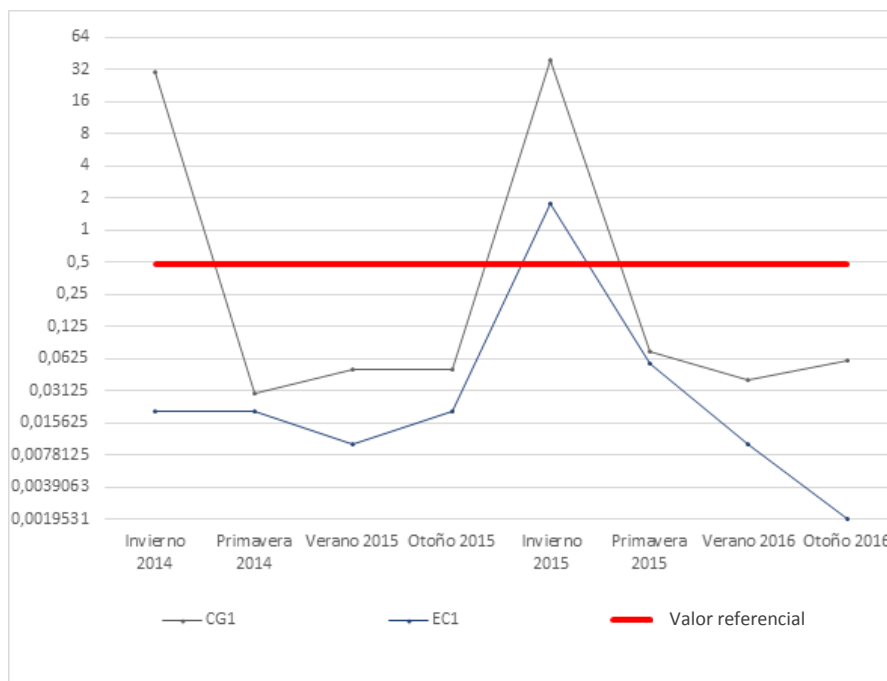
| Cuerpo de agua        | Estación de Muestreo |                | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|------|------------|
|                       |                      |                | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |      | <b>315</b> |
|                       |                      | Primavera 2015 | 11582                         |          | 1870      | 0,057        | 1,2       | 24     | 0     | 45    | 26          | 523  |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 30737                         |          | 389,4     | <0,001       | 12,9      | 3,7    | < 1   | 20,8  | 72,8        | 80,9 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 31055                         |          | 685,7     | 0,002        | 11,7      | 5,11   | < 1   | 15,9  | 52,4        | 61   |            |
| Q. Paguana            | PGN-1                | Primavera 2015 | 89713                         |          | 482,5     | 0,439        | 0         | 6,8    | 0     | 10,2  | 0           | 37,9 |            |
|                       |                      | Verano 2016    | 20713                         |          | 660       | 0,07         | 0,2       | 7,1    | < 1   | 14,4  | 57,3        | 43,7 |            |
|                       |                      | Otoño 2016     | 24558                         |          | 2032      | 0,1          | < 0,05    | 3,38   | 0,39  | 52,3  | 41,6        | 80,2 |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración Propia.

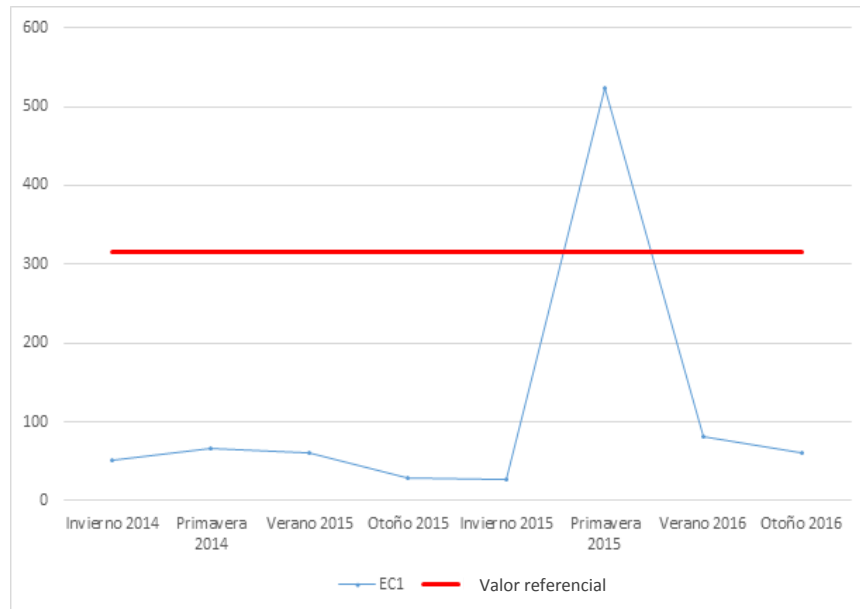
A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-147. Mercurio mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas.**





**Figura 3.4-148. Zinc mg/Kg, Área Mina, sector Otras Quebradas.**



Los compuestos orgánicos en sedimentos, muestran valores frecuentemente bajo el límite de detección, observándose algunas variaciones entre campañas. No obstante, destacan aumentos considerables en los niveles de Carbono Orgánico Total durante las campañas de invierno y primavera 2015.

**Tabla 3.4-77. Resultados análisis de parámetros orgánicos en sedimentos. Sector Otras Quebradas**

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |                | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| <b>Peligro biota</b> |                      |                | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |
| Q. Ciénaga Grande    | CG1                  | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 0,81                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | 0,81                         | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 9,8                          | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | < 0,01                       | < 0,1                   | 6                   |
|                      |                      | Primavera 2015 | 3300                         | 0                       | 4                   |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |
| Q. El Carmen         | EC1                  | Invierno 2014  | <0,01                        | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Primavera 2014 | 1,35                         | <0,1                    | <50                 |
|                      |                      | Verano 2015    | 0,12                         | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Otoño 2015     | 3,96                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015  | 37700                        | < 0,1                   | 40                  |
|                      |                      | Primavera 2015 | 11400                        | 0                       | 14                  |

| Detalle por quebrada | Estación de Muestreo |                | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |                | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| Peligro biota        |                      |                | N/A                          | N/A                     | N/A                 |
| Q. Paguana           |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | < 0,01                       | < 0,1                   | <10                 |
|                      | PGN-1                | Primavera 2015 | 16200                        | 0                       | 21                  |
|                      |                      | Verano 2016    | <0,5                         | < 0,1                   | <10                 |
|                      |                      | Otoño 2016     | 0,22                         | < 0,1                   | <10                 |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Los análisis de granulometría indican que la mayor fracción de los sedimentos está compuesto por arena gruesa, una fracción menor de arena fina, con alguna fracción de Limo grueso.

**Tabla 3.4-78. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Otras Quebradas**

| Sistema acuático    | Estación | Campañas       | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |       |            |       |       |             |       |
|---------------------|----------|----------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|
|                     |          |                | Arena gruesa            |       |       |       | Arena fina |       |       | Limo grueso |       |
|                     |          | Unidad medida  | % Retención             |       |       |       |            |       |       |             |       |
| Apertura Malla (mm) | 2        | 1              | 0,5                     | 0,25  | 0,125 | 0,088 | 0,074      | 0,063 | 0,044 |             |       |
| Q. Ciénaga Grande   | CG1      | Invierno 2014  | 0,2                     | 0,44  | 0,34  | 0,31  | 0,24       | -     | -     | -           | 0,24  |
|                     |          | Primavera 2014 | 54,63                   | 11,9  | 5,85  | 2,35  | 1,82       |       |       |             | 0,51  |
|                     |          | Verano 2015    | 21,15                   | 22,45 | 18,02 | 7,57  | 13,58      |       |       |             | 12,53 |
|                     |          | Otoño 2015     | 17,42                   | 6,75  | 17,47 | 16,75 | 10,15      |       |       |             | 12,97 |
|                     |          | Invierno 2015  | 60,67                   | 15,17 | 9,19  | 5,9   | 4,24       |       |       | 3,85        |       |
|                     |          | Primavera 2015 | 1,1                     | 0,22  | 0,2   | 0,2   | 0,36       |       |       | 0,62        |       |
|                     |          | Verano 2016    | 8,08                    | 0,93  | 0,78  | 0,48  | 0,4        |       |       | 0,08        |       |
|                     |          | Otoño 2016     | 0,01                    | 0,06  | 0,07  | 0,06  | 0,08       |       |       | 0,11        |       |
| Q. El Carmen        | EC1      | Invierno 2014  | 25,39                   | 13,39 | 16,27 | 14,16 | 11,47      | -     | -     | -           | 6,65  |
|                     |          | Primavera 2014 | 18,73                   | 9,55  | 9,16  | 8,77  | 10,12      |       |       |             | 9,29  |
|                     |          | Verano 2015    | 52,23                   | 17,28 | 14,46 | 8,82  | 6,26       |       |       |             | 0,92  |
|                     |          | Otoño 2015     | 29,58                   | 16,21 | 18,23 | 16,64 | 17,5       |       |       |             | 1,83  |
|                     |          | Invierno 2015  | 42,93                   | 16,76 | 13,94 | 12,67 | 7,5        |       |       | 4,21        |       |
|                     |          | Primavera 2015 | 5,23                    | 7,06  | 9,98  | 15,35 | 19,69      |       |       | 17,7        |       |
|                     |          | Verano 2016    | 10,99                   | 11,27 | 16,66 | 24,3  | 18,9       |       |       | 10,08       |       |
|                     |          | Otoño 2016     | 27,18                   | 25,43 | 17,49 | 11,08 | 6,87       |       |       | 4,86        |       |
| Q. Paguana          | PGN-1    | Primavera 2015 | 27,67                   | 20,81 | 21,76 | 12,15 | 6,83       |       |       | 3,75        |       |
|                     |          | Verano 2016    | 37,81                   | 18,84 | 17,43 | 11,22 | 5,98       |       |       | 3,17        |       |
|                     |          | Otoño 2016     | 7,22                    | 13,66 | 15,52 | 13,26 | 19,6       |       |       | 8,62        |       |

Fuente: Elaboración Propia.

h.6) Biota acuática

- Anfibios

No se encontraron larvas de anfibios en el sector.

- Macrófitas

Esta comunidad solo estuvo presente en las quebradas El Carmen y Paguana, sin especies en común entre las quebradas.

**Tabla 3.4-79. Cobertura (%) de especies de macrófitas. Sector Otras Quebradas**

| Estación | Campaña        | Briofita | <i>Ranunculus uniflorus</i> | Abundancia | Riqueza |
|----------|----------------|----------|-----------------------------|------------|---------|
| CG 1     | Primavera 2014 |          | p                           | 5          | 1       |
|          | Verano 2015    |          | p                           | 5          | 1       |
| PGN      | Primavera 2015 | p        |                             | 5          | 1       |

Fuente: Elaboración Propia.

- Fitobentos

La abundancia de fitobentos para estas quebradas fue mayor en CG-1, donde hubo una fuerte variación entre campañas, por otra parte, EC-1 mostró poca variabilidad exceptuando la campaña de verano con un valor particularmente alto.

La riqueza, al igual que la diversidad, mostro variación entre las campañas, aunque de manera irregular.

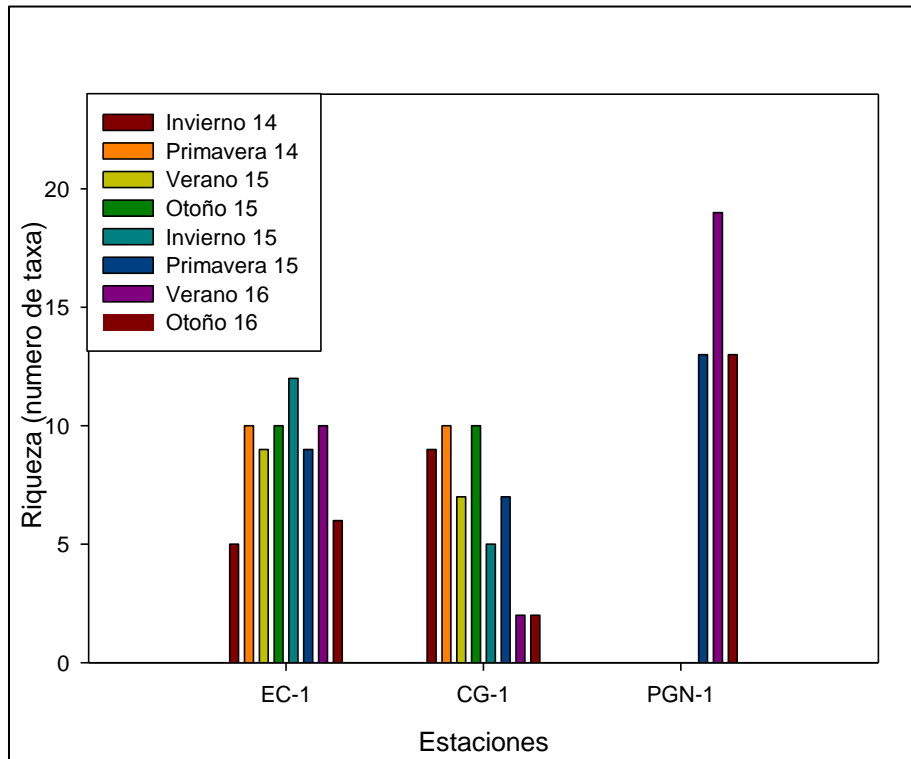
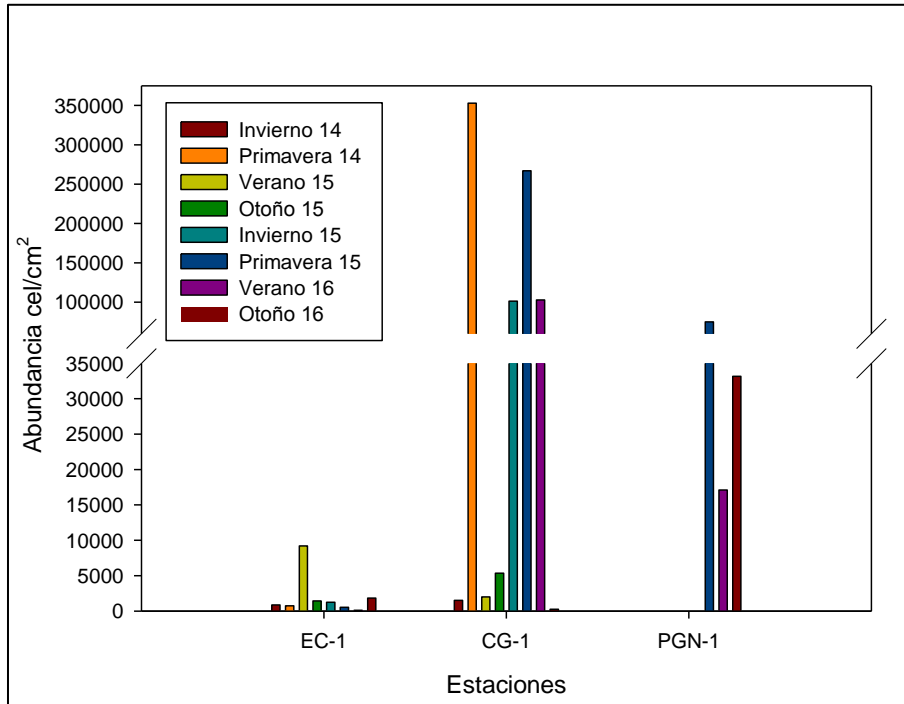
El análisis ANOSIM mostró que existe una diferencia entre las distintas estaciones de muestreo (R: 0,542; p: 0,001), donde el análisis *a posteriori* logra identificar tanto entre CG-1/EC-1 como entre EC-1/PGN-1.

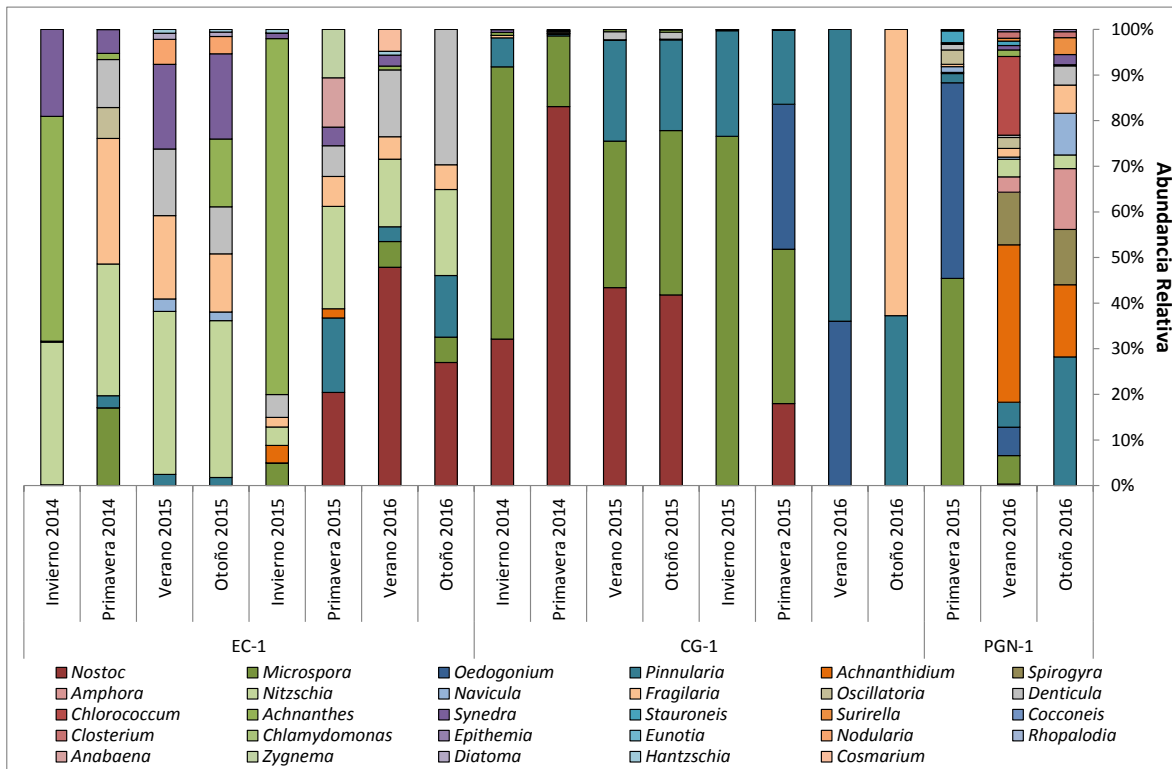
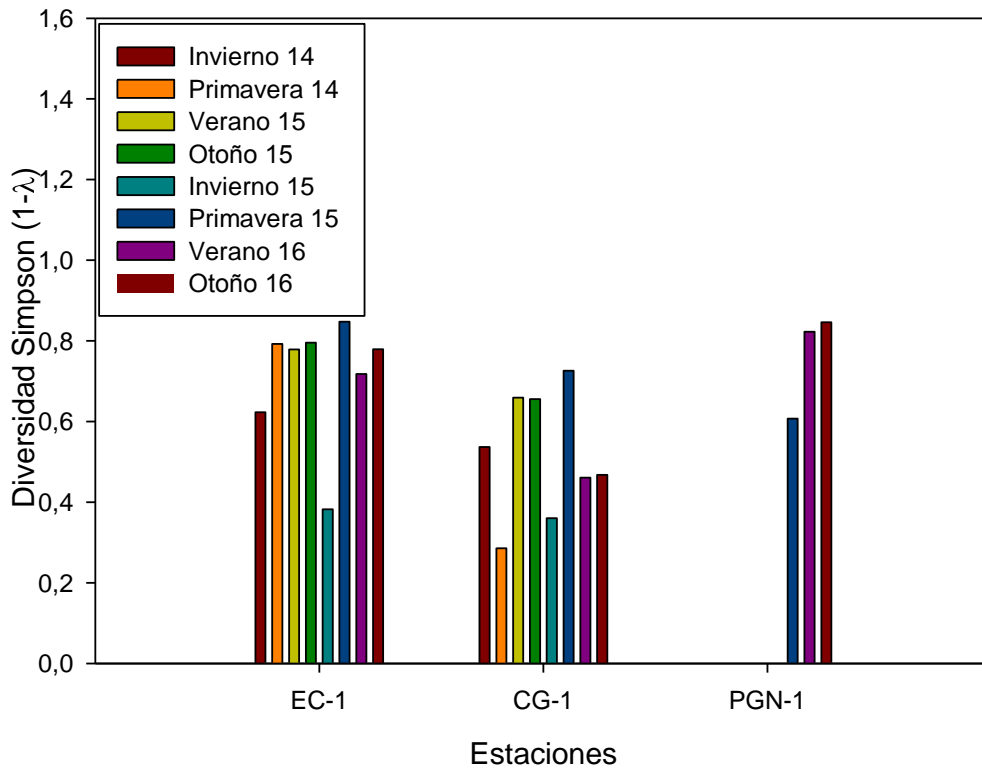
La comparación entre las temporadas de desarrollo de los estudios mediante ANOSIM mostró que no existen diferencias significativas entre temporadas. (R:-0,107; p: 0,755).

Para este grupo de estaciones, los taxa más abundantes corresponden a *Nostoc* y *Microspora*.

En la estación CG-1 los taxa dominantes observados son *Nostoc* y *Microspora*, en EC-1 *Nitzschia* y *Achnantes* incluyendo un aumento en *Nostoc* durante primavera 2015 y verano 2016, en PGN-1 Dominan *Microspora*, *Oedogonium* y *Achnantidium*.

**Figura 3.4-149. Variables comunitarias de fitobentos en Otras Quebradas.**





Fuente: Elaboración Propia

- Fitoplancton

Esta comunidad no pudo ser evaluada en quebrada Paguana debido a la baja cantidad de agua presente.

Para la comunidad de fitoplancton, tanto la abundancia como la diversidad tuvieron variación con respecto a las campañas aunque de manera diferente para cada estación.

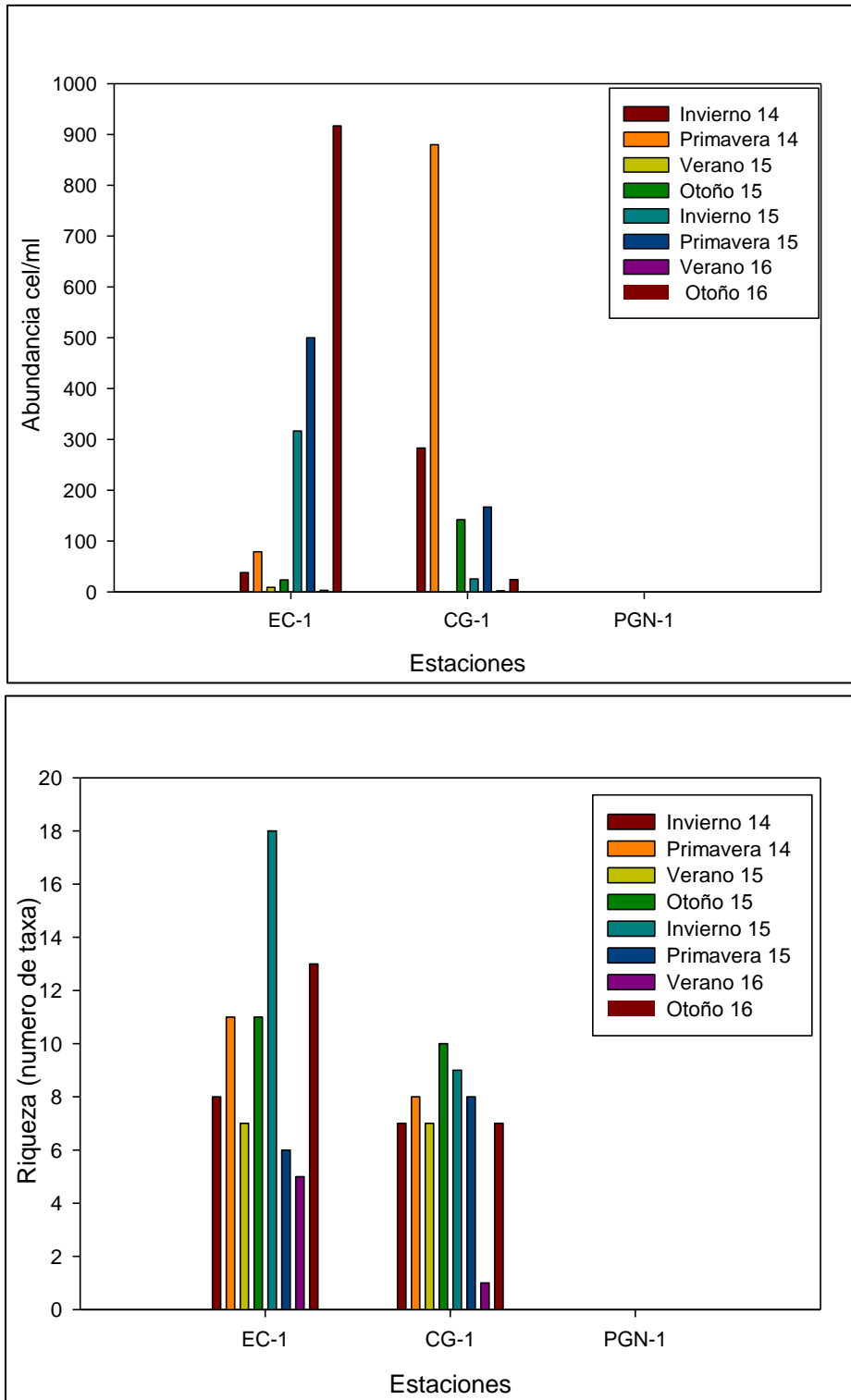
En el caso de la riqueza, se observaron variaciones entre campañas aunque la estación CG-1 mostró cambios menores.

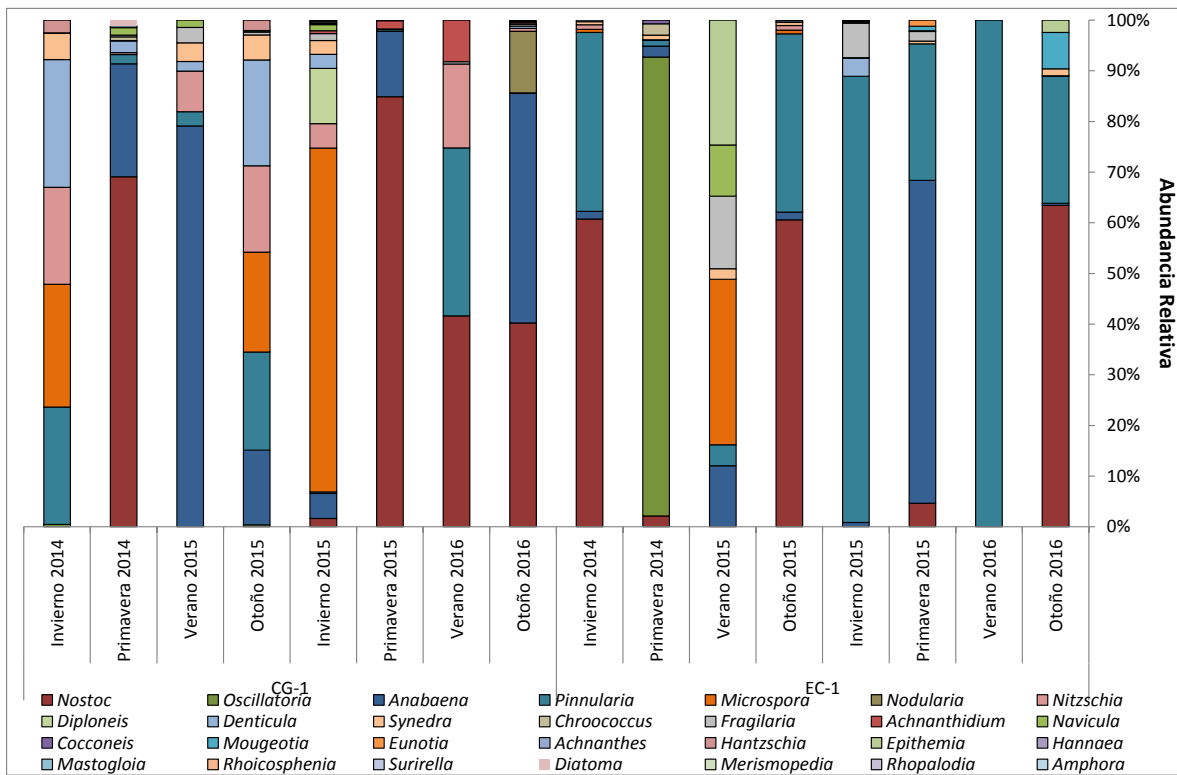
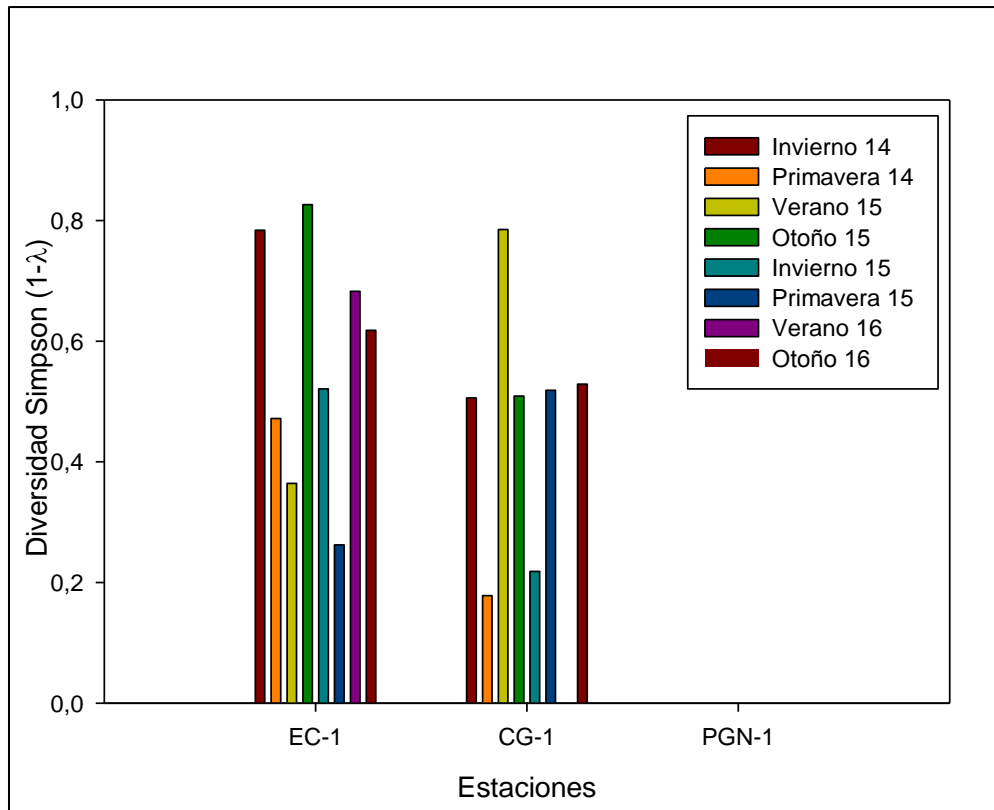
El análisis ANOSIM, mostró que no existen diferencias significativas entre estaciones para este componente. (R: 0,081; p: 0,159). Por otra parte al comparar entre las temporadas en que se realizaron las campañas, el análisis ANOSIM mostró que existen diferencias entre dichas temporadas (R:0,268; p:0,007) El análisis pareado a posteriori mostró diferencias entre Invierno/Verano, Primavera/Verano.

Para este grupo de estaciones los taxa con mayor abundancia corresponden a *Oscillatoria* y *Nostoc*.

En la estación CG-1 se presencié prácticamente un taxa dominante diferente en cada campaña, aunque invierno 2014 y otoño de 2015 coinciden en la dominancia de *Nostoc*, por otra parte para EC-1 *Nostoc* fue la dominante en al menos tres campañas, también destacaron *Microspora* y *Anabaena*.

**Figura 3.4-150. Variables comunitarias de fitoplancton en Otras Quebradas.**





Fuente: Elaboración Propia



- Zoobentos

Durante las campañas de primavera 2014 y verano 2015 en EC-1 no se registró individuos.

Los valores de abundancia registrados para EC-1 fueron muy disímiles, mientras que para CG- 1 la variación entre campañas fue más moderada aunque durante primavera de 2014 se registró un valor particularmente alto.

Las variaciones de riqueza fueron más moderadas oscilando entre dos y cuatro taxa para todos los registros.

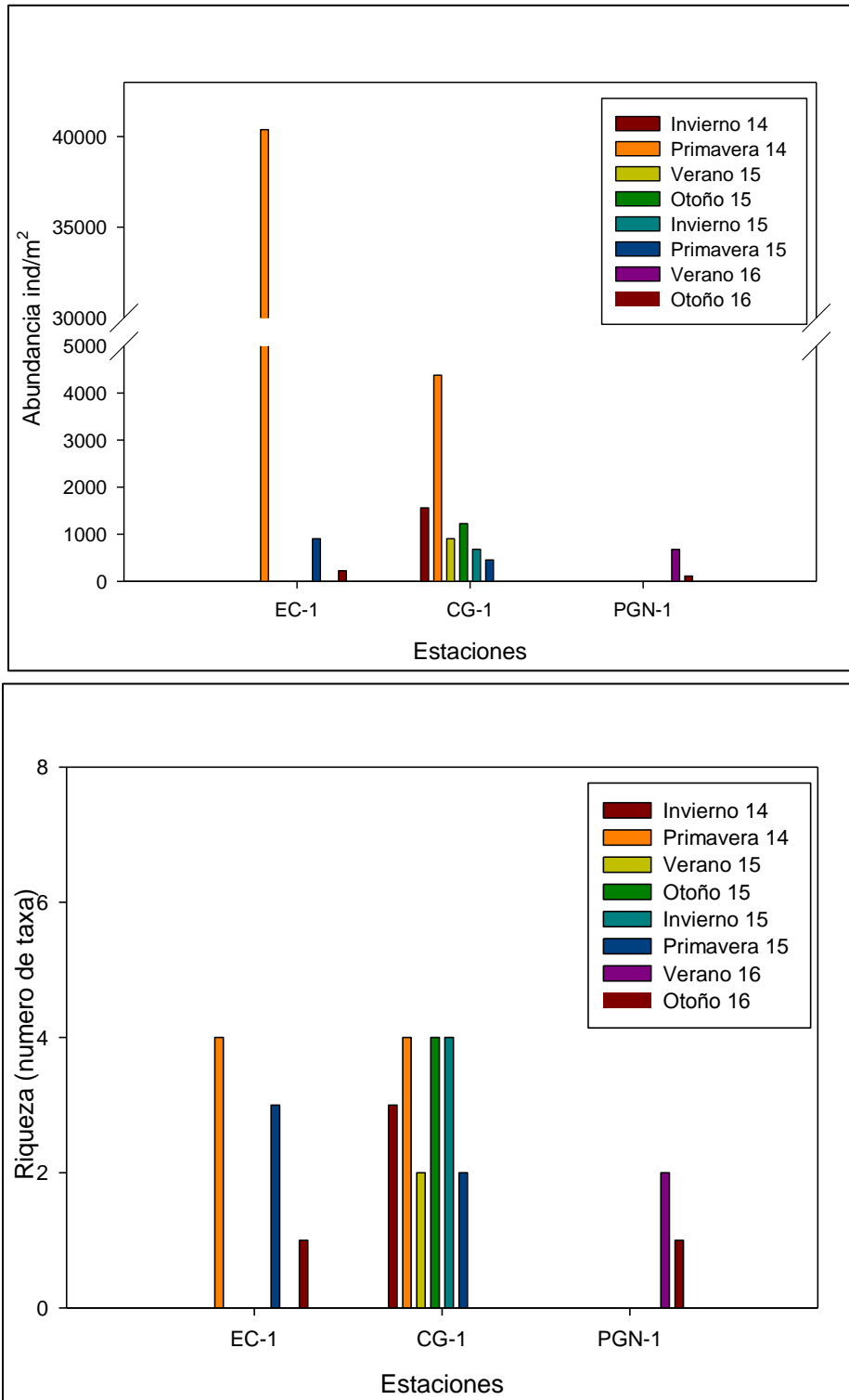
La diversidad cambió según la campaña de muestreo aunque de manera diferente para cada estación.

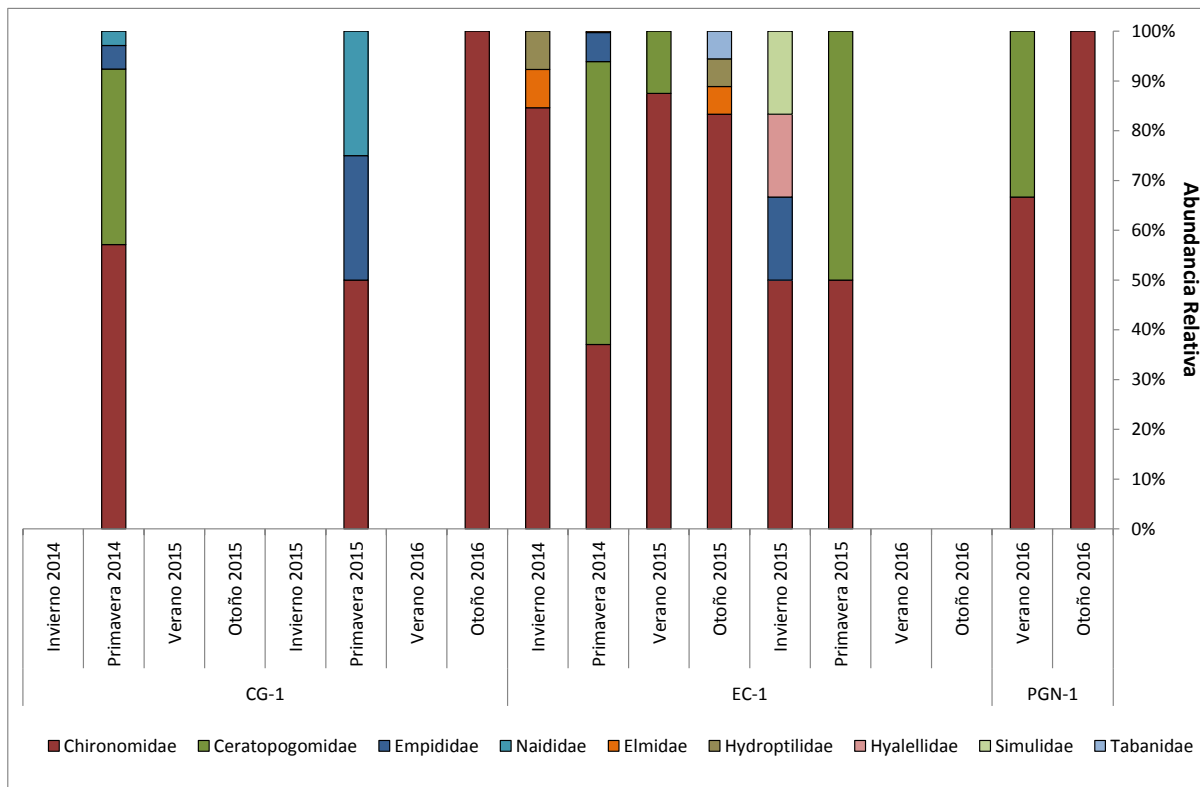
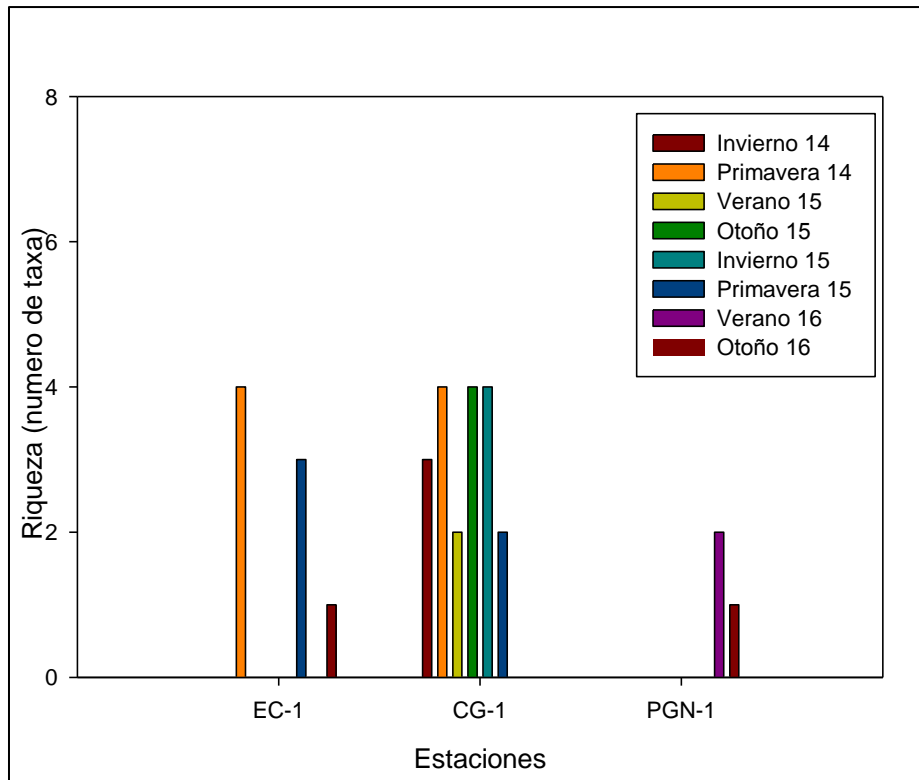
El análisis ANOSIM mostró que no existen diferencias entre las distintas estaciones de muestreo (R: 0,007; p: 0,375), la comparación entre las temporadas de muestreo tampoco evidenció diferencias (R: -0,018; p: 0,508).

En este grupo de estaciones los taxa dominante corresponden a Ceratopogonidae y Chironomidae.

En la estación CG-1 el taxa dominante correspondió a Chironomidae, en EC-1 y PGN-1 esta situación se repitió.

**Figura 3.4-151. Variables comunitarias de zoobentos en Otras Quebradas.**





Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton

En la quebrada Paguana no se ha encontrado a la fecha agua suficiente para evaluar a esta comunidad.

La abundancia en la estación EC-1 fue baja con pocas variaciones entre campañas, mientras que para CG-1 durante invierno de 2015 se registró un valor particularmente alto de abundancia.

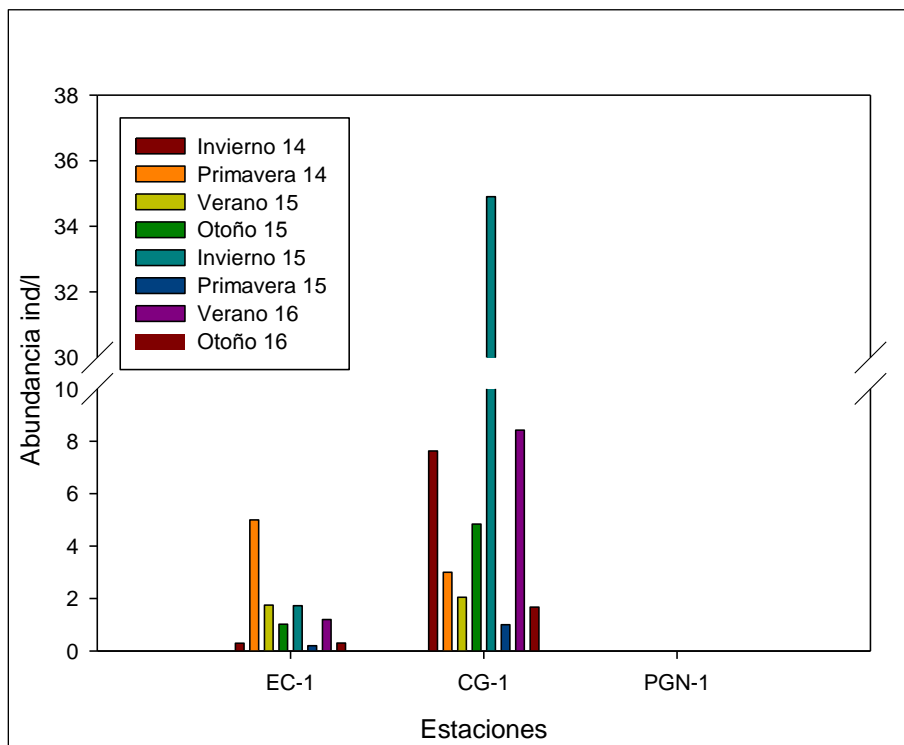
La riqueza en general fue baja, con valores cercanos a los cuatro taxa, más en las dos estaciones donde se obtuvieron registros se encontró un aumento en la riqueza durante primavera de 2014.

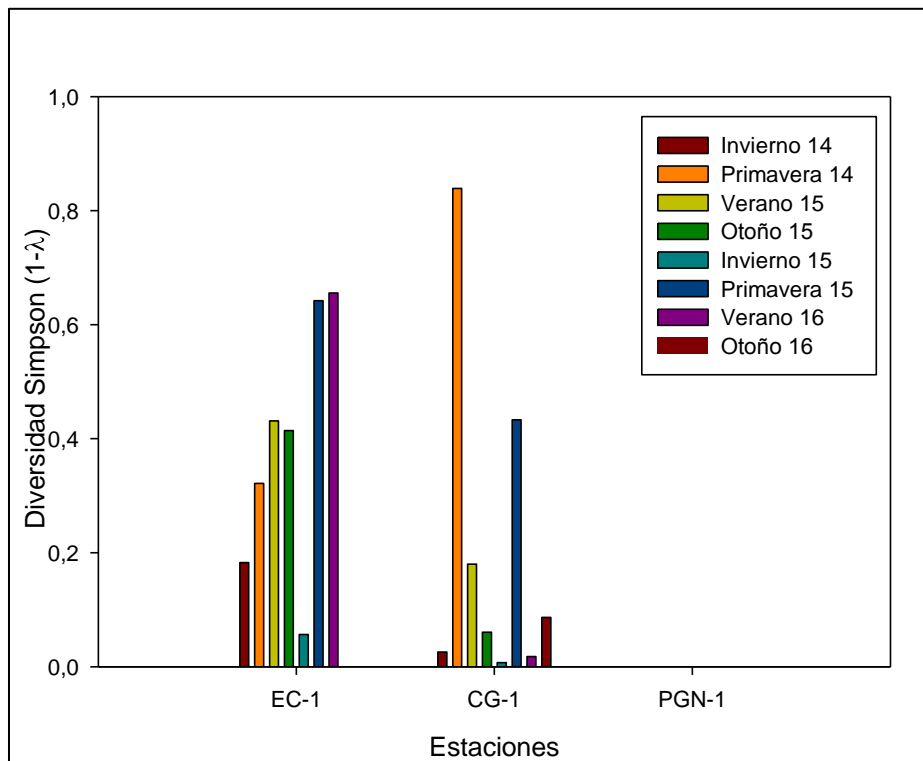
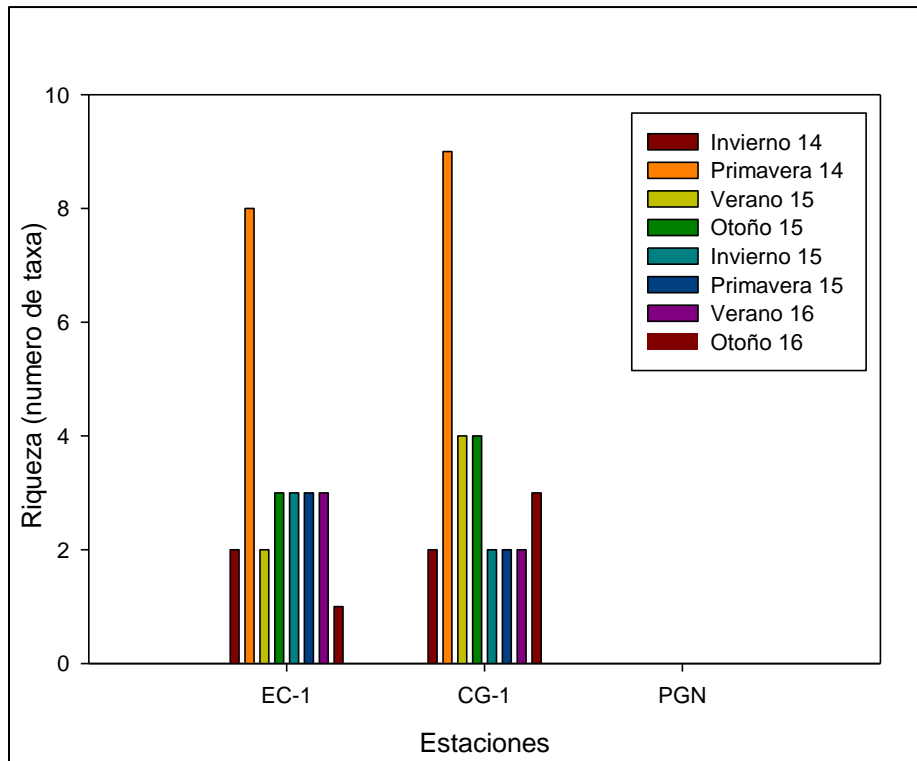
La diversidad registró variaciones con el cambio de campañas aunque cada estación se comportó de manera diferente.

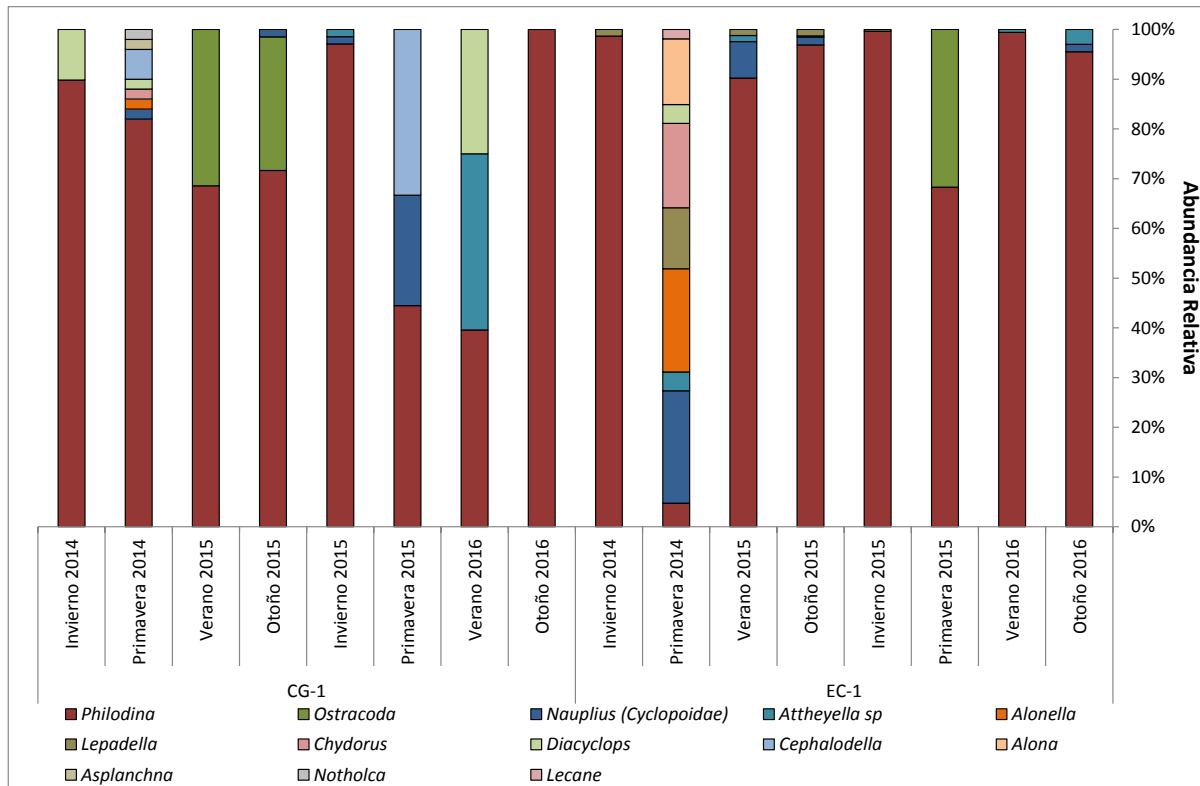
El análisis ANOSIM, mostró que existen diferencias entre las estaciones analizadas (R: 0,178; p: 0,034), por otra parte, no existen diferencias de acuerdo a este análisis entre las temporadas en que fueron desarrolladas las campañas (R: -0,034; p: 0,603).

El taxón más abundante corresponde a *Philodina* para este grupo de estaciones, además corresponde al taxón dominante en ambas estaciones durante prácticamente todo el estudio.

**Figura 3.4-152. Variables comunitarias de zooplancton en Otras Quebradas.**







Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.5.2.2 Área Obras Lineales

#### a) Sector Obras lineales

El Área Obras lineales toma este nombre debido a que reúne a diversas quebradas que están dentro del Sector de influencia de las obras lineales a desarrollarse al Oeste del Área Mina-Planta. Estas obras, incluyen los ductos que transportarán concentrado de cobre y el agua asociada a la planta desalinizadora.

#### a.1) QCH-1

En la quebrada Chipanita se definió una estación de muestreo ubicada aguas abajo al pie de la unión de tres quebradas de menor envergadura. El ancho del cauce fue de seis metros, y no se encontró escurrimiento superficial. El componente principal del sustrato fue arena. En las riberas se observó vegetación terrestre, tanto pajonal como arbustos.

**Fotografía 3.4-37. Vista general estación de muestreo QCH 1.**



Fuente: Elaboración Propia

a.2) QA-1

Estación ubicada en la quebrada de Amincha. El fondo de esta quebrada tiene aproximadamente 40 metros de ancho, y una altura en la ribera no mayor a los cuatro metros. Con un sustrato principalmente compuesto de arena.

**Fotografía 3.4-38. Vista general estación de muestreo QA1.**



Fuente: Elaboración Propia.

a.3) QSN-1

En el sector precordillerano se establecieron un conjunto de estaciones en quebradas sin un nombre específico, pero en donde se observan eventuales escurrimientos, especialmente durante la temporada estival. Esta quebrada sin nombre uno (1) no tiene escurrimiento superficial aparente y el sustrato correspondió a arena con inserciones de bolones. El ancho del cauce es de ocho metros y la altura de la ribera no supera el metro de altura.

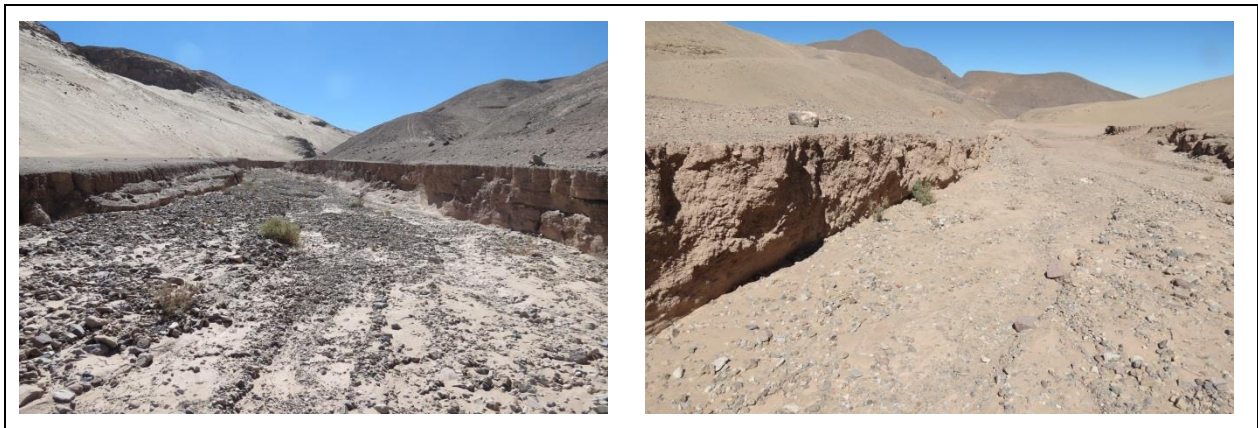


**Fotografía 3.4-39. Vista general estación de muestreo QSN1.**

Fuente: Elaboración Propia.

## a.4) QSN-2

En la quebrada sin nombre dos (2) se observó un cauce seco, de un ancho cercano a los 11 metros y una altura de ribera no superior a los 1,3 metros. El sustrato de la quebrada es de arena y guijarros.

**Fotografía 3.4-40 Vista general estación de muestreo QSN2.**

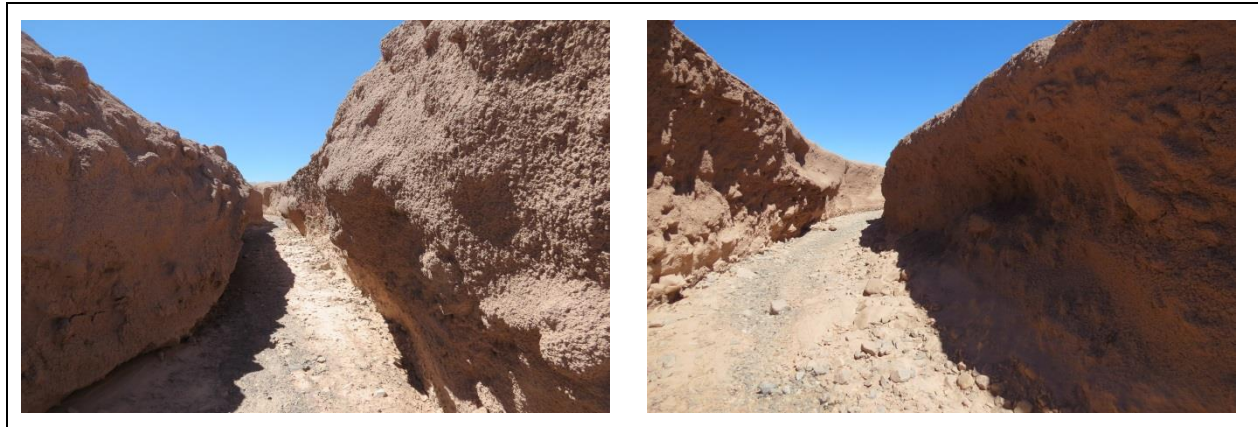
Fuente: Elaboración Propia.

## a.5) QG1

En las zonas más bajas del área de influencia se ubican la quebrada de Guatacondo. Esta, corresponde a una quebrada con un cauce profundo, con riberas de cerca de tres metros de altura, el ancho de la quebrada es cercano a los tres metros. El sustrato es en su mayor parte sedimento fino con inserción de bolones. Durante la campaña de otoño de 2015 se registró escurrimiento superficial.

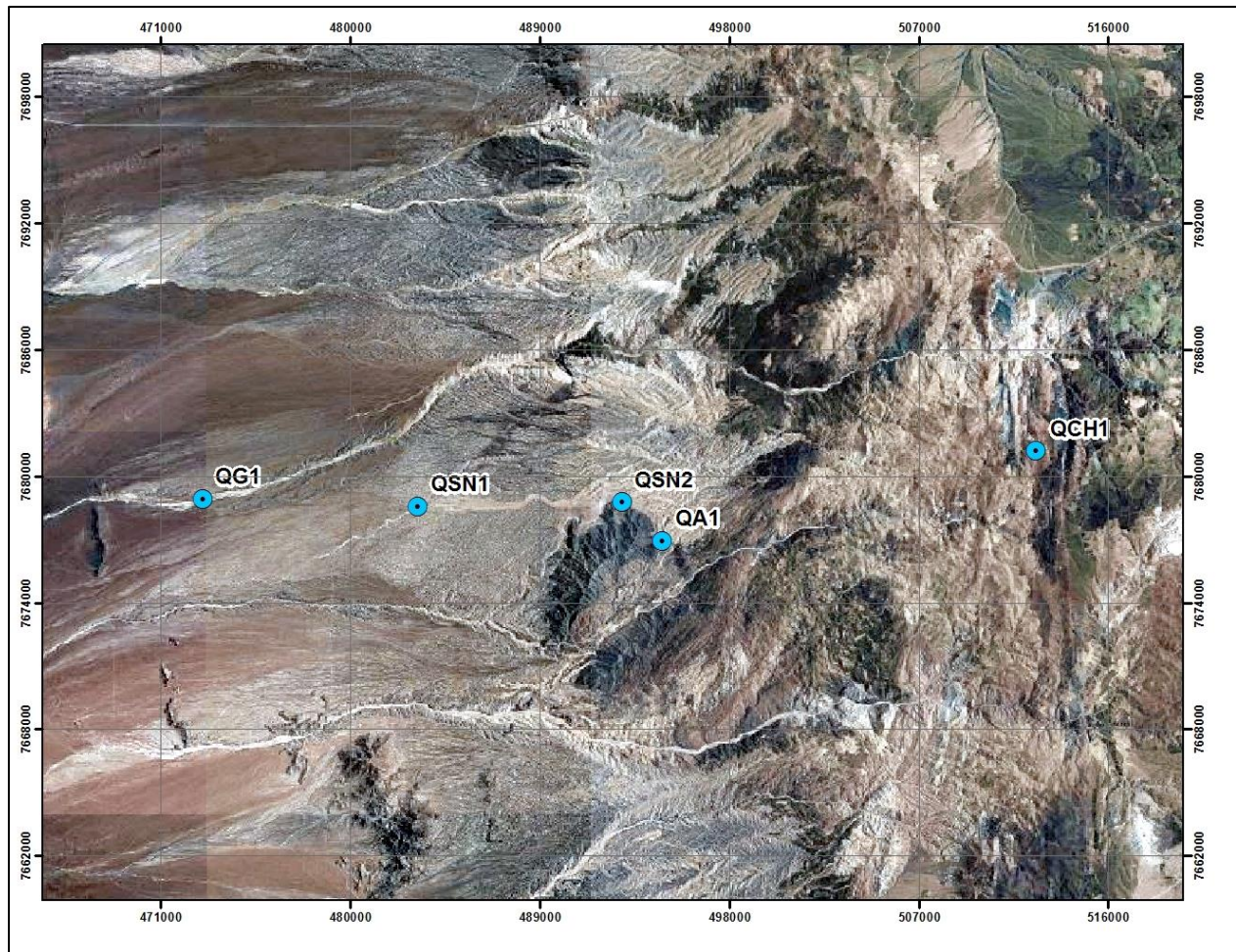


Fotografía 3.4-41. Vista general estación de muestreo QG1.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.4-153. Estaciones muestreo Área Obras lineales, sector Obras lineales



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que superan la normativa de referencia en una o más campañas, NCh 1.333 Of 78 para agua o Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos, sólo se consideró aquellas estaciones que presentaron al menos un valor por fuera de la norma en el parámetro graficado. Las línea en rojo, dan cuenta de los valores límite o rangos establecidos en la normativa. No se consideró graficar los valores obtenidos en calidad de agua debido a que existen registros de sólo una campaña y no se puede analizar una variación temporal con solo un dato.

a.6) Calidad de Agua

No se puede realizar un análisis comparativo dentro de esta quebrada ya que solo existe un registro de agua superficial.

De los parámetros de importancia limnológica los valores que se encuentran por sobre lo indicado para el adecuado desarrollo de vida acuática de acuerdo a la norma utilizada como referencia (NCh. 1.333) corresponden a conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. A la fecha solo se ha encontrado agua en una estación (QG1) durante la campaña de otoño 2015.

**Tabla 3.4-80. Resultados análisis parámetros importancia limnológica. Sector Obras lineales**

|                         |                      |            | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                           |                  |                      |                        |                          |                |                |
|-------------------------|----------------------|------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------|------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Sistema acuático        | Estación de muestreo | Campaña    | Temperatura (°C)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos Totales disueltos | Oxígeno disuelto | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrito (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |            |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                   | ≥ 5*             |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
| Obras lineales          | QG-1                 | Otoño 2015 | 10,2                                  | 8,79 | 6090                            | 3050                      | 7,75             | <500                 | <5000                  | 239                      | <50            | 11200          |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática, \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Para los macroelementos, como se indica en la Tabla, se registraron valores por sobre la norma de referencia (NCh. 1330. Of. 78) tanto para cloruro como para sulfato.

**Tabla 3.4-81. Resultados análisis macroelementos. Sector Obras lineales.**

| Sistema acuático | Estación de muestreo | Campaña    | MACROELEMENTOS |                |              |                |               |                 |
|------------------|----------------------|------------|----------------|----------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|
|                  |                      |            | Cloruro (mg/l) | Sulfato (mg/l) | Sodio (mg/l) | Potasio (mg/l) | Calcio (mg/l) | Magnesio (mg/l) |
| Límites NCh 1333 |                      |            | 200**          | 250**          |              |                |               |                 |
| Obras lineales   | QG-1                 | Otoño 2015 | 1003           | 1817           | 822          | 8              | 605           | 184             |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma.\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del grupo de metales, para molibdeno se superaron los niveles referenciales para agua de uso en riego (NCh. 1.333 Of 78), según la norma de referencia en la estación QG-1.

**Tabla 3.4-82. Resultados análisis de metales en agua. Sector Obras lineales**

| Sistema acuático | Estación de muestreo | Campaña    | METALES            |               |              |                 |              |               |             |                  |                  |                 |                 |
|------------------|----------------------|------------|--------------------|---------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                  |                      |            | Cromo total (mg/L) | Cadmio (mg/L) | Cobre (mg/l) | Mercurio (mg/l) | Plomo (mg/l) | Hierro (mg/l) | Boro (mg/l) | Manganeso (mg/l) | Molibdeno (mg/l) | Aluminio (mg/l) | Arsénico (mg/l) |
| Límites NCh 1333 |                      |            | 0,1**              | 0,01**        | 0,2**        | 0,001**         | 5**          | 5**           | 0,75**      | 0,2**            | 0,001**          | 5**             | 0,1**           |
| Obras lineales   | QG-1                 | Otoño 2015 | <0,05              | 0,01          | <0,05        | <0,001          | <0,05        | 0,45          | 15          | 0,033            | 0,04             | 0,7             | 0,005           |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma.\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Entre las variables orgánicas, se observa que la mayoría registró valores por debajo del límite de detección, y ninguna registró valores fuera de lo estipulado por la norma de referencia.

**Tabla 3.4-83. Resultados análisis variables orgánicas y otros. Sector Obras lineales**

| Sistema acuático | Estación de muestreo | Campaña    | COMPUESTOS ORGÁNICOS    |                              |                            |                                |             |            |             |                              |                              |
|------------------|----------------------|------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------|------------|-------------|------------------------------|------------------------------|
|                  |                      |            | Aceites y grasas (mg/l) | Hidrocarburos totales (mg/l) | Hidrocarburos fijos (mg/l) | Hidrocarburos volátiles (mg/l) | DBO5 (mg/l) | DQO (mg/l) | Detergentes | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |
| Límites NCh 1333 |                      |            |                         |                              |                            |                                |             |            |             | 1000**                       |                              |
| Obras lineales   | QG-1                 | Otoño 2015 | <5                      | <10                          | <5                         | <0,05                          | <10         | 15         | <0,5        | 790                          | 7900                         |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.



Finalmente, se determinó que las concentraciones de clorofila “a” obtenidas en el Área Obras lineales, estación QG-1, corresponden a un sistema de características oligotróficas de acuerdo a lo propuesto por Dodds *et al.* (1998).

**Tabla 3.4-84. Resultados análisis clorofila “a”. Sector Obras lineales.**

| Sistema acuático | Estación de Muestreo | Campaña    | Clorofila "a" en agua µg/l |
|------------------|----------------------|------------|----------------------------|
| Obras lineales   | QG-1                 | Otoño 2015 | 1,02                       |

Fuente: Elaboración Propia

a.7) Sedimentos

El análisis ANOSIM mostró que no existen diferencias entre las estaciones del sector (R:-0,022;p: 0,591), mientras que al comparar entre las temporadas de desarrollo de las campañas, el análisis ANOSIM mostró diferencias entre ellas (R: 0,324; p:0,035), el análisis pareado *a posteriori* mostro diferencias entre Verano/Invierno.

El análisis de metales en sedimentos del Área Obras Lineales, no presentó valores que puedan afectar o ser un peligro para la biota del sector de acuerdo a la guía de referencia utilizada (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)), con la excepción de los valores de Arsénico encontrados durante la campaña de verano.

**Tabla 3.4-85. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Obras Lineales.**

| Detalle por quebrada  | Estación de Muestreo | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |           |       |         |       |            |         |            |           |      |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------|-----------|-------|---------|-------|------------|---------|------------|-----------|------|
|                       |                      | Aluminio                      | Arsénico  | Bario | Berilio | Boro  | Cadmio     | Cobalto | Cobre      | Cromo     |      |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                               | <b>17</b> |       |         |       | <b>3,5</b> |         | <b>197</b> | <b>90</b> |      |
| Q. Amincha            | QA1                  | Invierno 2014                 | 6151      | 0,075 | 43      | 0,10  | 34         | < 0,5   | 5,80       | 30,20     | 4,50 |
|                       |                      | Verano 2015                   | 3529      | 21,63 | 56      | 0,6   | 28         | 0,5     | 10,1       | 56        | 4,2  |
|                       |                      | Invierno 2015                 | 3863      | 16,8  | 38      | < 0,1 | 13         | < 0,1   | 4,1        | 25        | 2,4  |
| Q. Chipanita          | QCH                  | Invierno 2014                 | 4564      | 2,38  | 71      | 0,21  | 58         | < 0,5   | 10,7       | 61,0      | 10,8 |
|                       |                      | Verano 2015                   | 15938     | 70,36 | 106     | 0,6   | 70         | 1,1     | 18,7       | 87,6      | 14,2 |
|                       |                      | Invierno 2015                 | 6296      | 32,3  | 44      | 0,2   | 18         | 0,2     | 5,8        | 16        | 5,1  |
| Q. Guatacondo         | QG1                  | Invierno 2014                 | 12498     | 0,081 | 82      | 0,25  | 32         | < 0,5   | 4,4        | 37,3      | 3,7  |
|                       |                      | Verano 2015                   | 6746      | 36,37 | 144     | 0,6   | 42         | 0,6     | 7,6        | 68        | 5,8  |
|                       |                      | Otoño 2015                    | 8072      | 25,27 | 100     | 0,6   | < 1        | 0,2     | 7,5        | 57        | 4,5  |
|                       |                      | Invierno 2015                 | 7224      | 21,9  | 15      | < 0,1 | 55         | < 0,1   | 5,4        | 39        | 4,1  |
| Qda. Sin Nombre       | QSN1                 | Invierno 2014                 | 7221      | 0,084 | 54      | 0,14  | 30         | < 0,5   | 3,90       | 19,20     | 3,50 |
|                       |                      | Verano 2015                   | 4469      | 22,8  | 59      | 0,2   | 34         | 0,5     | 5,8        | 36        | 4,6  |

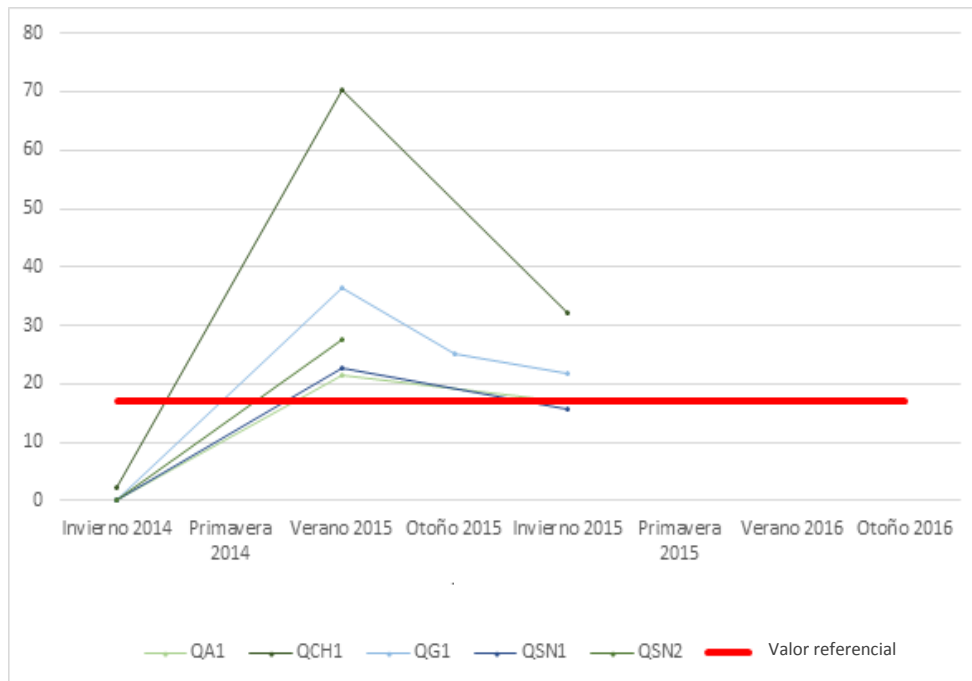
| Detalle por quebrada  | Estación de Muestreo | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |       |        |         |       |       |      |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------|----------|-------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|------|
|                       |                      | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro  | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |      |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                               | 17       |       |         |       | 3,5    |         | 197   | 90    |      |
|                       |                      | Invierno 2015                 | 3713     | 15,8  | 35      | < 0,1 | 15     | < 0,1   | 2,4   | 21    | 1,6  |
|                       | QSN2                 | Invierno 2014                 | 5637     | 0,092 | 45      | 0,13  | 26     | 0,500   | 3,90  | 21,90 | 2,90 |
|                       |                      | Verano 2015                   | 4448     | 27,57 | 86      | 0,5   | 29     | 1,1     | 7,1   | 58    | 3,8  |
|                       |                      | Invierno 2015                 | 2928     | 15    | 47      | 0,3   | 11     | 1,1     | 4,9   | 23    | 1,8  |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma.\*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

Fuente: Elaboración propia

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los límites referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-154. Arsénico mg/Kg, sector Obras Lineales.**



**Tabla 3.4-86. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Obras Lineales.**

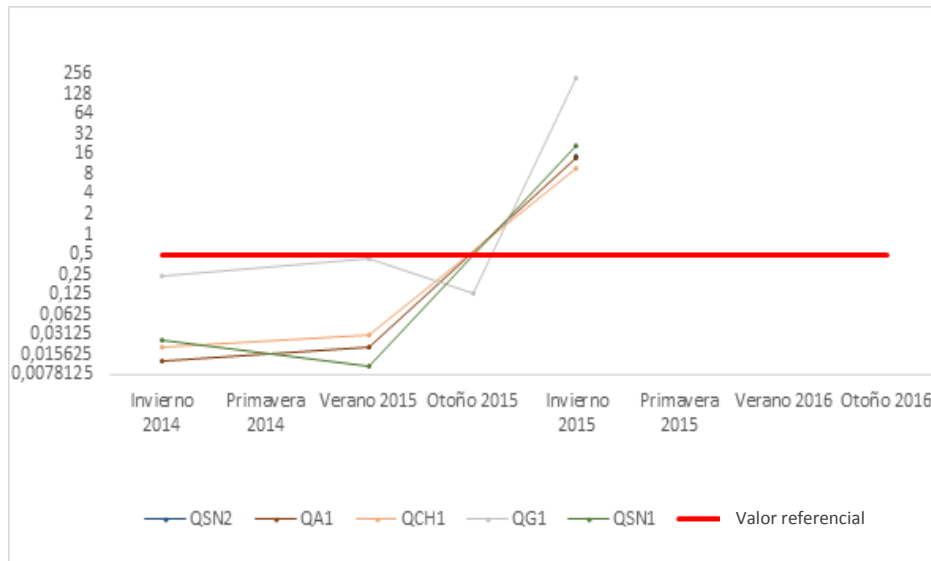
| Detalle por estación  | Estación de Muestreo |               | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|------|------------|
|                       |                      |               | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |      | <b>315</b> |
| Q. Amincha            | QA1                  | Invierno 2014 | 6388                          | 2.821    | 333       | 0,01         | 1,70      | 6,70   | < 1   | 7,10  | 21          | 32,7 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 8032                          | 3115     | 634       | 0,02         | 2         | 11,1   | < 1   | 9,3   | 20          | 38   |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2664                          |          | 213       | 13,8         | < 0,05    | 6,1    | < 1   | 4,8   | 6           | 24   |            |
| Q. Chipanita          | QCH                  | Invierno 2014 | 8.540                         | 6.565    | 464       | 0,02         | 1,2       | 11,9   | < 1   | 2,8   | 36          | 32,7 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 17924                         | 9840     | 902       | 0,03         | 1,4       | 20,2   | < 1   | 9,6   | 76          | 48,1 |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 4087                          |          | 267       | 9,7          | <0,01     | 6,3    | < 1   | 4,1   | 16          | 18   |            |
| Q. Guatacondo         | QG1                  | Invierno 2014 | 5670                          | 4077     | 272       | 0,23         | 1,4       | 5,5    | < 1   | 12,2  | 16          | 32,9 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 10317                         | 4347     | 544       | 0,42         | 2         | 10,2   | 1,4   | 28,5  | 32          | 51   |            |
|                       |                      | Otoño 2015    | 6071                          | 2820     | 585       | 0,13         | 1,6       | 9,2    | < 1   | 14,6  | 17          | 42   |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 425                           |          | 399       | 227          | < 0,05    | 7,6    | < 1   | 8,8   | 13          | 37   |            |
| Qda. Sin Nombre       | QSN1                 | Invierno 2014 | 5290                          | 2.963    | 219       | 0,03         | 1,00      | 4,60   | < 1   | 7,10  | 15          | 27,6 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 9042                          | 3246     | 403       | 0,01         | 1         | 6,7    | < 1   | 9,8   | 29          | 39   |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2039                          |          | 165       | 22           | < 0,05    | 3,2    | < 1   | 5,1   | 6           | 16   |            |
|                       | QSN2                 | Invierno 2014 | 4815                          | 2447     | 219       | 0,03         | 1,00      | 5,20   | < 1   | 6,90  | 14          | 33,8 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 7580                          | 3096     | 456       | 0,02         | 2         | 9,2    | < 1   | 12,3  | 23          | 55   |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 2416                          |          | 255       | 14,6         | 0,2       | 7,7    | < 1   | 6,4   | 6           | 54   |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma.\*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CCME, 1999).Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-155. Mercurio mg/Kg, sector Obras Lineales.**



En el análisis de compuestos orgánicos, no se identificaron valores altos que presenten peligro para la biota de acuerdo a la guía de referencia utilizada.

**Tabla 3.4-87. Resultados análisis de parámetros orgánicos. Sector Obras Lineales.**

| Detalle por estación | Estación de Muestreo |               | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|---------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |               | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| <b>Peligro biota</b> |                      |               | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |
| Q. Amincha           | QA1                  | Invierno 2014 | <0,01                        | 2,8                     | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | <0,01                        | < 50                    | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015 | 11100                        | < 0,1                   | 9,5                 |
| Q. Chipanita         | QCH                  | Invierno 2014 | <0,01                        | 0,30                    | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | 0,46                         | < 50                    | <50                 |
|                      |                      | Invierno 2015 | 29300                        | < 0,1                   | 47                  |
| Q. Guatacondo        | QG1                  | Invierno 2014 | <0,01                        | 2,6                     | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | <0,01                        | < 50                    | < 50                |
|                      |                      | Otoño 2015    | 1,31                         | < 0,1                   | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015 | 16300                        | < 0,1                   | 18,5                |
| Qda. Sin Nombre      | QSN1                 | Invierno 2014 | <0,01                        | 2,3                     | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | 2,47                         | < 50                    | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015 | < 0,01                       | < 0,1                   | 46                  |
|                      | QSN2                 | Invierno 2014 | <0,01                        | 2,8                     | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | <0,01                        | < 50                    | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015 | < 0,01                       | < 0,1                   | 27                  |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto al análisis granulométrico del Área de Obras Lineales, se corresponde con lo observado en terreno, principalmente corresponde a sedimentos de tipo arena gruesa.

**Tabla 3.4-88. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Obras Lineales.**

| Sistema acuático | Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTOS |       |       |            |       |       |       |             |       |  |
|------------------|----------|---------------------|--------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|--|
|                  |          |                     | Arena gruesa             |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |       |  |
|                  |          | Unidad medida       | % Retención              |       |       |            |       |       |       |             |       |  |
|                  |          | Apertura Malla (mm) | 2                        | 1     | 0,5   | 0,25       | 0,125 | 0,088 | 0,074 | 0,063       | 0,044 |  |
| Q. Chipanita     | QCH      | Invierno 2014       | 55,15                    | 3,74  | 13,08 | 3,76       | 1,52  | -     | -     | -           | 1,01  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 37,39                    | 21,49 | 17,99 | 12,18      | 8,45  |       |       |             | 2,38  |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 33,41                    | 15,55 | 14,86 | 10,22      | 6,39  |       |       | 6,67        |       |  |
| Q. Amincha       | QA1      | Invierno 2014       | 23,59                    | 9,75  | 7,94  | 14,56      | 35,28 | -     | -     | -           | 5,41  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 33,13                    | 17,72 | 12,23 | 9,54       | 10,58 |       |       |             | 33,13 |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 16,64                    | 5,51  | 5,86  | 8,73       | 15,93 |       |       | 18,41       |       |  |
| Q. Guatacondo    | QG1      | Invierno 2014       | 0,55                     | 0,05  | 1,11  | 20,42      | 25,67 | -     | -     | -           | 5,34  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 5,75                     | 2,61  | 3,55  | 7,87       | 41,97 |       |       |             | 5,75  |  |
|                  |          | Otoño 2015          | 7,32                     | 11,9  | 16,29 | 11,54      | 42,28 |       |       |             | 9,15  |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 24,37                    | 2,89  | 0,91  | 0,83       | 2,56  |       |       | 3,08        |       |  |
| Qda. Sin Nombre  | QSN1     | Invierno 2014       | 12,01                    | 1,37  | 4,73  | 24,53      | 30,49 | -     | -     | -           | 5,98  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 2,04                     | 1,53  | 8,98  | 33,82      | 41,93 |       |       |             | 2,04  |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 10,99                    | 5,19  | 6,34  | 15,56      | 30,44 |       |       | 14,97       |       |  |
|                  | QSN2     | Invierno 2014       | 22,53                    | 4,4   | 2,5   | 19,19      | 36,97 | -     | -     | -           | 6,85  |  |
|                  |          | Verano 2015         | 0,32                     | 0,33  | 0,25  | 2,77       | 51,11 |       |       |             | 0,32  |  |
|                  |          | Invierno 2015       | 14,05                    | 5,34  | 4,14  | 10,31      | 24,43 |       |       | 18,24       |       |  |

Fuente: Elaboración propia.

a.8) Biota acuática

- Anfibios

No se encontraron individuos de este grupo en el sector.

- Macrófitas

No se encontró este componente en las estaciones de muestreo evaluadas.



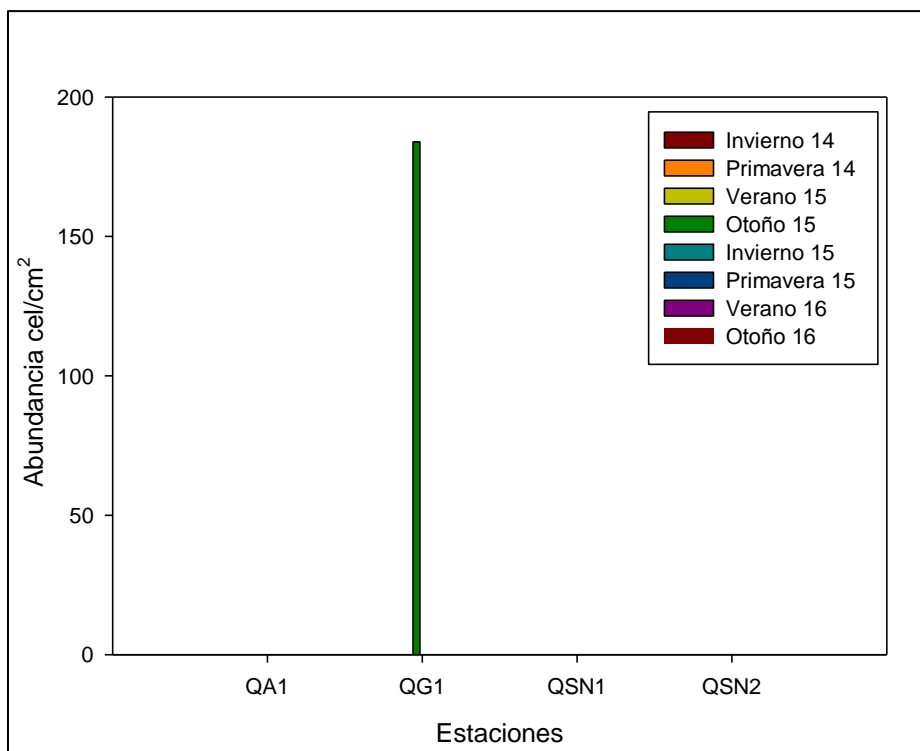
- Fitobentos

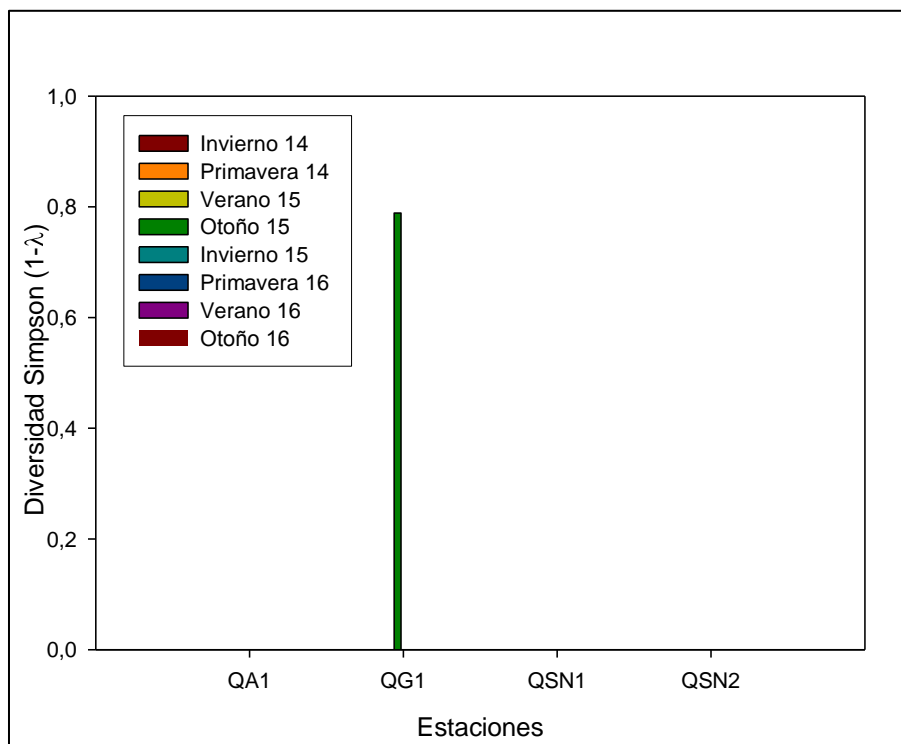
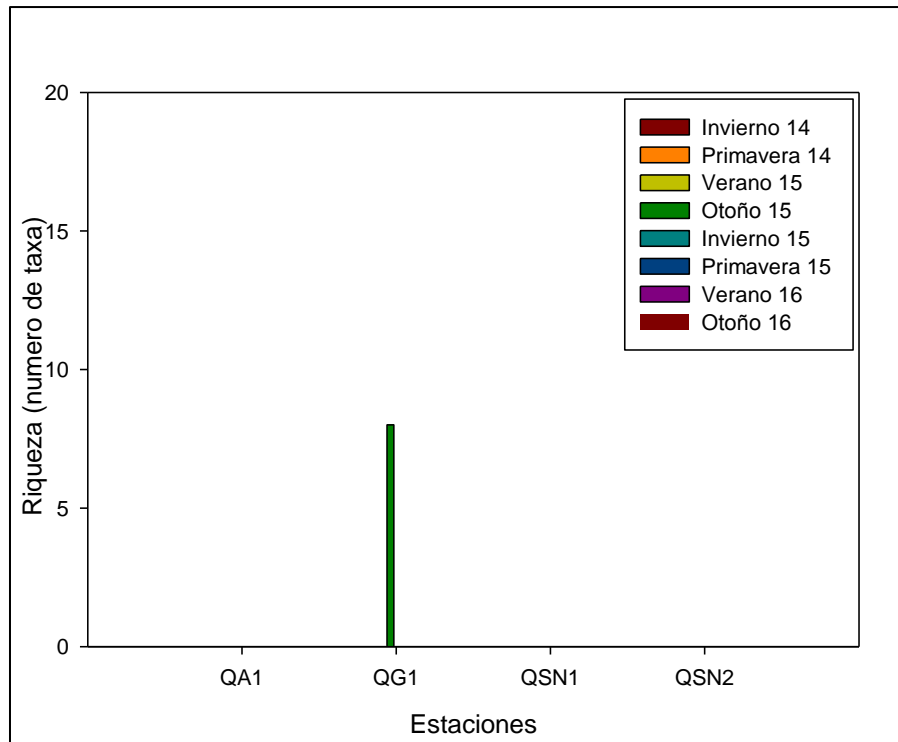
De manera anormal se registró la presencia de agua en la quebrada Guatacondo durante otoño de 2015, lo que permitió el desarrollo de la toma de muestras. El resto de las quebradas no mostró flujo superficial de agua durante el desarrollo de las campañas.

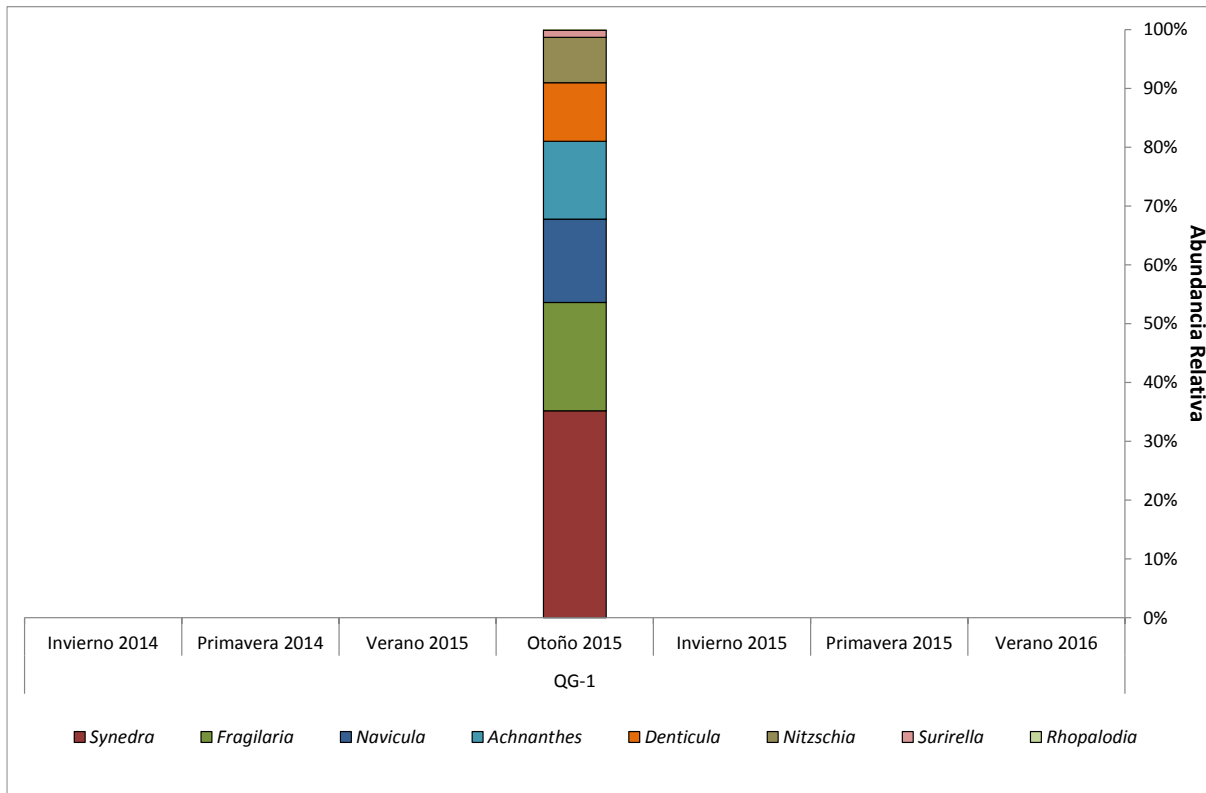
No se pudo desarrollar el análisis ANOSIM en este sector ya que solo se cuenta con una muestra correspondiente a una estación.

Los taxa dominantes observados corresponden a Synedra y Fragilaria.

**Figura 3.4-156. Variables comunitarias de Fitobentos en Sector Obras lineales.**







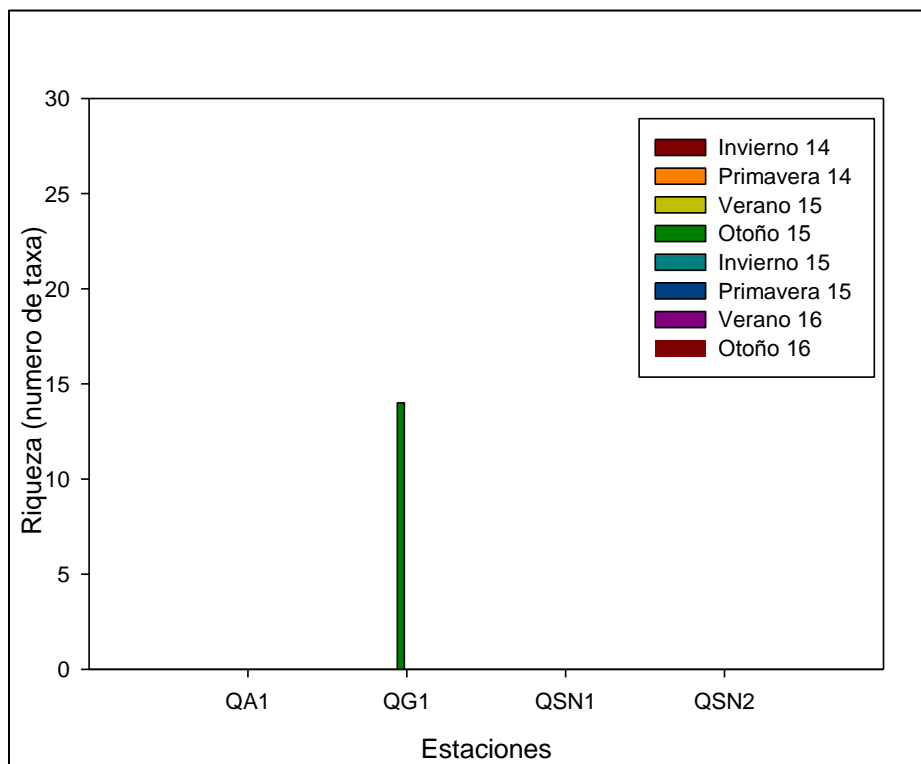
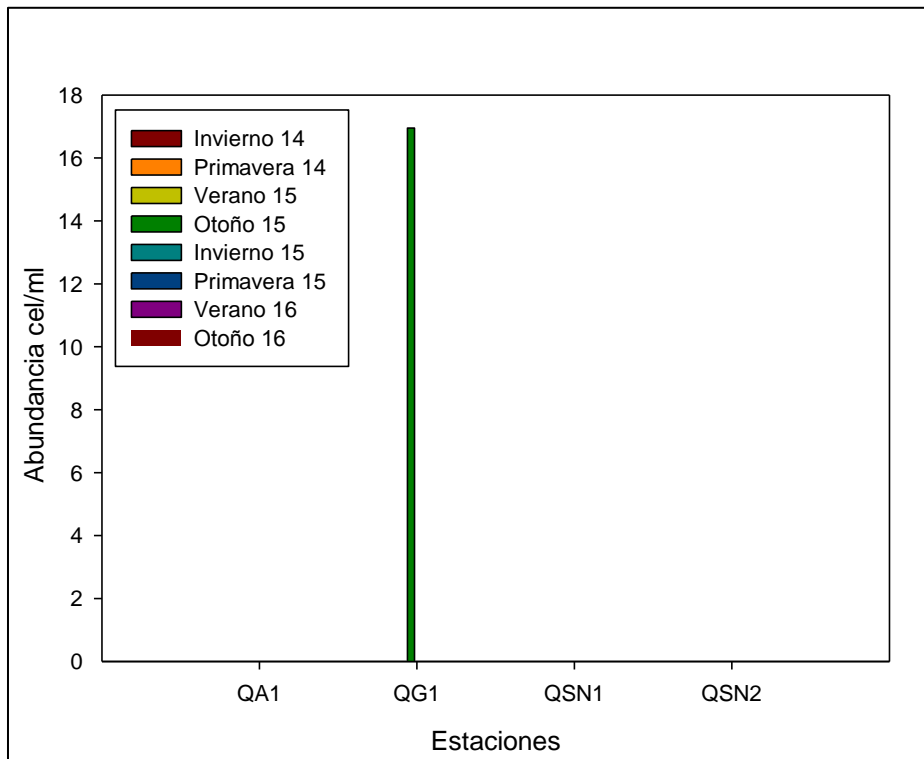
- Fitoplancton

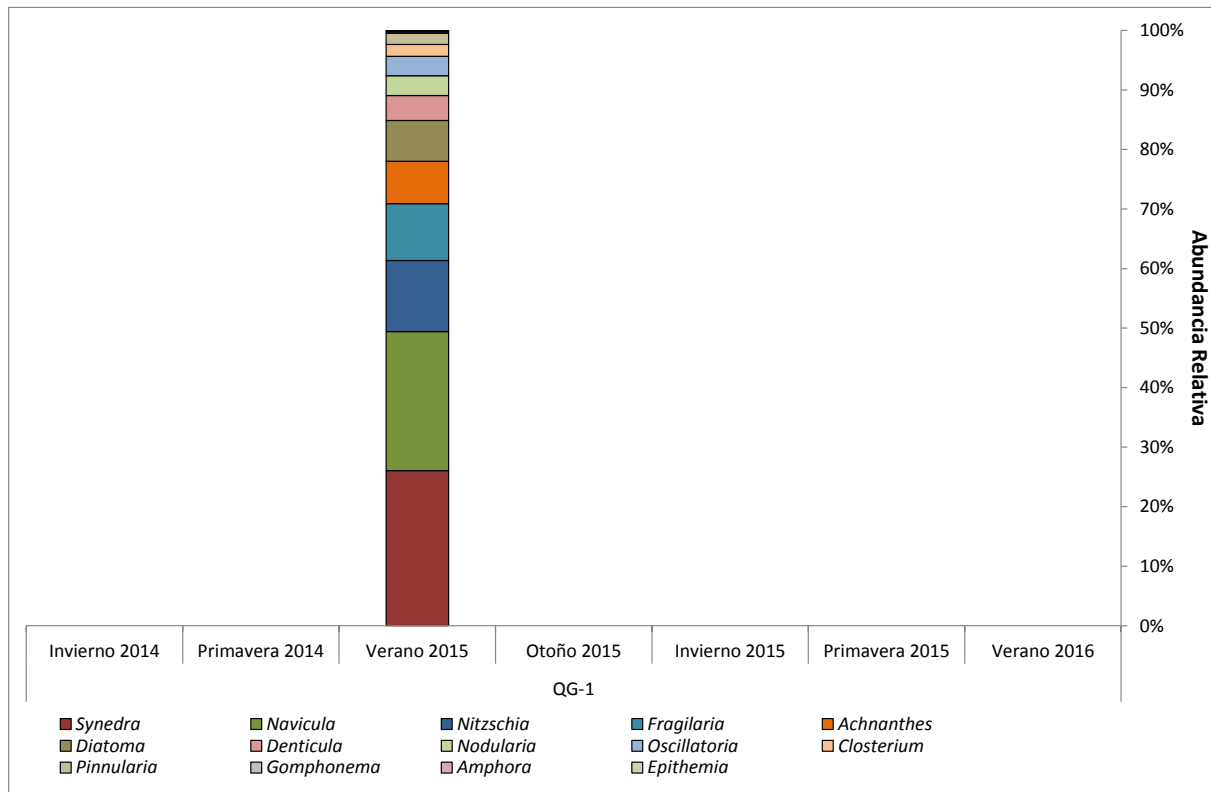
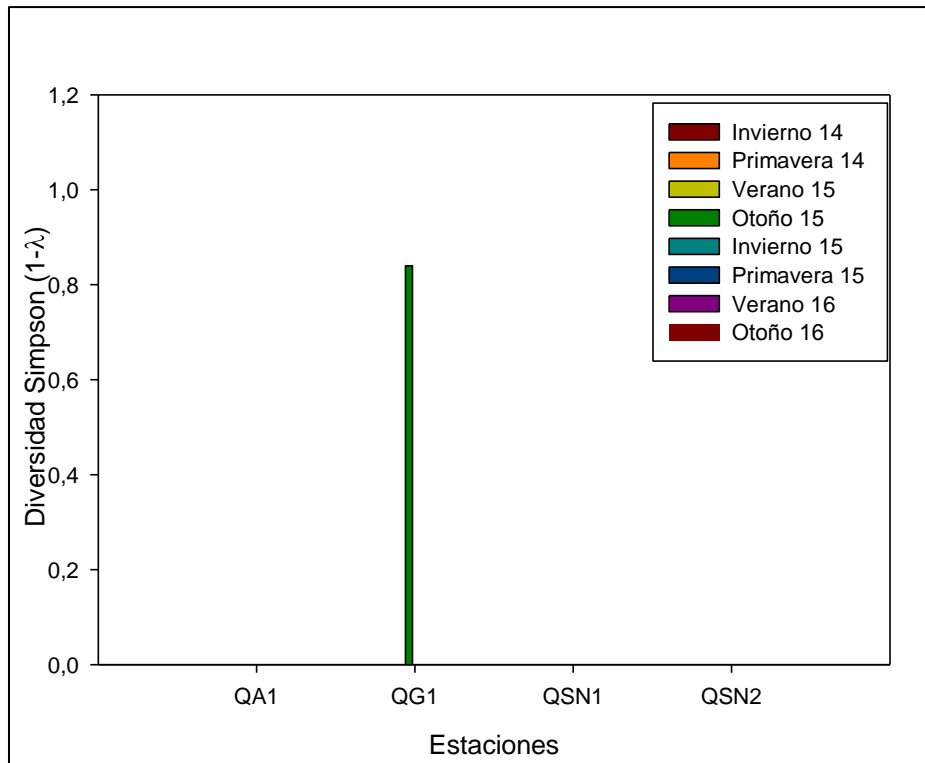
De manera anormal se registró la presencia de agua en la quebrada Guatacondo durante otoño de 2015 lo que permitió el desarrollo de la toma de muestras. El resto de las quebradas no mostró flujo superficial de agua durante el desarrollo de las campañas.

No se pudo desarrollar el análisis ANOSIM en este sector ya que solo se cuenta con una muestra correspondiente a una estación.

Los taxa dominantes registrados corresponden a Synedra y Navicula.

**Figura 3.4-157. Variables comunitarias de Fitoplancton en Sector Obras lineales.**





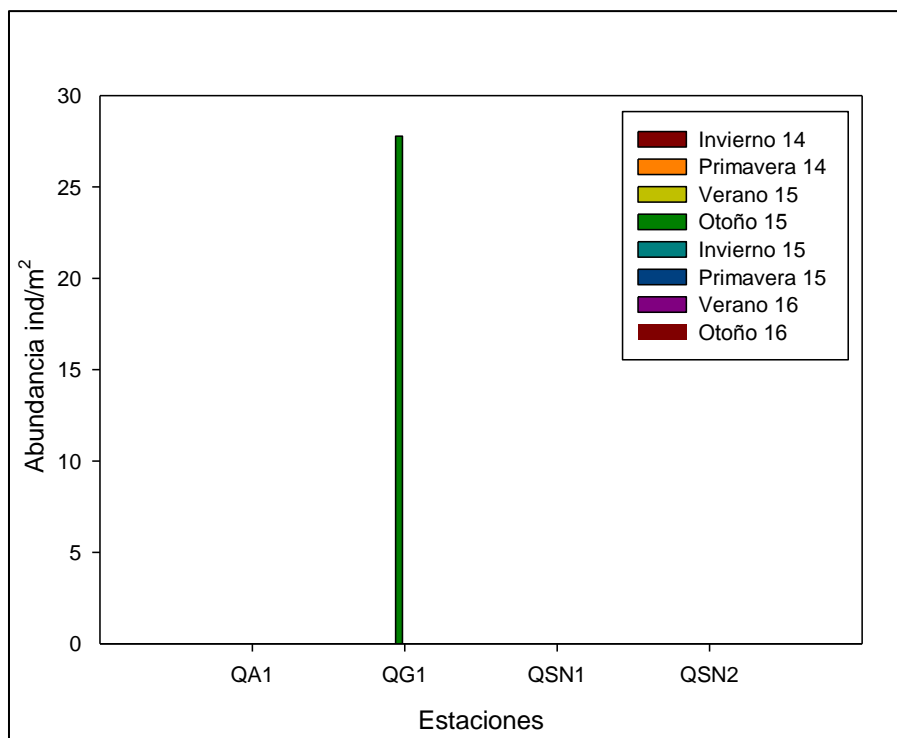
- Zoobentos

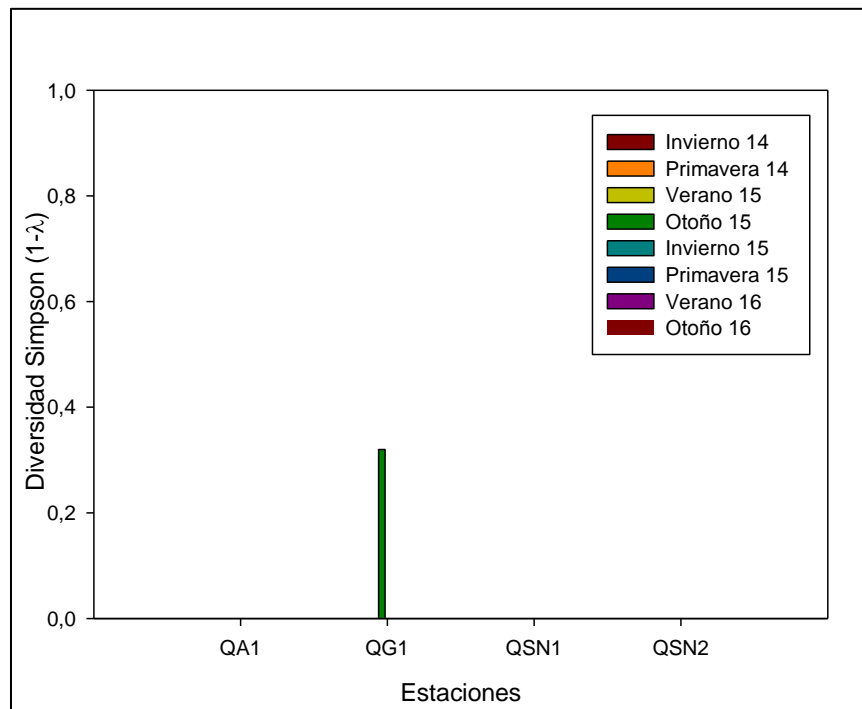
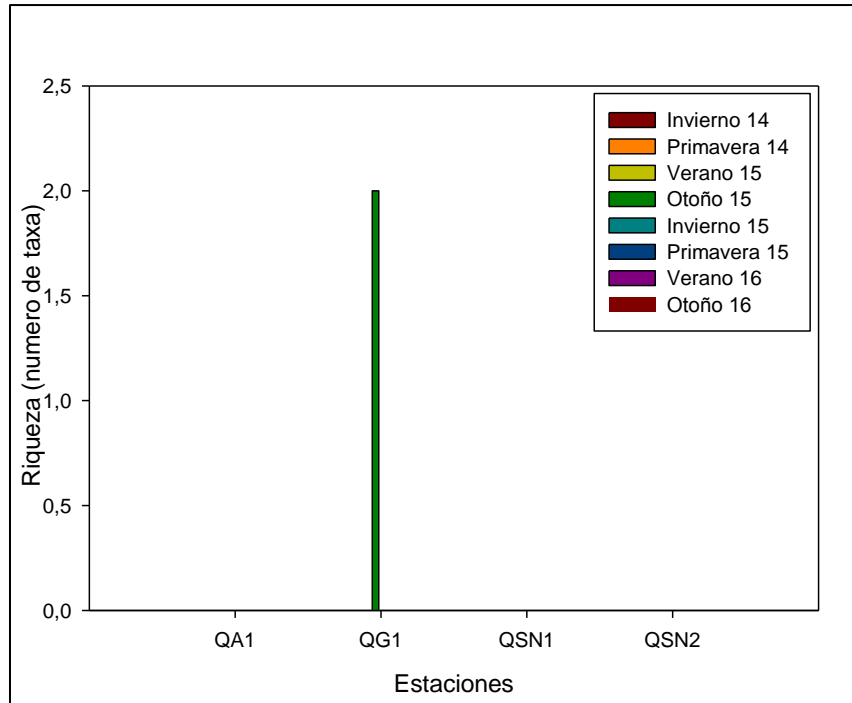
De manera anormal se registró la presencia de agua en la quebrada Guatacondo durante otoño de 2015 lo que permitió el desarrollo de la toma de muestras. El resto de las quebradas no mostró flujo superficial de agua durante el desarrollo de las campañas.

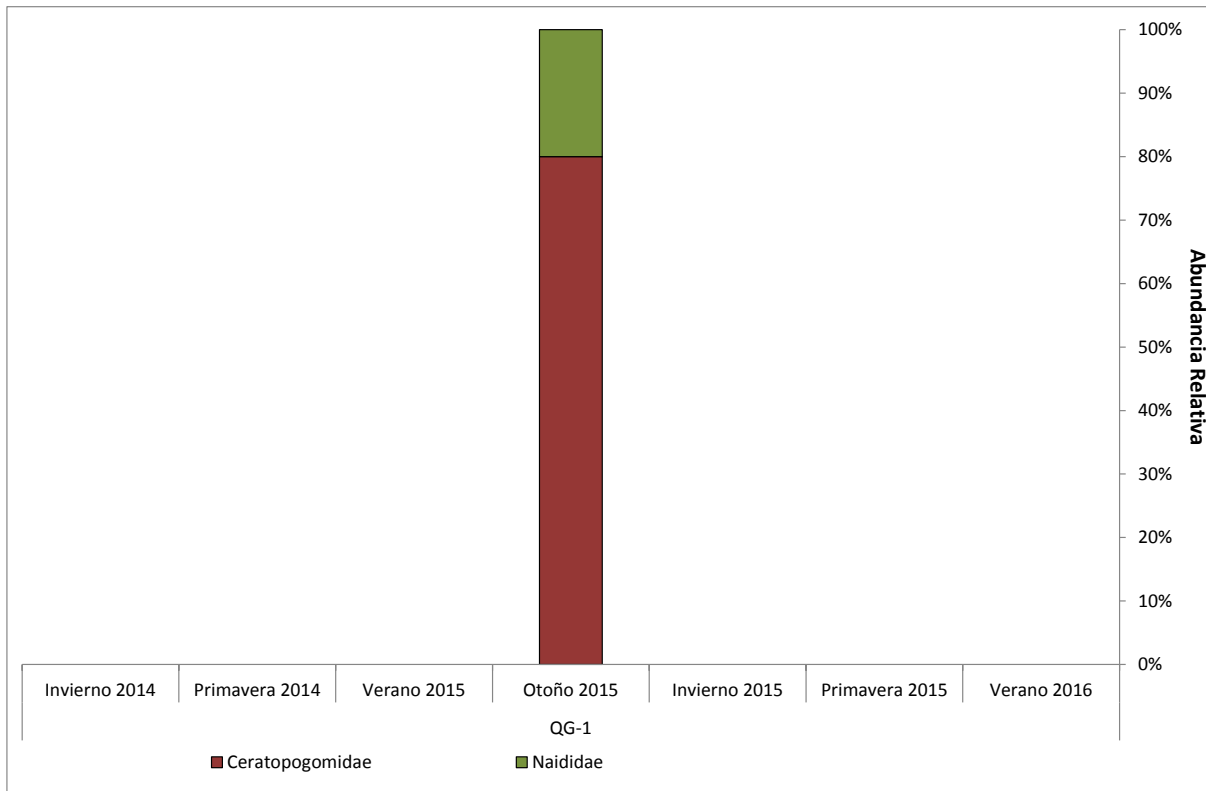
No se pudo desarrollar el análisis ANOSIM en este sector ya que solo se cuenta con una muestra correspondiente a una estación.

Solo se registraron dos taxa, Naididae y Ceratopogomidae siendo este último el más abundante.

**Figura 3.4-158. Variables comunitarias de zoobentos en Sector Obras lineales.**







- Zooplancton

No se detectó este grupo dentro de los muestreos realizados en este Sector

b) Sector Variante A-97B

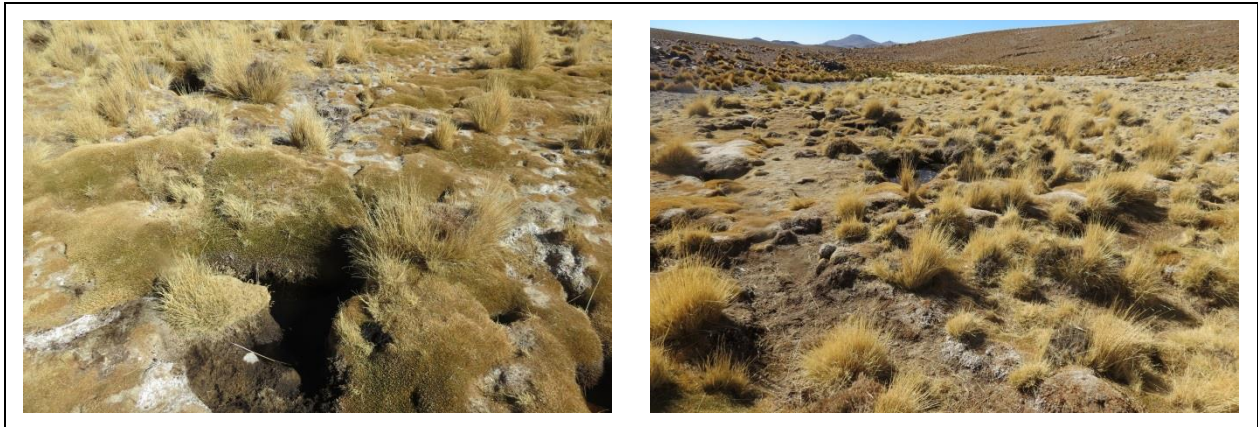
El Sector Variante A-97B reúne a seis estaciones ubicadas en el mismo número de quebradas, teniendo como lugar común que en todas ellas pasarán las obras asociadas a la Variante A-97B. Solo durante las campañas de invierno se encontró agua en una de las estaciones (BP1).

b.1) BP 1

En esta estación, durante la campaña de invierno se encontró dos pozas de agua que no están conectados superficialmente, el agua se encontró estancada en dichas pozas, mientras que en primavera, verano y otoño no se encontró agua superficial. En la ribera se observó cojinetes secos de *Oxychloe* y costras salinas.



**Fotografía 3.4-42. Vista general estación de muestreo BP1.**

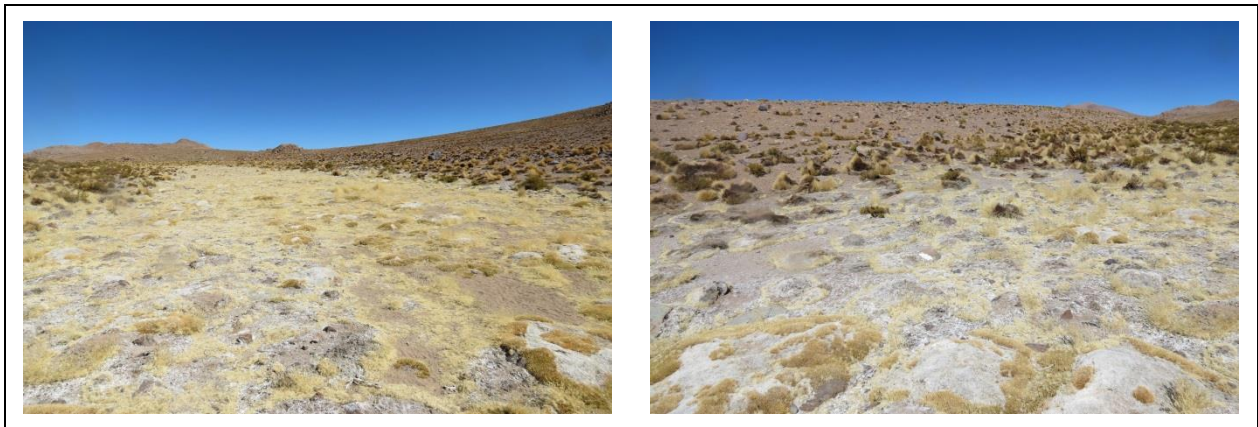


Fuente: Elaboración Propia.

b.2) BP 2

En esta quebrada se observó un cauce seco, de cerca de 25 metros de ancho, el que queda en evidencia por el cambio en la vegetación y por el sustrato blanquecino rico en sales.

**Fotografía 3.4-43. Vista general estación de muestreo BP2.**

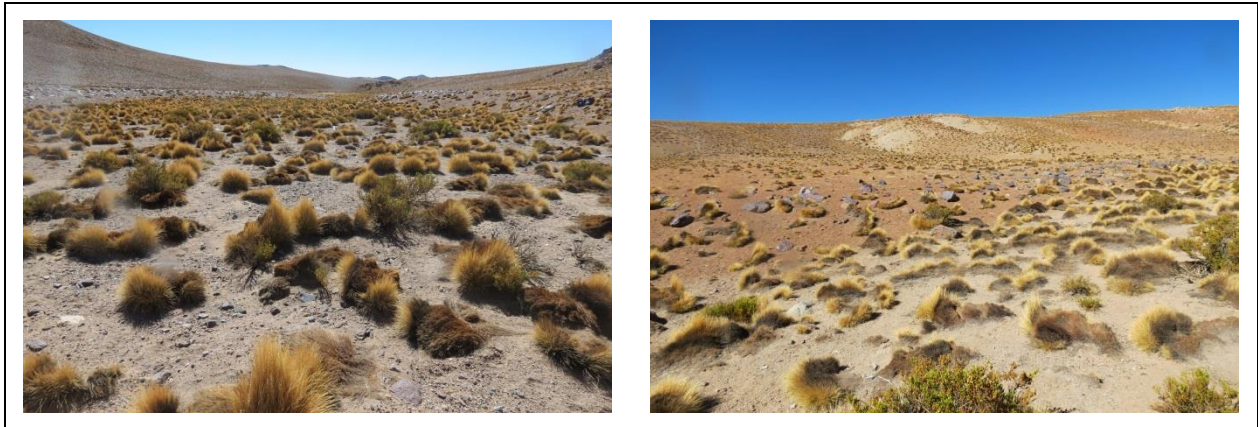


Fuente: Elaboración Propia.

b.3) BP 3

En esta quebrada el cauce está seco y es poco perceptible, no hay una diferencia marcada en la vegetación aunque hay un sector que correspondería al cauce seco que se caracteriza por un sustrato más blanquecino enriquecido en sales.

**Fotografía 3.4-44. Vista general estación de muestreo BP3.**



Fuente: Elaboración Propia.

b.4) BP 4

Corresponde a una quebrada con paredes de roca de más de 20 metros de altura, el fondo de la quebrada es de cerca de 25 metros de ancho y se encontró seco con un sustrato compuesto principalmente por arena y grava con inserciones de grandes rocas.

**Fotografía 3.4-45. Vista general estación de muestreo BP4.**



Fuente: Elaboración Propia.

b.5) BP5

Esta estación se encontró seca, corresponde a una quebrada con un sustrato compuesto principalmente por arena y grava, el ancho del fondo de quebrada es cercano a los ocho metros, aunque el canal central, más marcado en el fondo de quebrada tiene cerca de 20 cm de ancho.



**Fotografía 3.4-46. Vista general estación de muestreo BP 5.**



Fuente: Elaboración Propia.

b.6) BP6

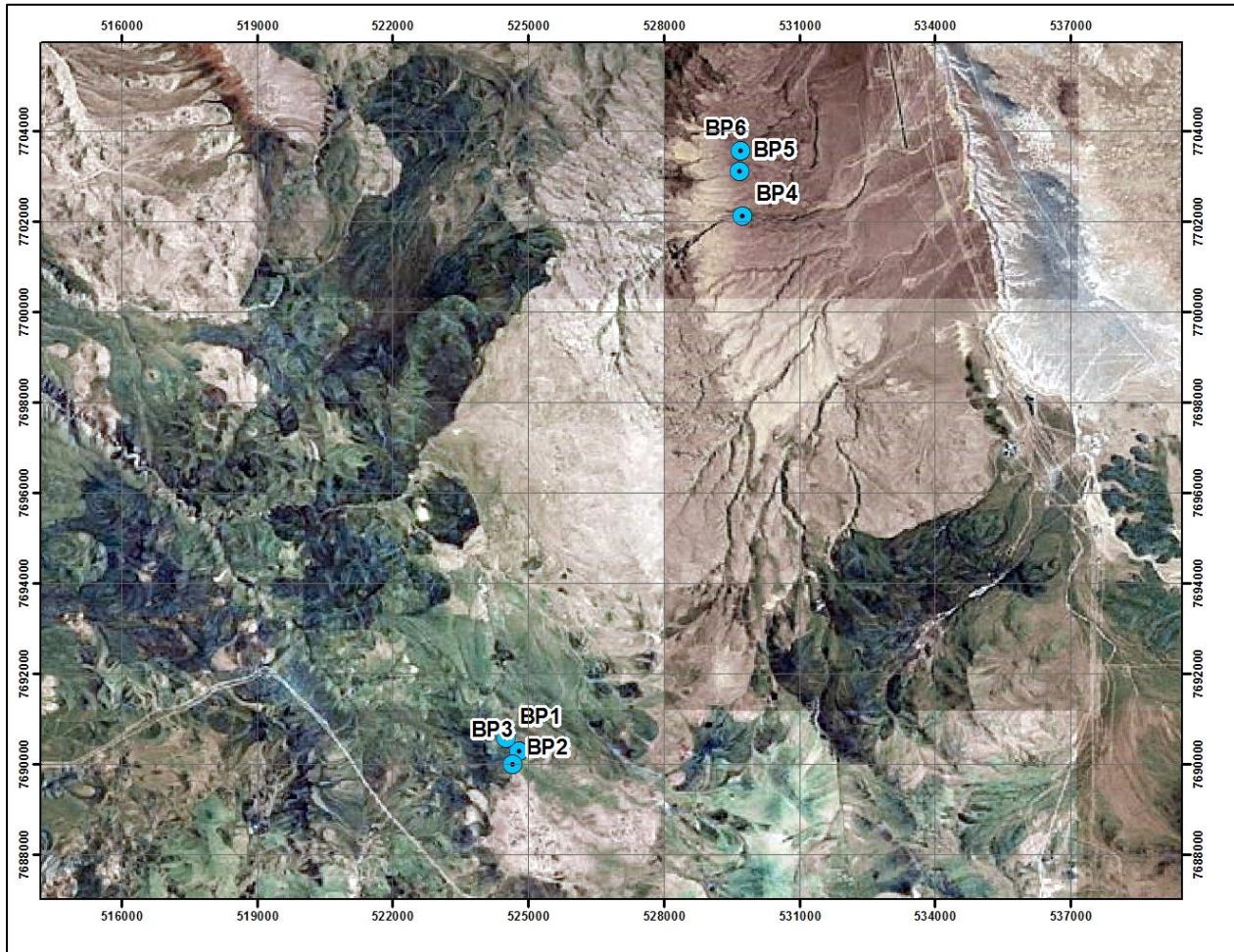
El fondo de esta quebrada es de cerca de seis metros, aunque el canal más profundo es de 0,8 metros de ancho. Está enmarcada por grandes rocas en la orilla que delimitan la quebrada. La vegetación zonal colonizó el lecho de la quebrada.

**Fotografía 3.4-47. Vista general estación de muestreo BP-6.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 3.4-159. Estaciones muestreo Área Obras Lineales, sector Variante A97B**



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática para el sector. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia. En las figuras a continuación de las tablas se representa el comportamiento de aquellos parámetros que superan la normativa de referencia en una o más campañas, NCh 1.333 Of 78 para agua o Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) para sedimentos, sólo se consideró aquellas estaciones que presentaron al menos un valor por fuera de la norma en el parámetro graficado. Las líneas en rojo, dan cuenta de los valores límite o rangos establecidos en la normativa. No se consideró graficar los valores obtenidos en calidad de agua debido a que existen registros de sólo una campaña y no se puede analizar una variación temporal con solo un dato.



b.7) Calidad de Agua

No se pudo realizar un análisis comparativo, considerando que solo existe una muestra completa en una estación para calidad de agua.

De los parámetros de importancia limnológica, el único valor que se encuentra bajo lo indicado en la norma utilizada de referencia, para el adecuado desarrollo de vida acuática, es el Oxígeno Disuelto con 4,22 mg/l. A la fecha solo se ha encontrado agua en una estación (BP1) durante las campañas de invierno. Durante invierno de 2015 el volumen de agua solo permitió evaluar las variables físicas y químicas *in situ*.

**Tabla 3.4-89. Resultados análisis parámetros importancia limnológica. Sector Variante A-97B**

|                       |                      |               | PARÁMETROS DE IMPORTANCIA LIMNOLÓGICA |      |                                 |                           |                   |                      |                        |                          |                |                |
|-----------------------|----------------------|---------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Sector                | Estación de muestreo | Campaña       | Temperatura (C°)                      | pH   | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Sólidos Totales disueltos | Oxígeno disuelto  | Fósforo total (µg/L) | Nitrógeno total (µg/L) | Alcalinidad total (mg/L) | Nitrito (µg/L) | Nitrato (µg/L) |
| Límites NCh 1333      |                      |               |                                       | 6-9* | ≤ 750**                         | ≤ 500**                   | ≥ 5*              |                      |                        | ≥ 20*                    |                |                |
| Sector Variante A-97B | BP-1                 | Invierno 2014 | 7,9                                   | 7,28 | 670                             | 334                       | 4,22              | <500                 | <5000                  | 173                      | <200           | <200           |
|                       |                      | Invierno 2015 | 5,3                                   | 8,66 | 352                             | 177                       | Agua insuficiente |                      |                        |                          |                |                |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Límite establecido para conservación de vida acuática, \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Para los macroelementos, como se indica en la Tabla 3.4-90 no se registraron valores por sobre la norma de referencia (NCh. 1330. Of. 78).

**Tabla 3.4-90. Resultados análisis macroelementos. Sector Variante A-97B.**

| Sistema acuático      | Estación de muestreo | Campaña       | MACROELEMENTOS |                |              |                |               |                 |
|-----------------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|
|                       |                      |               | Cloruro (mg/L) | Sulfato (mg/L) | Sodio (mg/L) | Potasio (mg/L) | Calcio (mg/L) | Magnesio (mg/L) |
| Límites NCh 1333      |                      |               | 200**          | 250**          |              |                |               |                 |
| Sector Variante A-97B | BP-1                 | Invierno 2014 | 56             | 82             | 27,04        | 11,1           | 55            | 17,33           |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del grupo de metales incluido en Tabla 3.4-91, para boro y molibdeno se superaron los niveles referenciales para agua de uso en riego, según la norma utilizada como referencia, en la estación BP-1.

**Tabla 3.4-91. Resultados análisis de metales en agua. Sector Variante A-97B.**

| Sistema acuático        | Estación de muestreo | Campaña       | METALES            |               |              |                 |              |               |               |                  |                  |                 |                 |
|-------------------------|----------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                         |                      |               | Cromo total (mg/L) | Cadmio (mg/L) | Cobre (mg/L) | Mercurio (mg/L) | Plomo (mg/L) | Hierro (mg/L) | Boro (mg/L)   | Manganeso (mg/L) | Molibdeno (mg/L) | Aluminio (mg/L) | Arsénico (mg/L) |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |               | <b>0,1**</b>       | <b>0,01**</b> | <b>0,2**</b> | <b>0,001**</b>  | <b>5**</b>   | <b>5**</b>    | <b>0,75**</b> | <b>0,2**</b>     | <b>0,001**</b>   | <b>5**</b>      | <b>0,1**</b>    |
| Sector Variante A-97B   | BP-1                 | Invierno 2014 | <0,05              | <0,01         | <0,05        | <0,001          | <0,05        | 0,19          | 1,6           | 0,05             | 0,05             | 0,16            | <0,002          |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del grupo de variables orgánicas, se observó que la mayoría registró valores por debajo del límite de detección, y ninguna registró valores fuera de lo estipulado por la norma de referencia.

**Tabla 3.4-92. Resultados análisis variables orgánicas y otro. Sector Variante A-97B.**

| Sistema acuático        | Estación de muestreo | Campaña       | COMPUESTOS ORGÁNICOS    |                              |                            |                                |             |            |                    |                              |                              |  |
|-------------------------|----------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------|------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|--|
|                         |                      |               | Aceites y grasas (mg/L) | Hidrocarburos totales (mg/L) | Hidrocarburos fijos (mg/L) | Hidrocarburos volátiles (mg/L) | DBO5 (mg/L) | DQO (mg/L) | Detergentes (mg/L) | Coliformes fecales NPM/100ml | Coliformes totales NPM/100ml |  |
| <b>Límites NCh 1333</b> |                      |               |                         |                              |                            |                                |             |            |                    |                              | <b>1000**</b>                |  |
| Sector Variante A-97B   | BP-1                 | Invierno 2014 | <10                     | <10                          | <10                        | <0,05                          | <10         | 11         | <0,5               | <1,8                         | 490                          |  |

\*\* Límite establecido para agua de riego.

Fuente: Elaboración propia..

Finalmente, se determinó que las concentraciones de clorofila “a” obtenidas en el Sector Variante A-97B, estación BP-1, corresponden a un sistema de características oligotróficas de acuerdo a lo propuesto por Dodds *et al.* (1998).

**Tabla 3.4-93. Resultados análisis clorofila “a”. Sector Variante A-97B**

| Sistema acuático      | Estación de Muestreo | Campaña       | Clorofila "a" en agua µg/L |
|-----------------------|----------------------|---------------|----------------------------|
| Sector Variante A-97B | BP-1                 | Invierno 2014 | 3,33                       |

Fuente: Elaboración Propia

b.8) Sedimentos

El análisis ANOSIM entre las distintas estaciones de muestreo del sector, mostró que no existen diferencias entre ellas (R: -0,022; p: 0,547). Por otra parte, al comparar mediante ANOSIM las temporadas de desarrollo de las campañas de muestreo existe una diferencia entre ellas (R: 0,484; p: 0,002).

Entre los metales incluidos en el análisis de sedimentos, el Mercurio está por encima de los valores establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) en las estaciones BP-1, BP-2 y BP-3 durante invierno, mientras que durante verano, los valores de arsénico superan en todas las estaciones los valores PEL señalados en la mencionada guía, utilizada sólo de manera referencial.

**Tabla 3.4-94. Resultados análisis de metales en sedimento. Sector Variante A-97B.**

| Sector de muestreo    | Detalle por estación | Estación de Muestreo | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |        |        |         |       |       |      |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------|-------|---------|--------|--------|---------|-------|-------|------|
|                       |                      |                      | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro   | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |      |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                      |                               | 17       |       |         |        |        | 3,5     |       | 197   | 90   |
| Sector Variante A-97B | Qda. Sin Nombre      | BP1                  | Invierno 2014                 | 1855     | 4,87  | 18      | < 0,05 | 29     | < 0,5   | 2,20  | 8,70  | 1,90 |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 3546     | 71,16 | 185     | < 0,1  | 136    | 0,8     | 5     | 133   | 4,1  |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 1009     | 22,2  | 39      | < 0,1  | 22     | < 0,1   | 1,3   | 7     | 0,3  |
|                       |                      | BP2                  | Invierno 2014                 | 2466     | 0,48  | 26      | < 0,05 | 72     | < 0,5   | 2,70  | 17,20 | 1,90 |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 1938     | 17,12 | 33      | < 0,1  | 31     | 0,3     | 5     | 35    | 2,5  |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 1422     | 15,5  | 18      | < 0,1  | 19     | < 0,1   | 1,6   | 12    | 0,5  |
|                       |                      | BP3                  | Invierno 2014                 | 4297     | 1,04  | 56      | < 0,05 | 36     | 0,50    | 4,70  | 31,10 | 2,80 |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 1936     | 19,51 | 57      | < 0,1  | 22     | 0,3     | 8     | 36    | 1,5  |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 2438     | 14,8  | 31      | < 0,1  | 37     | < 0,1   | 2,3   | 19    | 0,7  |
|                       |                      | BP4                  | Invierno 2014                 | 3115     | 1,17  | 38      | 0,08   | 23     | < 0,5   | 2,8   | 14,8  | 4,9  |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 3359     | 21,33 | 50      | 0,2    | 21     | 0,3     | 5     | 39    | 6,7  |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 836      | 8     | 16      | < 0,1  | 4      | < 0,1   | 1,3   | 6     | 1,4  |
|                       |                      | BP5                  | Invierno 2014                 | 4305     | 1,17  | 25      | < 0,05 | 24     | < 0,5   | 4,3   | 16,4  | 6,4  |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 4570     | 27,54 | 46      | < 0,1  | 34     | 0,4     | 8     | 57    | 8,9  |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 1858     | 9,2   | 24      | < 0,1  | 7      | < 0,1   | 2,7   | 11    | 3    |
|                       |                      | BP6                  | Invierno 2014                 | 4999     | 1,03  | 27      | < 0,05 | 26     | < 0,5   | 4,2   | 16,0  | 6,3  |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 4320     | 26,57 | 52      | < 0,1  | 31     | 0,3     | 8     | 50    | 7,4  |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 3509     | 14,9  | 27      | < 0,1  | 13     | < 0,1   | 3,2   | 15    | 3,6  |

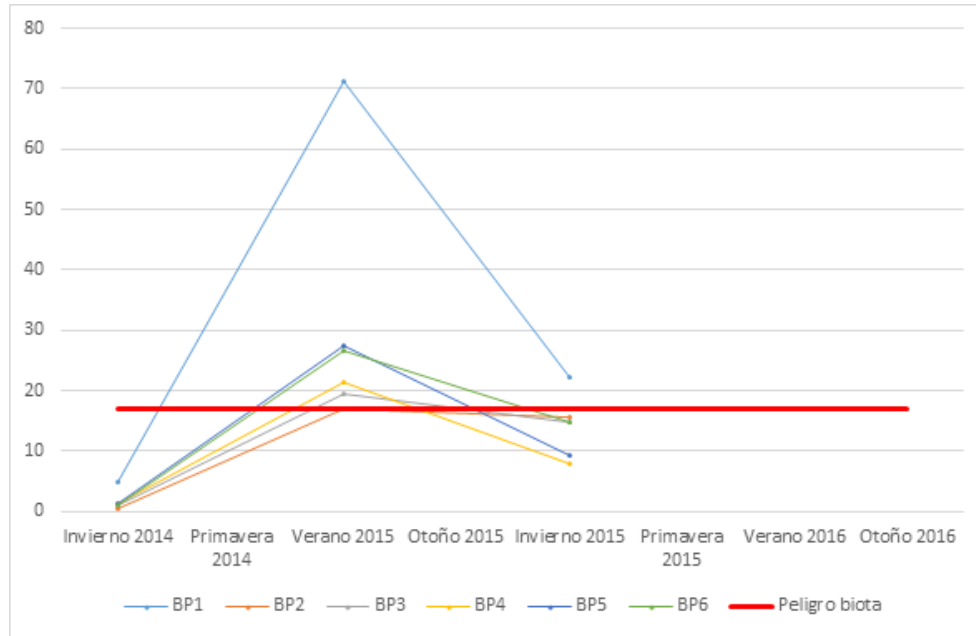
Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la

Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-160. Arsénico mg/Kg, sector Variante A97-B.**



**Tabla 3.4-95. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Sector Variante A-97B.**

| Sector de muestreo    | Detalle por estación | Estación de Muestreo | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|------|------------|
|                       |                      |                      | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                      |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |      | <b>315</b> |
| Sector Variante A-97B | Qda. Sin Nombre      | BP1                  | Invierno 2014                 | 5498     | 2.777     | 89           | 24,10     | 0,20   | 1,20  | < 1   | 2,80        | 16   | 10,90      |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 19940    | 3152      | 105          | 0,06      | 2      | 5     | < 1   | 9,6         | 78   | 38         |
|                       |                      | BP2                  | Invierno 2015                 | 4557     |           | 45           | 24,5      | < 0,05 | 0,8   | < 1   | 3,8         | 8    | 9          |
|                       |                      |                      | Invierno 2014                 | 4.014    | 2.577     | 216          | 33,50     | 0,60   | 1,80  | < 1   | 3,50        | 14   | 14,60      |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 8080     | 1545      | 232          | 0,02      | 0,6    | 2     | < 1   | 4,5         | 37   | 20         |
|                       |                      | BP3                  | Invierno 2015                 | 1395     |           | 82           | 8,3       | < 0,05 | 0,8   | < 1   | 1,9         | 5    | 8          |
|                       |                      |                      | Invierno 2014                 | 5998     | 3.391     | 305          | 28,90     | 0,60   | 2,90  | < 1   | 8,50        | 23   | 27,40      |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 6280     | 1767      | 660          | 0,02      | 3,6    | 3     | < 1   | 8           | 22   | 24         |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 1798     |           | 169          | 3,6       | < 0,05 | 1,2   | < 1   | 3,8         | 6    | 11         |



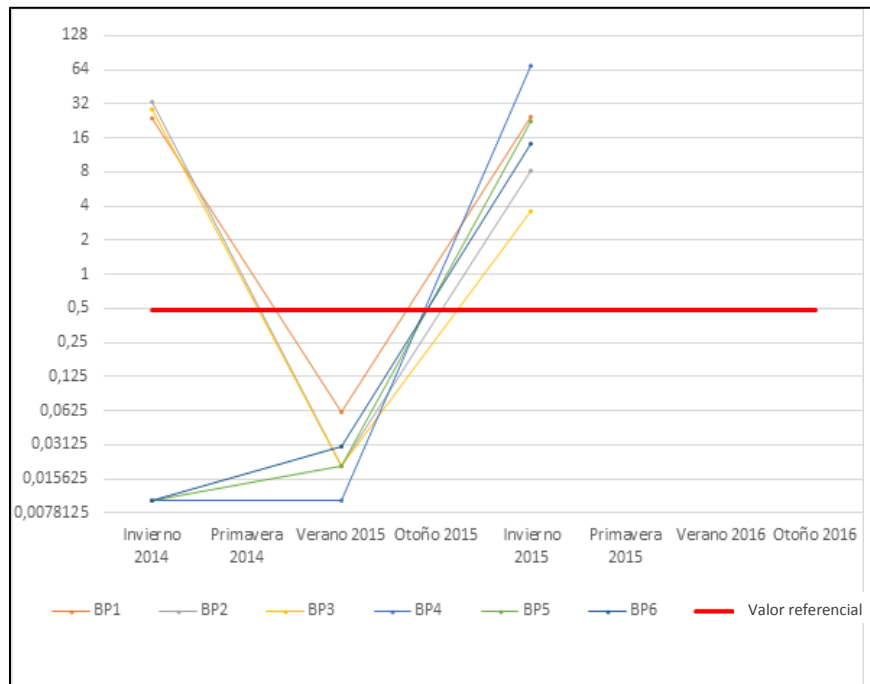
|                       |                      |                      | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |             |         |            |      |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------------|---------|------------|------|
| Sector de muestreo    | Detalle por estación | Estación de Muestreo | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo       | Vanadio | Zinc       |      |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |                      |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       | <b>91,3</b> |         | <b>315</b> |      |
|                       |                      | BP4                  | Invierno 2014                 | 4.050    | 1.975     | 231          | < 0,02    | 2,1    | 5,1   | < 1         | 9,5     | 10         | 32,6 |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 8400     | 3134      | 406          | 0,01      | 0,6    | 9     | < 1         | 14,1    | 23         | 49   |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 1600     |           | 84           | 68,4      | < 0,05 | 2,3   | < 1         | 4,1     | 3          | 15   |
|                       |                      | BP5                  | Invierno 2014                 | 4981     | 3.069     | 257          | < 0,02    | 0,8    | 7,2   | < 1         | 3,9     | 13         | 31,4 |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 10416    | 4317      | 485          | 0,02      | 0,8    | 12    | < 1         | 11,4    | 32         | 49   |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 2579     |           | 147          | 22,2      | < 0,05 | 4,7   | < 1         | 4,9     | 5          | 22   |
|                       |                      | BP6                  | Invierno 2014                 | 5085     | 6.035     | 251          | < 0,02    | 4,2    | 6,8   | < 1         | 3,3     | 14         | 33,7 |
|                       |                      |                      | Verano 2015                   | 9980     | 4016      | 638          | 0,03      | 0,6    | 10    | < 1         | 6,9     | 33         | 44   |
|                       |                      |                      | Invierno 2015                 | 3049     |           | 188          | 14,3      | < 0,05 | 4,6   | < 1         | 4,4     | 9          | 24   |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores por sobre la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-161. Mercurio mg/Kg, sector Variante A97-B.**



Para el grupo de variables de tipo orgánico, se registraron valores bajos que no presentan peligro para la biota del sector de acuerdo a la guía de referencia utilizada.

**Tabla 3.4-96. Resultados análisis de parámetros orgánicos. Sector Variante A-97B.**

| Sector de muestreo     | Detalle por estación | COMPUESTOS ORGÁNICOS EN SEDIMENTOS (mg/kg) |                              |                         |                     |      |
|------------------------|----------------------|--|------------------------------|-------------------------|---------------------|------|
|                        |                      | Estación de Muestreo                       | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |      |
| <b>Peligro biota**</b> |                      |  | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |      |
| Variante A-97B         | Qda. Sin Nombre      | BP1  | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                        |                      |  | Verano 2015                  | 3                       | < 50                | < 50 |
|                        |                      | BP2  | Invierno 2015                | < 0,01                  | < 0,1               | 19   |
|                        |                      |  | Invierno 2014                | <0,01                   | < 0,1               | < 50 |
|                        |                      |  | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | < 50 |
|                        |                      | BP3  | Invierno 2015                | < 0,01                  | < 0,1               | 18   |
|                        |                      |  | Invierno 2014                | <0,01                   | 2,10                | < 50 |
|                        |                      |  | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | < 50 |
|                        |                      | BP4  | Invierno 2015                | 9600                    | < 0,1               | 38   |
|                        |                      |  | Invierno 2014                | <0,01                   | 1,0                 | < 50 |
|                        |                      |  | Verano 2015                  | < 0,01                  | < 50                | < 50 |
|                        |                      | BP5  | Invierno 2015                | 23600                   | < 0,1               | 17   |
| Invierno 2014          | <0,01                |  | 1,3                          | < 50                    |                     |      |
|                        |                      | Verano 2015                                | < 0,01                       | < 50                    | < 50                |      |

| Sector de muestreo | Detalle por estación | COMPUESTOS ORGÁNICOS EN SEDIMENTOS (mg/kg) |               |                              |                         |                     |
|--------------------|----------------------|--|---------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                    |                      | Estación de Muestreo                       |               | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| Peligro biota**    |                      |  | N/A           | N/A                          | N/A                     |                     |
|                    |                      |  | Invierno 2015 | 16800                        | < 0,1                   | 35                  |
|                    |                      | BP6  | Invierno 2014 | <0,01                        | 1,3                     | < 50                |
|                    |                      |  | Verano 2015   | < 0,01                       | < 50                    | < 50                |
|                    |                      |  | Invierno 2015 | 9300                         | < 0,1                   | 46,5                |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados, obtenidos permiten caracterizar a los sedimentos del Sector Variante A-97B como predominantemente conformados por arena gruesa, lo que está de acuerdo a lo observado en la campaña.

**Tabla 3.4-97. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Sector Variante A-97B.**

| Sector de muestreo    | Sistema acuático | Estación | Campaña       | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |       |            |       |      |       |             |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|------|-------|-------------|
|                       |                  |          |               | Arena gruesa            |       |       |       | Arena fina |       |      |       | Limo grueso |
|                       |                  |          | Unidad medida | % Retención             |       |       |       |            |       |      |       |             |
| Apertura Malla (mm)   | 2                | 1        | 0,5           | 0,25                    | 0,125 | 0,088 | 0,074 | 0,063      | 0,044 |      |       |             |
| Sector Variante A-97B | Qda. Sin Nombre  | BP1      | Invierno 2014 | 0,32                    | 0,59  | 4,57  | 17,98 | 20,18      | -     | -    | -     | 12,32       |
|                       |                  |          | Verano 2015   | 7,05                    | 14,69 | 41,05 | 6,39  | 23,72      |       |      |       | 6,03        |
|                       |                  |          | Invierno 2015 | 18,91                   | 28,09 | 21,17 | 12,96 | 5,03       |       |      | 18,84 |             |
|                       |                  | BP2      | Invierno 2014 | 25,14                   | 14,72 | 19,78 | 15,39 | 10,04      | -     | -    | -     | 4,1         |
|                       |                  |          | Verano 2015   | 14,31                   | 30,22 | 29,22 | 18,03 | 5,51       |       |      |       | 1,62        |
|                       |                  |          | Invierno 2015 | 11,11                   | 23,9  | 25,06 | 9,15  | 9,15       |       |      | 4,57  |             |
|                       |                  | BP3      | Invierno 2014 | 34,34                   | 17,14 | 15,13 | 10,7  | 9,68       | -     | -    | -     | 2,81        |
|                       |                  |          | Verano 2015   | 16,93                   | 31,8  | 31,28 | 13,35 | 2,72       |       |      |       | 3,18        |
|                       |                  |          | Invierno 2015 | 33,57                   | 25,33 | 16,57 | 9,28  | 5,32       |       |      | 3,21  |             |
|                       |                  | BP4      | Invierno 2014 | 35,27                   | 15,17 | 19,11 | 15,34 | 9,48       | -     | -    | -     | 3,49        |
|                       |                  |          | Verano 2015   | 38,8                    | 28,98 | 18,92 | 9,77  | 3,44       |       |      |       | 0,63        |
|                       |                  |          | Invierno 2015 | 47,9                    | 22,27 | 14,33 | 9,44  | 4,04       |       |      | 1,22  |             |
|                       |                  | BP5      | Invierno 2014 | 30,05                   | 27,62 | 26,52 | 11,98 | 3          | -     | -    | -     | 0,3         |
|                       |                  |          | Verano 2015   | 30,89                   | 15,78 | 15,49 | 16,11 | 11,28      |       |      |       | 9,72        |
|                       |                  |          | Invierno 2015 | 39,84                   | 22,56 | 15,38 | 9,57  | 6,19       |       |      | 3,73  |             |
| BP6                   | Invierno 2014    | 24,92    | 29,5          | 31,45                   | 10,78 | 1,93  | -     | -          | -     | 0,44 |       |             |
|                       | Verano 2015      | 42,12    | 22,44         | 20                      | 10,87 | 3,53  |       |            |       | 0,93 |       |             |
|                       | Invierno 2015    | 26,48    | 16,39         | 22,22                   | 19,27 | 9,07  |       |            | 5,26  |      |       |             |

Fuente: Elaboración propia. Espacios en blanco corresponden a análisis no realizados en esa campaña.

## b.9) Biota acuática

Durante el desarrollo del estudio solo se encontró agua en la estación BP-1 durante las campañas de invierno, aunque durante invierno de 2015 el volumen de agua encontrado no permitió el desarrollo del estudio de las comunidades planctónicas.

- Anfibios

En las estaciones correspondientes al Sector Variante A-97B, no se registró la presencia de anfibios.

- Macrófitas

En las estaciones correspondientes al Sector Variante A-97B, no se registró la presencia de macrófitas.

- Fitobentos

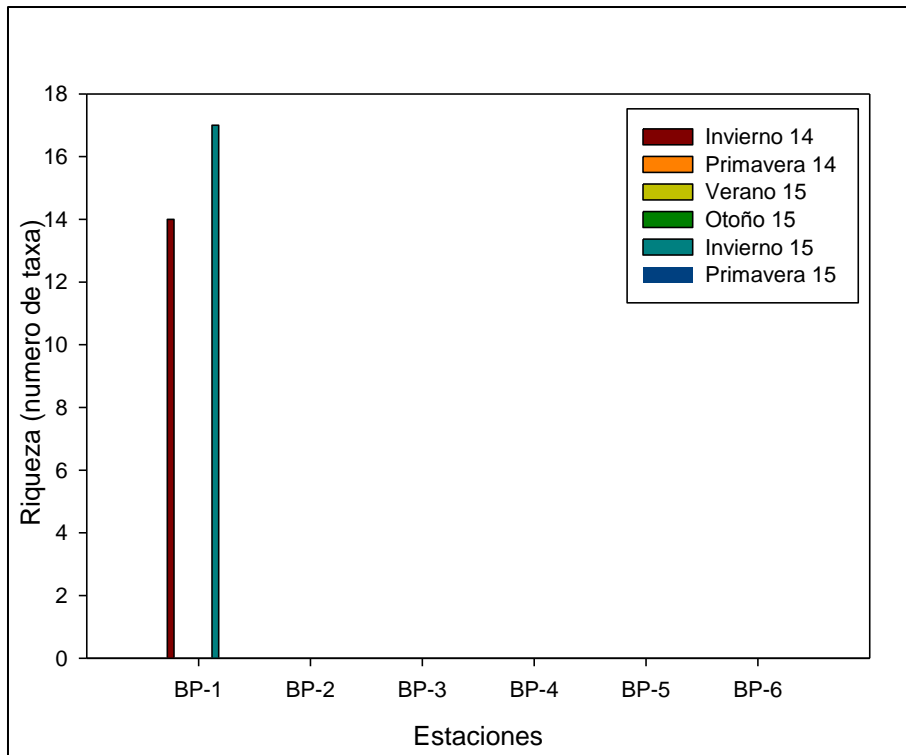
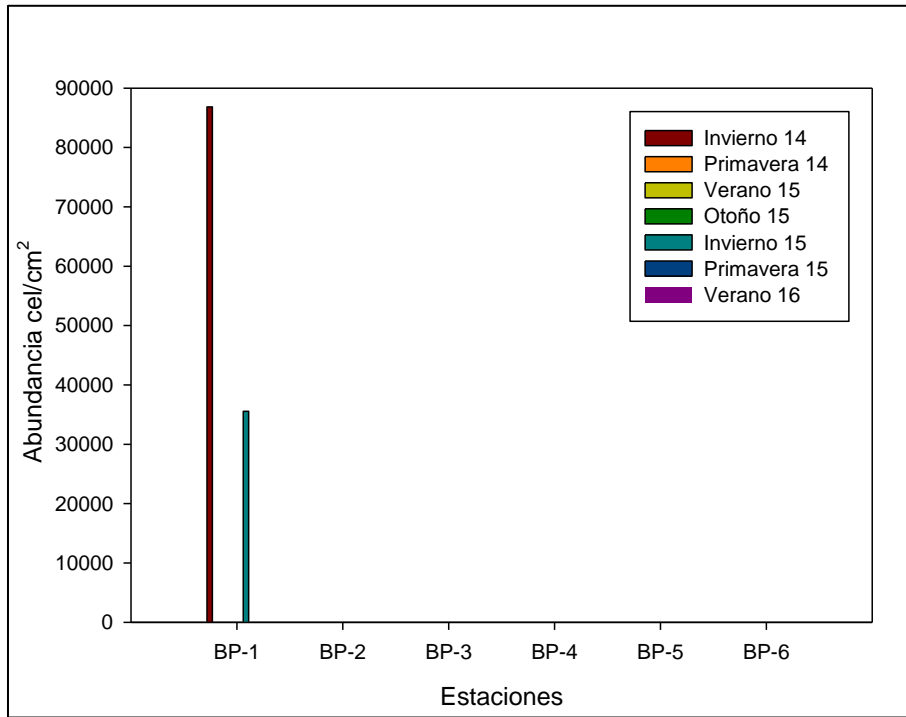
Solo en la estación BP-1 durante invierno, la presencia de agua permitió el estudio.

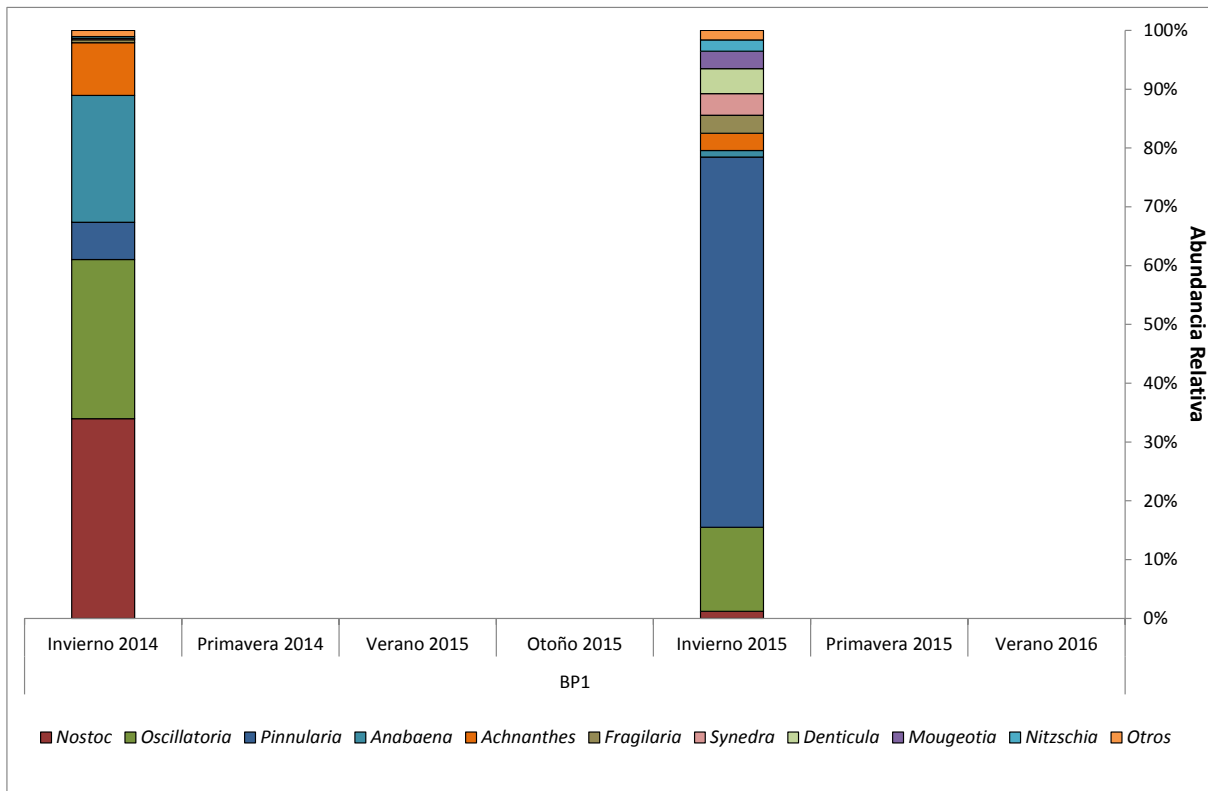
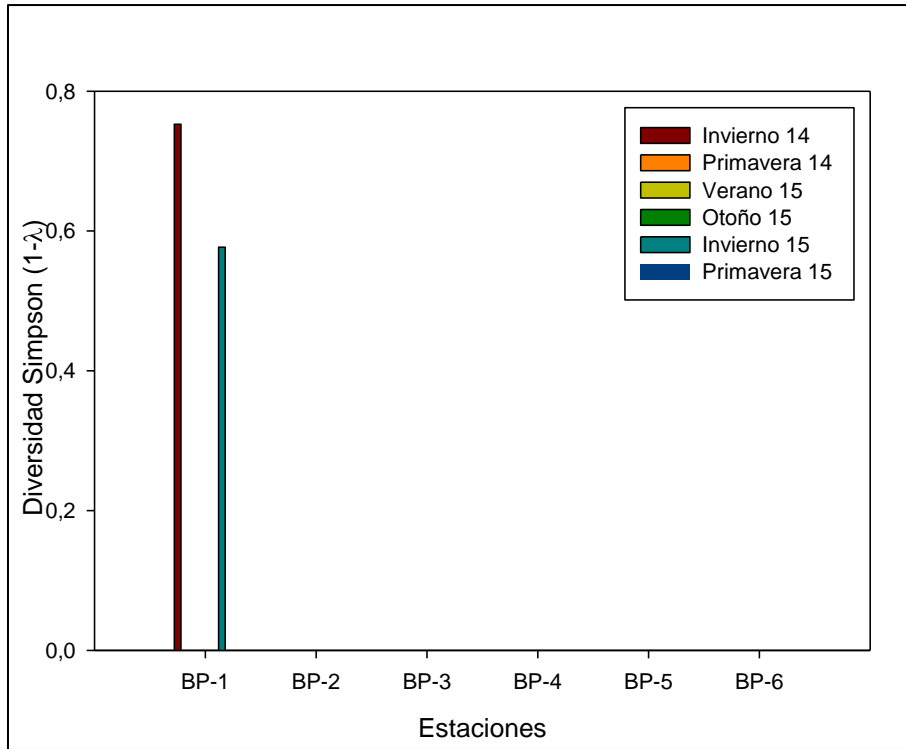
La abundancia registrada durante invierno de 2015 fue menor a lo registrado durante 2014 al igual que la diversidad, mientras que para riqueza se observó la situación inversa.

No se pudo desarrollar el análisis ANOSIM en este sector ya que solo se cuenta con muestras de una misma estación correspondientes a una misma temporada.

Los taxa más abundantes en el sector corresponden a *Nostoc* y *Oscillatoria*, durante 2014 la dominante fue *Nostoc* mientras que durante 2015 fue *Pinnularia*.

**Figura 3.4-162. Variables comunitarias de fitobentos Sector Variante A-97B.**





Fuente: Elaboración Propia

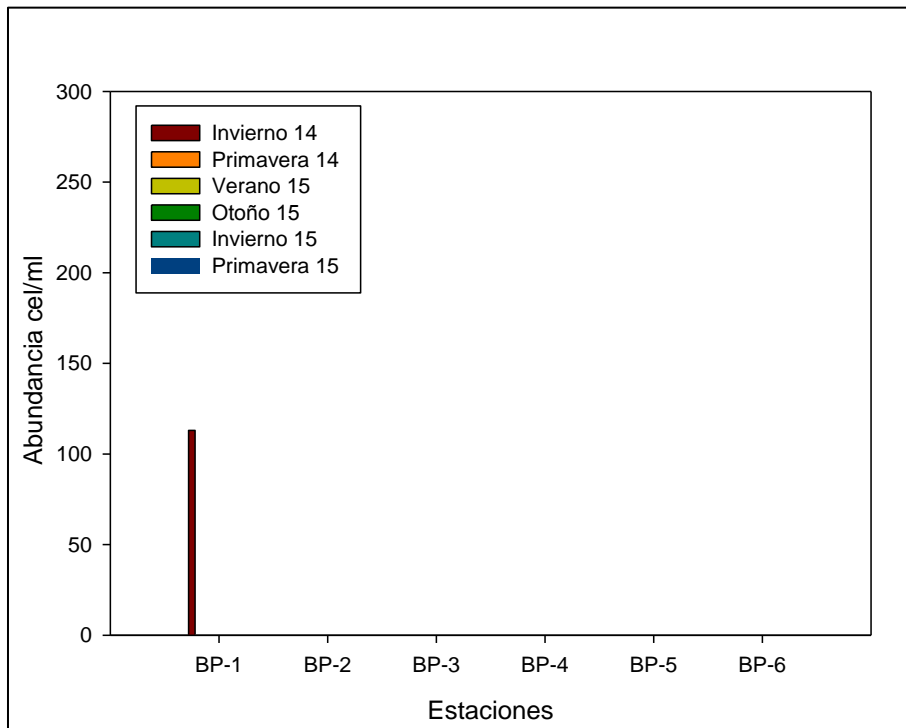
- Fitoplancton

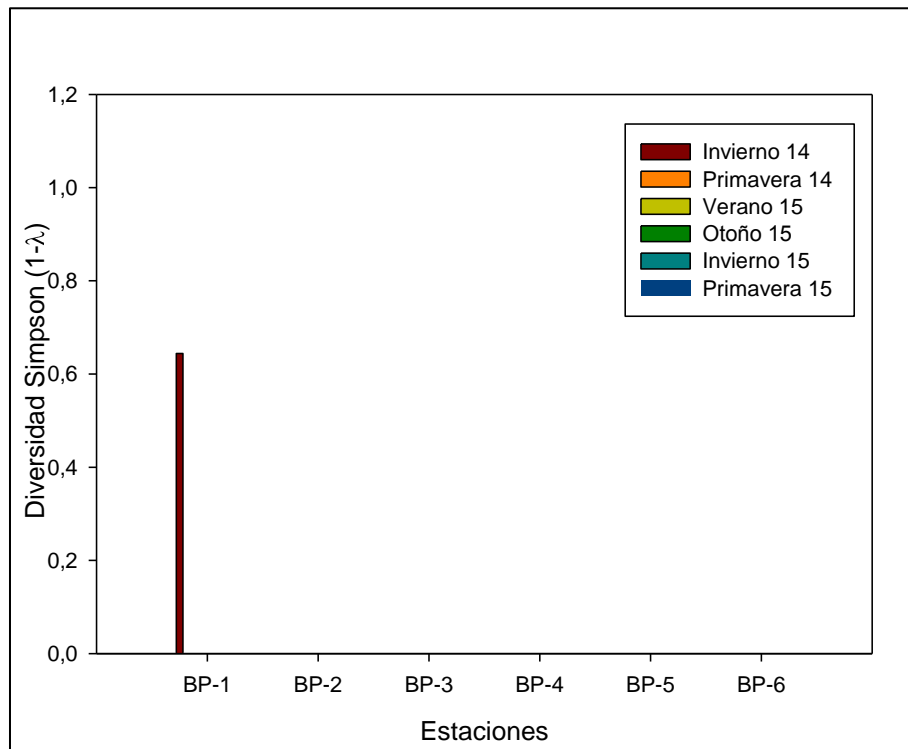
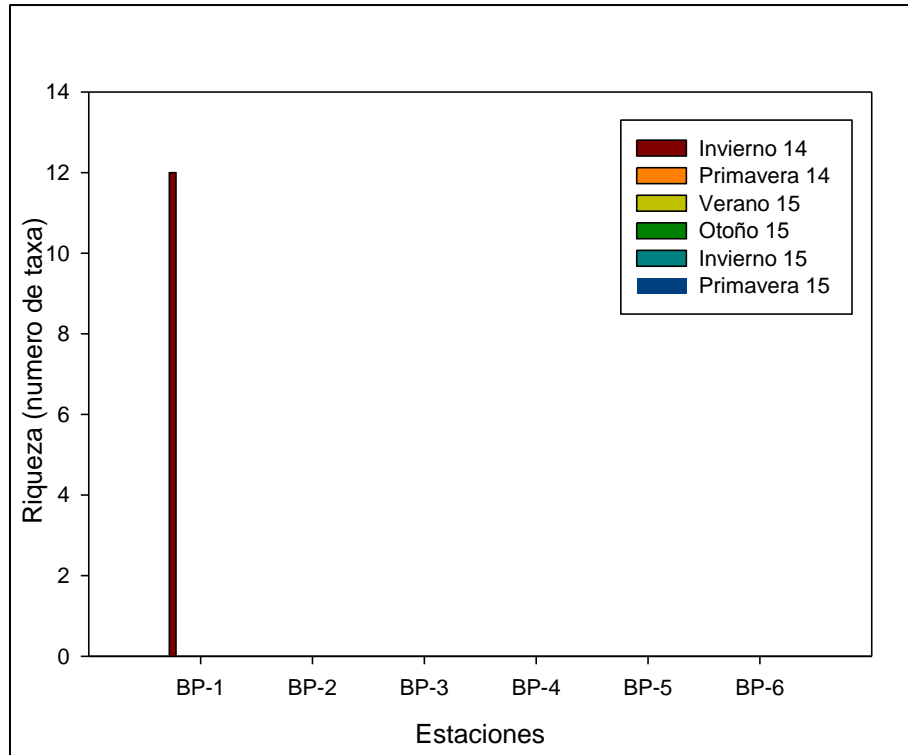
Solo durante invierno de 2014, el agua en BP-1 fue suficiente para estudiar esta comunidad, el resto de las campañas y el resto de las estaciones el agua fue nula o insuficiente.

No se puede realizar el análisis ANOSIM debido a que se cuenta con solo una muestra para este componente.

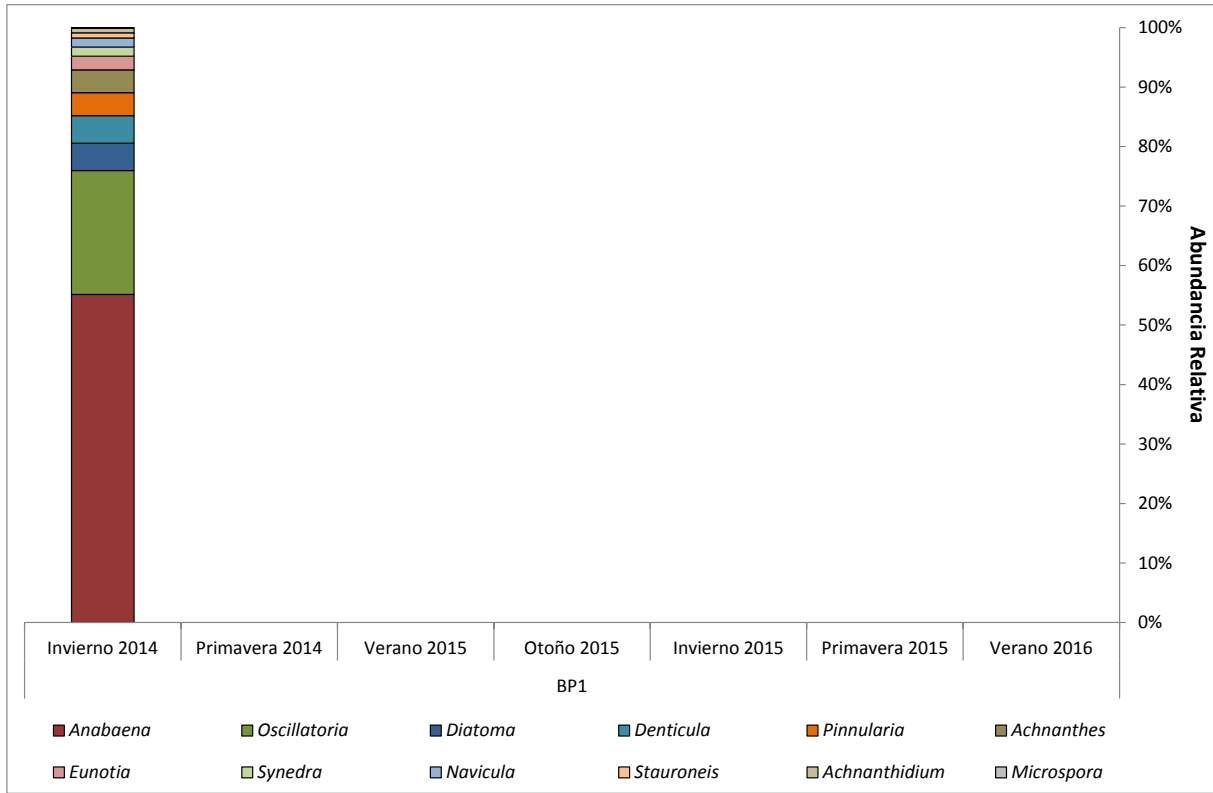
El taxa dominante registrado corresponde a Anabaena.

**Figura 3.4-163. Variables comunitarias de fitoplancton en Sector Variante A-97B.**









Fuente: Elaboración Propia

- Zoobentos

Para la comunidad de zoobentos, la abundancia registrada en BP-1 durante invierno de 2015 fue ampliamente superior a lo registrado durante invierno de 2014. En el resto de las campañas y estaciones no se encontró agua o fue insuficiente para realizar los estudios.

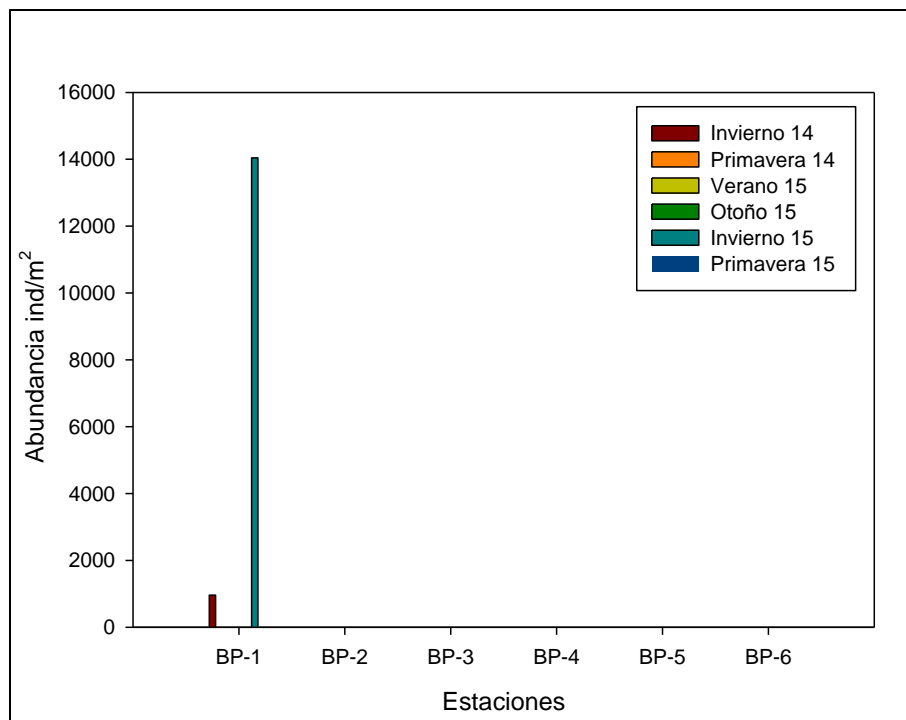
La riqueza encontrada fue similar para los dos registros obtenidos, mientras que la diversidad en BP-1 durante invierno 2014 fue ampliamente superior a lo registrado para dicha estación durante invierno de 2015.

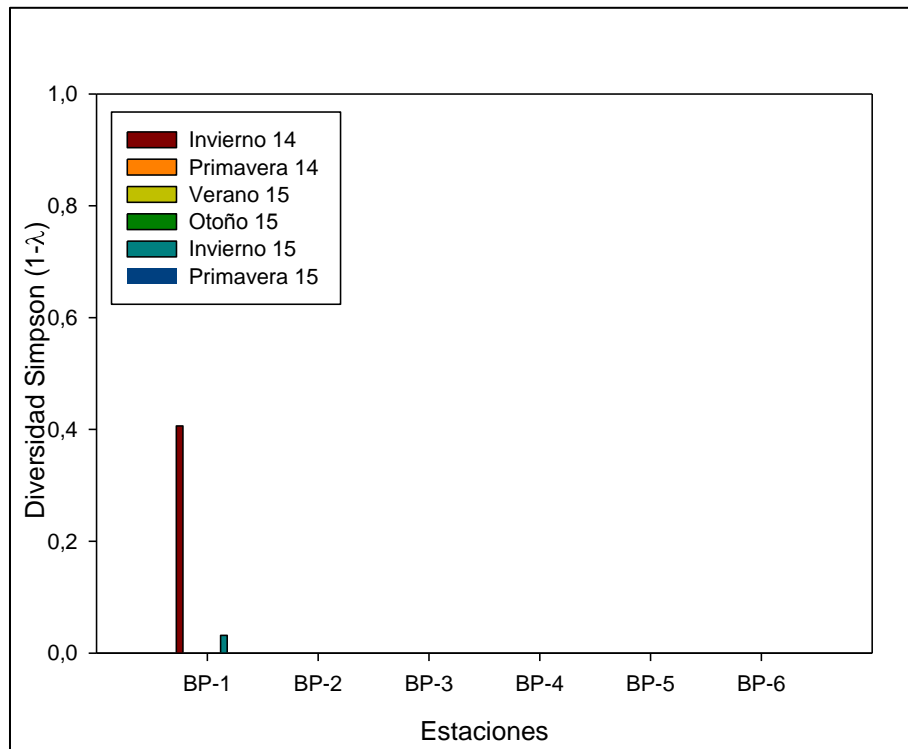
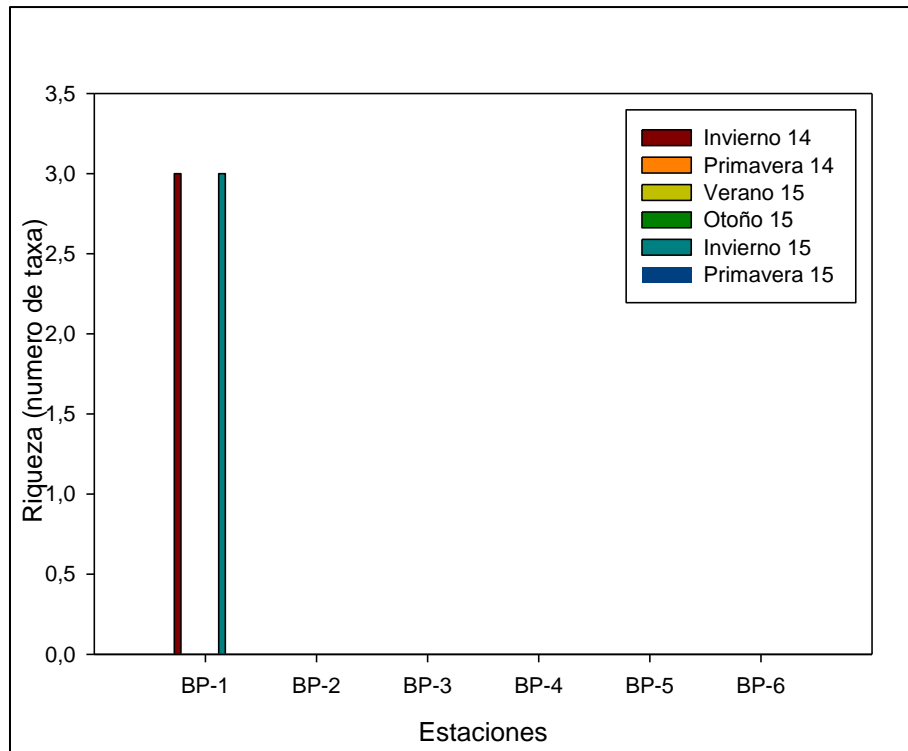
No se pudo desarrollar el análisis ANOSIM en este sector ya que solo se cuenta con dos muestras que corresponden a la misma estación y a la misma temporada.

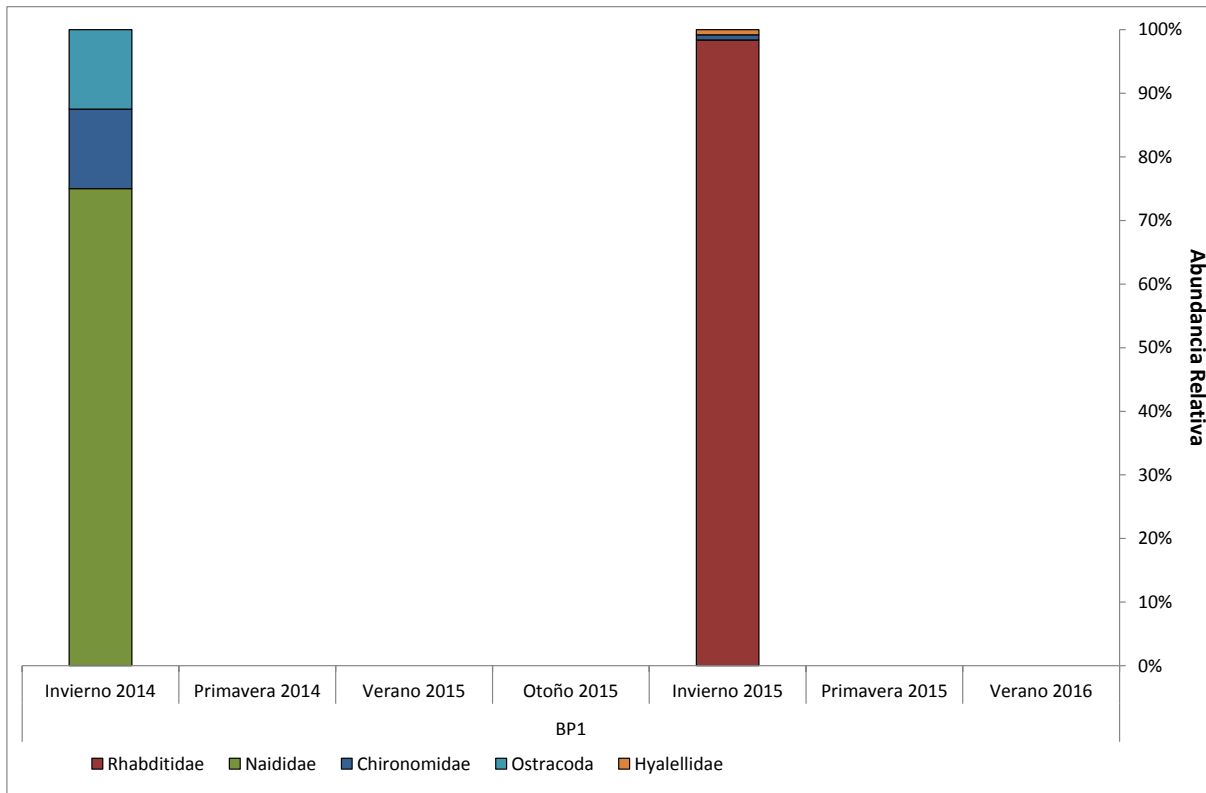
Los taxa más abundantes en el sector fueron Rhabditidae y Naididae.

Durante invierno de 2014 dominó Naididae y durante invierno de 2015, Rhabditidae.

**Figura 3.4-164. Variables comunitarias de zoobentos en Sector Variante A-97B.**







Fuente: Elaboración Propia

- Zooplancton

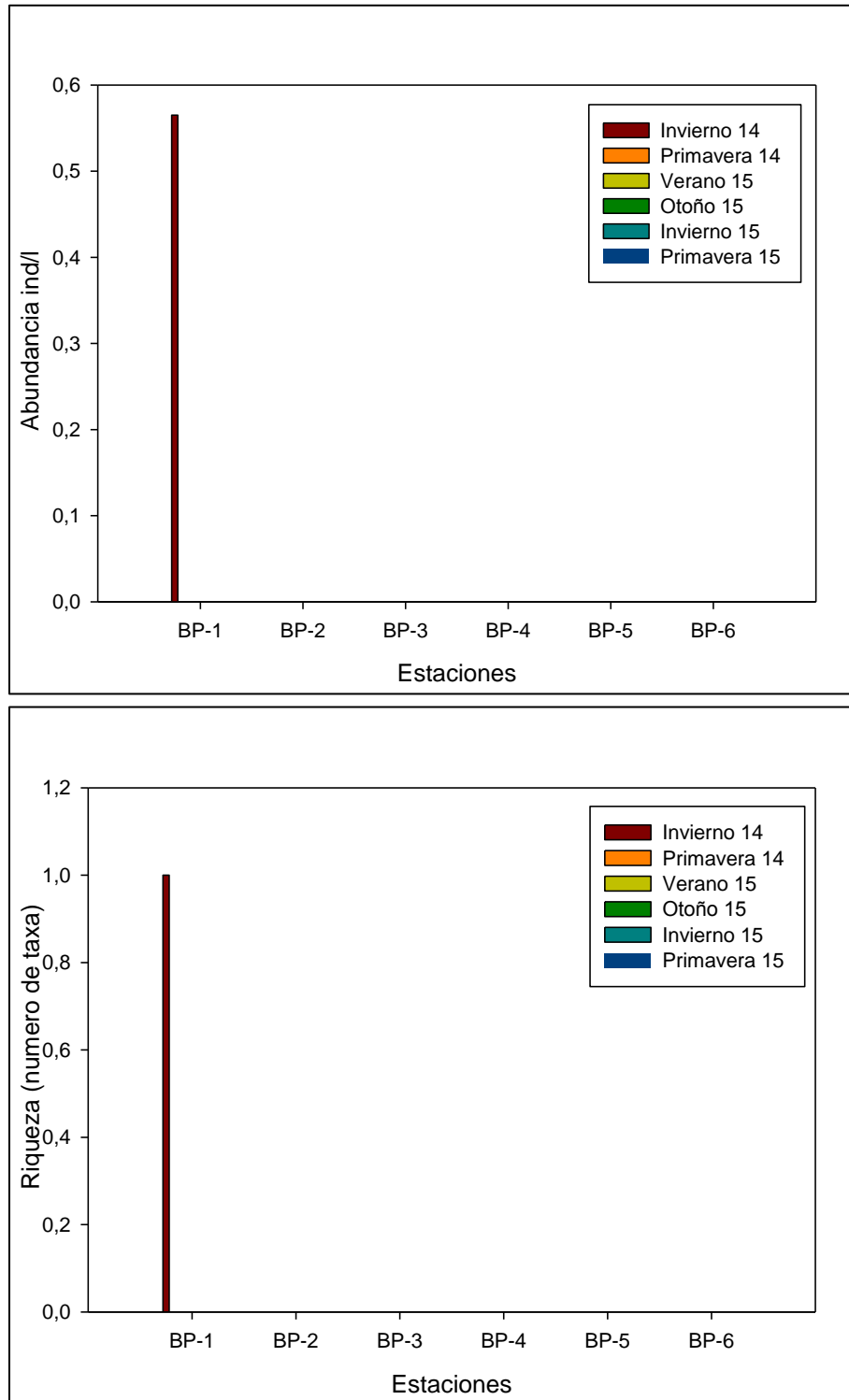
Solo durante invierno de 2014 en la estación BP-1 se encontró agua suficiente para el estudio de esta comunidad.

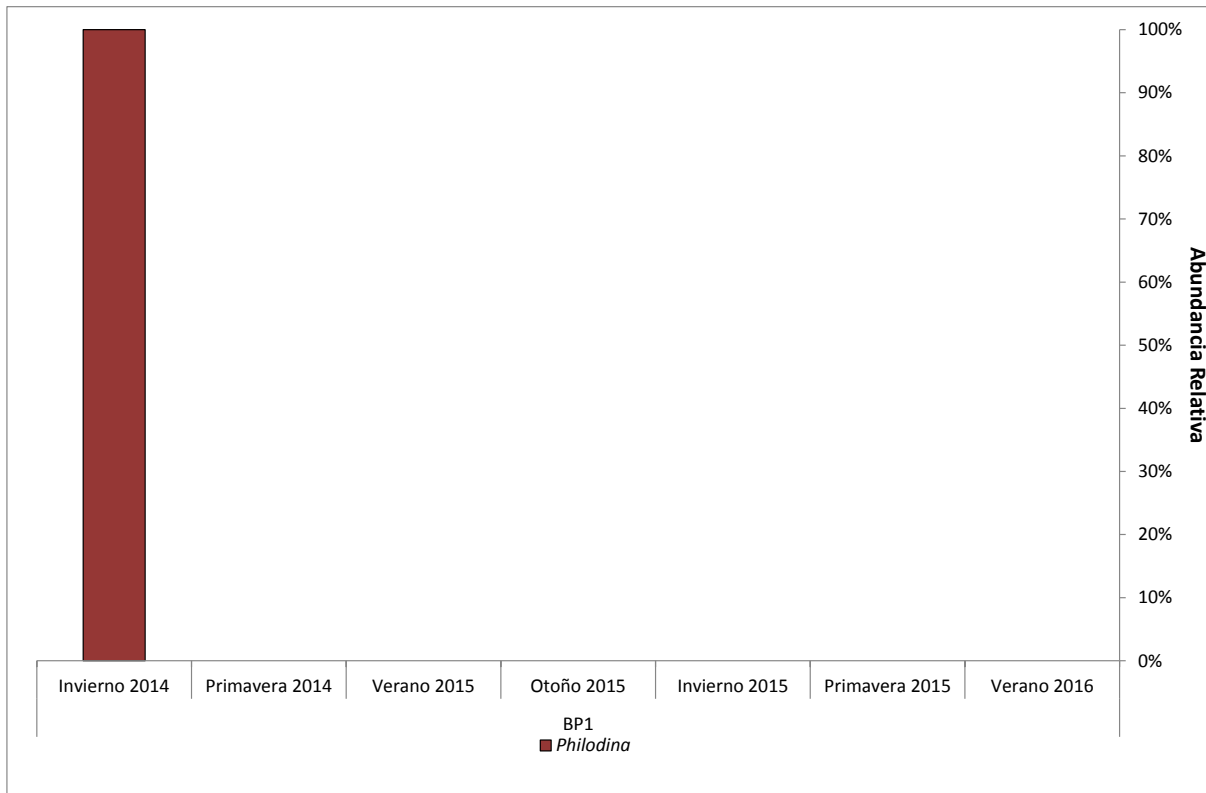
La abundancia registrada fue muy baja con menos de 1 ind/l, con una riqueza de un taxa, lo que determina una ausencia del índice de diversidad.

No se pudo desarrollar el análisis ANOSIM en este sector ya que solo se cuenta con una muestra correspondiente a una estación.

En el muestreo desarrollado solo se encontró a *Philodina*.

**Figura 3.4-165. Variables comunitarias de zooplancton en Sector Variante A-97B.**





Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.5.2.3 Área Pampa

#### a) Sector Quebrada Maní

##### a.1) QM 1

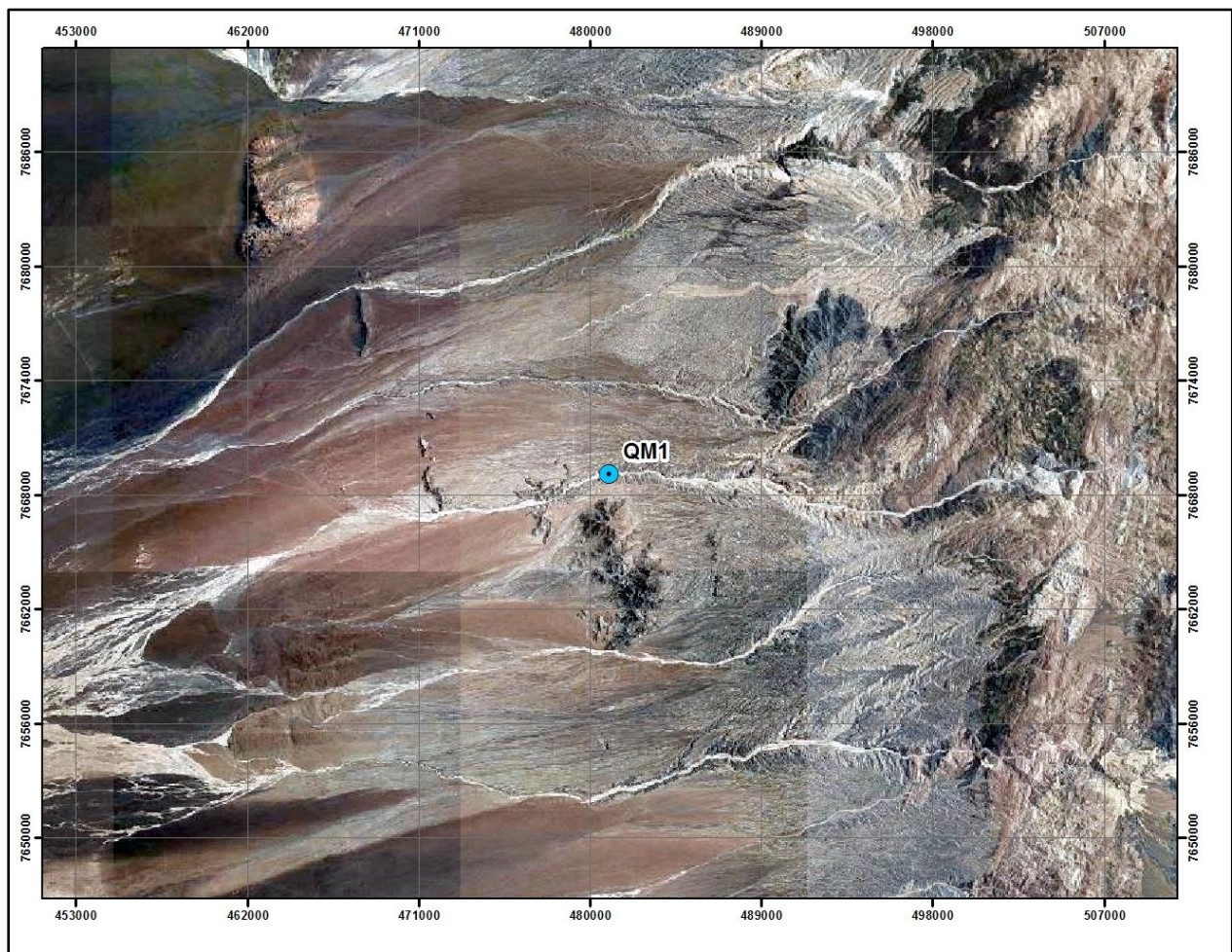
Corresponde a la única estación considerada para esta área, ubicada en la parte baja de la quebrada Maní. Esta estación mostró una estructura escalonada de las riberas del cauce, con plataformas laterales a diferentes niveles, el ancho del canal más interno del cauce es de cuatro metros, con una altura de 0,3 metros. Se registró un sustrato fino como matriz, con inserciones de guijarros y piedras.

**Fotografía 3.4-48. Vista general estación de muestreo QM 1.**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.4-166. Estaciones muestreo Área Pampa, sector Quebrada de Maní**



Fuente: Elaboración Propia.



De acuerdo los resultados obtenidos para este sector, a continuación se presentan los valores obtenidos para los distintos parámetros evaluados en agua, sedimentos y Biota Acuática. En las tablas, se destacan los valores obtenidos por sobre la norma de referencia.

a.2) Calidad de Agua

No se registró agua en la estación durante las campañas desarrolladas.

a.3) Sedimentos

El análisis ANOSIM mostró que no existen diferencias entre las temporadas de desarrollo de las campañas (R: 1; p: 0,33).

Entre los metales incluidos en el análisis de sedimentos, el Arsénico, Mercurio y Cobre muestran valores por encima de los establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), utilizada como referencia, en alguna de las campañas realizadas.

**Tabla 3.4-98. Resultados análisis de metales en sedimento. Área Pampa.**

| Sector de muestreo    | Estación de Muestreo | Campaña       | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |       |         |      |        |         |       |       |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------|-------|---------|------|--------|---------|-------|-------|
|                       |                      |               | Aluminio                      | Arsénico | Bario | Berilio | Boro | Cadmio | Cobalto | Cobre | Cromo |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               | 17       |       |         |      | 3,5    |         | 197   | 90    |
| Q. Maní               | QM1                  | Invierno 2014 | 10764                         | 0,138    | 54    | 0,46    | 46   | 0,7    | 7       | 78,6  | 8     |
|                       |                      | Verano 2015   | 8563                          | 96,5     | 143   | 1,2     | 77   | 1,7    | 13,8    | 222   | 9,8   |
|                       |                      | Invierno 2015 | 4155                          | 28,1     | 58    | < 0,1   | 18   | < 0,1  | 3,7     | 28    | 3     |

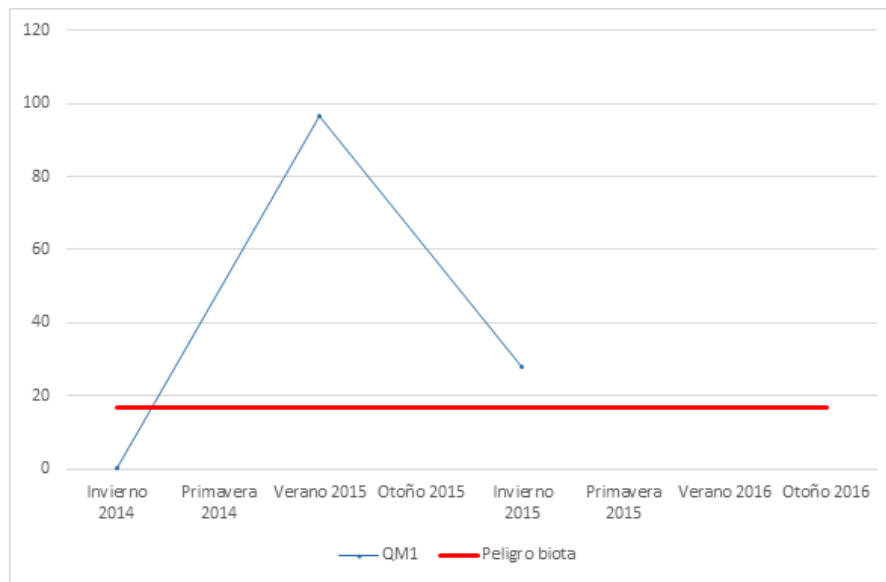
Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999).

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales en sedimentos que presentan valores superiores a los establecidos en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999), señalando los valores referenciales con líneas en color rojo.



**Figura 3.4-167. Arsénico mg/Kg, Área Pampa.**



**Tabla 3.4-99. Continuación resultados análisis de metales en sedimento. Área Pampa.**

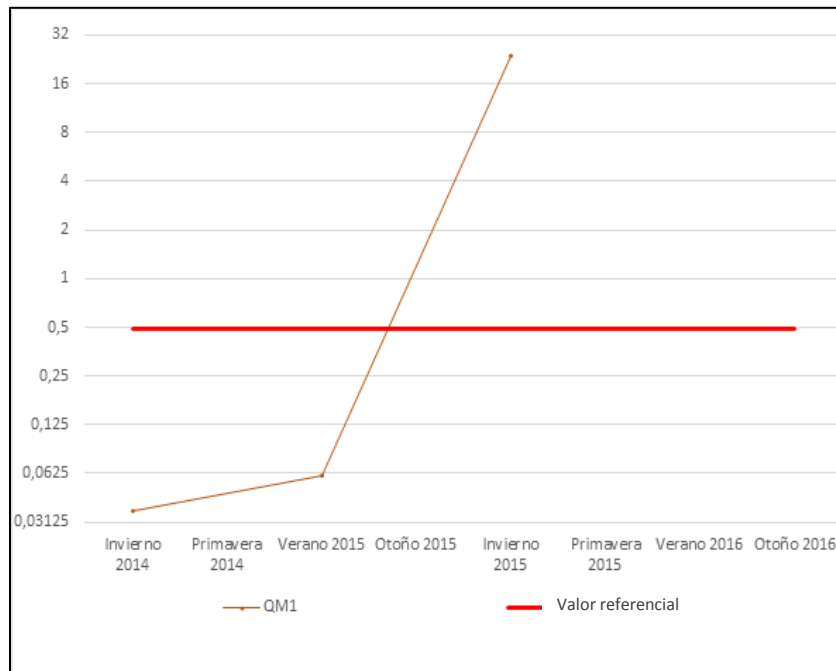
| Sector de muestreo    | Estación de Muestreo |               | METALES EN SEDIMENTOS (mg/kg) |          |           |              |           |        |       |       |             |      |            |
|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|------|------------|
|                       |                      |               | Hierro                        | Magnesio | Manganeso | Mercurio     | Molibdeno | Níquel | Plata | Plomo | Vanadio     | Zinc |            |
| <b>Peligro biota*</b> |                      |               |                               |          |           | <b>0,486</b> |           |        |       |       | <b>91,3</b> |      | <b>315</b> |
| Q. Maní               | QM1                  | Invierno 2014 | 8138                          | 5085     | 412       | 0,037        | 1,2       | 12,1   | < 1   | 10,2  | 19          | 69,2 |            |
|                       |                      | Verano 2015   | 16966                         | 7361     | 1096      | 0,06         | 3         | 16     | < 1   | 27,5  | 56          | 116  |            |
|                       |                      | Invierno 2015 | 3194                          |          | 275       | 23,8         | < 0,05    | 4,9    | < 1   | 7,6   | 8           | 29   |            |

Cuadros coloreados indican valor fuera de norma; \*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (CCME, 1999). Espacios en blanco indican que el análisis no fue realizado en dicha campaña.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se representa gráficamente el comportamiento de aquellos metales que presentan valores por sobre la guía de referencia, señalando los límites establecidos con líneas en color rojo.

**Figura 3.4-168. Mercurio mg/Kg, Área Pampa.**



Dentro del grupo de variables orgánicas, se observa que la mayoría registró valores por debajo del límite de detección, y ninguna registró valores fuera de lo establecido por la guía de referencia.

**Tabla 3.4-100. Resultados análisis de parámetros orgánicos. Área Pampa.**

| Sector de muestreo   | Estación de Muestreo |               | COMPUESTOS ORGÁNICOS (mg/kg) |                         |                     |
|----------------------|----------------------|---------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
|                      |                      |               | Carbono Orgánico Total (COT) | Hidrocarburos volátiles | Hidrocarburos fijos |
| <b>Peligro biota</b> |                      |               | <b>N/A</b>                   | <b>N/A</b>              | <b>N/A</b>          |
| Q. Maní              | QM1                  | Invierno 2014 | <0,01                        | 1,7                     | < 50                |
|                      |                      | Verano 2015   | 7,09                         | < 50                    | < 50                |
|                      |                      | Invierno 2015 | 10100                        | < 0,1                   | 25,5                |

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados, obtenidos permiten caracterizar a los sedimentos del Sector Variante A-97B como predominantemente conformados por arena gruesa, lo que está de acuerdo a lo observado en la campaña.

**Tabla 3.4-101. Resultados análisis de granulometría de sedimentos. Área Pampa**

| Sistema acuático | Estación | Campañas            | GRANULOMETRÍA SEDIMENTO |       |       |            |       |       |       |             |       |
|------------------|----------|---------------------|-------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|
|                  |          |                     | Arena gruesa            |       |       | Arena fina |       |       |       | Limo grueso |       |
|                  |          | Unidad medida       | % Retención             |       |       |            |       |       |       |             |       |
|                  |          | Apertura Malla (mm) | 2                       | 1     | 0,5   | 0,25       | 0,125 | 0,088 | 0,074 | 0,063       | 0,044 |
| Q. Maní          | QM1      | Invierno 2014       | 44,16                   | 20,87 | 11,95 | 4,96       | 3,7   | -     | -     | -           | 3,48  |
|                  |          | Verano 2015         | 3,52                    | 0,98  | 1,46  | 4,16       | 6,95  |       |       |             | 6,79  |
|                  |          | Invierno 2015       | 0,1                     | 0,79  | 3,63  | 9,24       | 20,59 |       |       | 24,47       |       |

Fuente: Elaboración Propia.

a.4) Biota acuática

Durante el desarrollo del estudio no se encontró agua en esta área, por lo que no pudo desarrollarse estudios de biota.

3.4.5.2.4 Análisis integrado

El análisis integrado BEST, correlaciona los datos abióticos presentes (Calidad de agua y sedimentos) con una comunidad biológica determinada. Señalando cuáles variables abióticas muestran una mayor correlación con dicha comunidad.

En este estudio se correlacionaron los resultados de Calidad del agua con los resultados de Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos y Zooplancton de manera independiente, generando cuatro resultados. Para los datos de química de sedimentos se realizó el mismo procedimiento, consiguiendo cuatro resultados más.

La comunidad de Fitobentos, se encuentra correlacionada a los datos de Calidad de agua (R: 0,326; p:0,001) donde las variables que cobran una mayor importancia corresponden a pH, Fósforo Total, Nitrito, Sulfato, Cobre, Aceites y grasas y Detergentes. No es de extrañar que variables íntimamente ligadas a la disponibilidad de nutrientes como Fósforo, Nitrito o pH que puede modificar la disponibilidad de los mismos o de otros compuestos u elementos, determinen en buena parte una comunidad de fotosintetizadores, por otra parte variables como Aceites y grasas o Detergentes cobran importancia por su baja variabilidad tanto entre estaciones como entre campañas.

La comunidad de fitobentos, se encuentra correlacionada con los resultados de sedimentos, (R: 0,262; p:0,001), donde las variables que cobran una mayor importancia corresponden a Aluminio, Cobalto, Molibdeno, Hidrocarburos volátiles e Hidrocarburos fijos. Estando las tres primeras susceptibles a cambios en su efecto en la comunidad dependiendo del pH y las dos últimas son estables a lo largo de los muestreos y similares entre estaciones.

La comunidad de Fitoplancton se encuentra correlacionada con los resultados obtenidos para calidad de agua ( $R:0,441$ ;  $p:0,001$ ), donde las variables seleccionadas correspondieron a Manganeso, Aluminio, Hidrocarburos Totales y Detergentes.

La comunidad de fitoplancton está correlacionada con los resultados obtenidos para sedimentos ( $R: 0,306$ ;  $p: 0,01$ ) donde las variables más importantes correspondieron a Cromo, Hierro y Molibdeno.

La Comunidad de Zoobentos esta correlacionada con los resultados obtenidos para calidad de agua ( $R: 0,307$ ;  $p: 0,01$ ) siendo Nitrógeno Total, Cobre y Aluminio las variables más importantes.

Por otra parte, al relacionar la comunidad de Zoobentos con lo registrado para sedimentos se encontró una correlación entre los datos ( $R: 0,211$ ;  $p:0,03$ ) donde las variables más importantes correspondieron a Boro y Molibdeno.

La comunidad de zooplancton esta correlacionada con los resultados obtenidos para calidad de agua ( $R:0,407$ ;  $p: 0,001$ ) donde las variables Conductividad eléctrica, solidos disueltos totales, Plomo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, DBO5 y detergentes.

La comunidad de zooplancton se correlaciona con lo encontrado para las variables estudiadas en los sedimentos ( $R: 0,22$ ;  $p: 0,001$ ) donde las variables más importante fueron Aluminio, Boro, mercurio, molibdeno, Plomo y Carbono Orgánico Total.

### 3.4.6 Síntesis y Conclusiones

#### 3.4.6.1 Área Mina

##### 3.4.6.1.1 Calidad de Agua

Para los parámetros de importancia limnológica hay algunos resultados que están por fuera del rango establecido según NCh 1.333 Of. 78 (Normativa de referencia), destacando los valores de pH, Conductividad eléctrica, Sólidos totales disueltos, Oxígeno disuelto y Alcalinidad total. Los valores de pH suelen estar por encima de la referencia en distintos Sectores y por debajo de la misma para los sectores Quebrada el Mote y Q. Blanca. La conductividad eléctrica y la concentración de sólidos disueltos totales presentaron valores por sobre la norma referencial, destacando el Sector quebrada Blanca y la quebrada Choja, mientras que los valores de Oxígeno disuelto encontrados en la mayoría de los sectores superan el valor mínimo recomendado por la normativa de referencia. Valores de alcalinidad por debajo de lo establecido en la norma de referencia utilizada fueron encontrados en estaciones con bajo pH como QB-3 y QB-5, además de MOTE-3.

Entre los valores de macroelementos, destacan las altas concentraciones de sulfato registradas en Quebrada Agua del Mote, Blanca y Choja y la estación HUIN-5, además cabe destacar que las concentraciones de Cloruro se encontraron por sobre la norma de referencia utilizada en algunas estaciones puntuales durante Invierno de 2014.

Para el conjunto de metales incluido en el análisis, todas las estaciones tienen al menos un registro por sobre la norma de referencia, destacando las quebradas de Agua del Mote y Blanca. Particularmente las estaciones MOTE-3, QB-3 y QB-5. Destacan los valores de Molibdeno, Boro y Manganeso por superar los valores referenciales en casi todas las estaciones.

Los valores de las variables orgánicas se encontraron por debajo de los límites señalados en la norma de referencia, con la excepción de las estaciones QL-2 y MOTE-2, que presentaron valores por altos para Coliformes fecales durante la campaña de verano. Para la mayoría de los casos, los valores registrados se encontraron por debajo de los límites de detección utilizados por el laboratorio.

De acuerdo a la clasificación de los sistemas según su estado de trofia propuesta por Dodds *et al.* (1998), la mayoría de las estaciones del Área Mina mostraron valores propios de sistemas oligotróficos (<10 µg/l). Las excepciones corresponden a MOTE-2, QL-4, QB-3 y QB-5 clasificadas como mesotrófico y QL-2 (44,54 µg/l) clasificado como Eutrófico en alguna de las campañas.

##### 3.4.6.1.2 Sedimentos

En el análisis de metales en sedimentos para el Área Mina durante las campañas analizadas, el Cobre y el Arsénico son los metales que con mayor frecuencia exceden los límites establecidos por la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática

(CCME,1999), que ha sido utilizada como referencia respecto de valores que permiten el desarrollo de vida acuática. Se destaca un aumento en la concentración de Arsénico para la mayoría de las estaciones a partir de la campaña de verano de 2015, este aumento puede estar relacionado con un verano particularmente lluvioso que llevó este elemento desde toda la cuenca hacia los sedimentos del lecho. El Cadmio y el Zinc también registraron valores por sobre la norma particularmente en las estaciones HUIN-1, HUIN-2 y HUIN-3.

En el caso particular del Mercurio, este fue detectado en altas concentraciones solo durante invierno, particularmente durante el año 2015 aunque en 2014 también se observó el fenómeno y su concentración fue considerablemente menor en las otras campañas.

En el caso de los análisis para los parámetros orgánicos, los valores en general se encuentran por debajo de los límites de detección usados. Durante invierno de 2015, se registró un fuerte aumento de la concentración de Carbono Orgánico Total en algunas de las estaciones.

Los resultados, obtenidos permiten caracterizar a los sedimentos del Área Mina como predominantemente conformados por arena gruesa, lo que está de acuerdo a lo observado durante el desarrollo de las campañas.

#### 3.4.6.1.3 Biota Acuática

##### a) Anfibios

Se detectó la presencia de larvas y huevos solo en dos sectores, Huinquintipa y Ramucho-Choja-Maní. En Huinquintipa, HUIN-5, se registró larvas de *Telmatobius sp*, tanto en invierno como en primavera de 2015. Ejemplares del género *Rhinella* fueron registrados durante Otoño de 2016 en el sector Huinquintipa.

En el sector Ramucho-Choja-Maní, solo se detectó la presencia de larvas y huevos de *Rhinella sp*. Los registros fueron hechos en todas las estaciones correspondientes al sector, lo que indica la presencia de este grupo a lo largo de todo el sector. Durante invierno de 2015 se detectó una puesta y durante las campañas de primavera se registraron larvas lo que nos da una idea del ciclo reproductivo del género para la zona. Además en este sector se registraron ejemplares adultos de *Telmatobius sp*, los que son abordados por el componente Animales Silvestres (Acápite 3.3.3).

##### b) Macrófitas

La comunidad de macrófitas estuvo presente sólo en algunas de las estaciones monitoreadas. En general la cobertura de macrófitas es baja en las diferentes quebradas del Área Mina y no supera el 10%. Sin embargo la estación HUIN-5, además de QB-6, CHO-1 y RAM-2 éstas últimas muy cercanas entre sí, tuvieron coberturas superiores al 50% y llegaron al 90% en alguna campaña. La riqueza no superó los seis taxa por estación.

## c) Fitobentos

La comunidad de fitobentos en el área estuvo dominada tanto por cianobacterias (*Nostoc* y *Anabaena*), Diatomeas (*Fragilaria*, *Nitzschia*) como algas verdes (*Microspora*), dependiendo de las condiciones de cada una de las estaciones o Sector en particular.

Sectores como Quebrada blanca mostraron un cambio gradual en la comunidad en la medida que el observador se desplaza aguas abajo por la quebrada. Quebrada Llareta estuvo dominada por las cianobacterias, Ramucho Choja Maní por cianobacterias como *Oscillatoria* y *Gleotrichia* más la diatomea *Synedra*.

La quebrada Huinquentipa mostró dominancia de *Microspora*, *Nostoc*, *Oedogonium* y *Achnantes*. Siendo este sector tan grande, se observó que ciertos grupos de estaciones HUIN-1,2 y 3 se asemejan entre sí al igual que HUIN-6 y HUIN-7 en base a la estructura de esta comunidad.

La quebrada Ornajuno estuvo dominada por cianobacterias (*Nostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*), dependiendo de la época del año.

Para el sector Otras quebradas cada estación mostró una comunidad propia con distintos taxa dominantes, lo que era esperable ya que a diferencia de otros sectores estas estaciones no pertenecen necesariamente a la misma micro cuenca.

## d) Fitoplancton

Esta comunidad mostró características y dominancias similares a lo descrito para fitobentos, esto suele pasar en sistemas cuya columna de agua es baja ya que ambas comunidades interactúan en un espacio pequeño.

Asimismo, el fitoplancton mostró un cambio gradual a lo largo del desplazamiento aguas abajo en el sector Quebrada blanca, similar a lo observado para la comunidad de Fitobentos.

En Llareta se encontraron como dominantes a los géneros *Anabaena* y *Nostoc*, para el Sector Ramucho-Choja, Maní a *Synedra* y *Fragillaria*.

El caso de la Quebrada Huinquentipa, similar a lo observado en fitobentos, se observaron grupos de estaciones según el parecido entre sus comunidades, observándose que HUIN-1, HUIN-2 y HUIN-3 forman un grupo y HUIN-6 y HUIN-7 otro grupo.

En Ornajuno no se pudo estudiar esta comunidad debido al bajo volumen de agua, mientras que en el sector Otras quebradas vemos como dominantes en general a *Nostoc* y *Anabaena* (cianobacterias).

## e) Zoobentos

La comunidad de zoobentos no evidenció diferencias entre los sectores e incluso los organismos dominantes en los distintos sectores son comunes ya que en general dominaron Chiromidae, Ostracoda, también cobraron importancia Simulidae y Ceratopogonidae

## f) Zooplancton

Para Zooplancton ocurre algo similar a lo observado en el zoobentos, donde unos pocos taxa suelen ser dominantes a lo largo de toda el área, asemejando a los diferentes sectores.

3.4.6.2 Área Obras Lineales

En esta área solo se tuvo registros puntuales de escurrimiento superficial en las quebradas, para el Sector Obras lineales durante ambas campañas de invierno y para el Sector Variante A-97B durante Otoño de 2015.

## 3.4.6.2.1 Calidad de Agua

Para el sector Obras lineales, se registró valores altos de Conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, Cloruros, sulfatos y Molibdeno. Mientras que para el sector de la Variante A97-B, se encontró la concentración de Oxígeno por debajo de lo recomendado para el desarrollo de la vida acuática y los valores de Boro y Molibdeno por encima de lo normado para riego, en todos los casos tomando como referencia los rangos establecidos en la Norma Chilena 1.333 Of 78.

Ambos sistemas mostraron valores de clorofila “a” que los clasifican como oligotróficos.

## 3.4.6.2.2 Sedimentos

Para sedimentos, en ambos sectores predominó la arena gruesa, además se registraron valores por sobre lo establecido en el documento de referencia utilizado (Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999)) para Mercurio durante invierno y para Arsénico durante verano en el sector Variante A-97B.

## 3.4.6.2.3 Biota Acuática

Al ser ocasiones puntuales en que el agua circula por las estaciones de muestreo no pueden evaluarse cambios, patrones de variación de las comunidades, etc.

En ninguno de los sectores evaluados se registró la presencia de macrófitas o de anfibios.

En el sector Obras lineales, dentro de las comunidades de algas dominaron por abundancia las diatomeas, para fitobentos *Synedra* y *Fragilaria* y para fitoplancton *Synedra* y *Navícula*. Por otra parte, dentro del zoobentos sólo se registró la presencia de Ceratopogonidae y Naididae mientras que dentro de la comunidad de zooplancton no se registraron individuos.



En el sector Variante A-97B, dentro del fitobentos dominaron *Nostoc*, *Oscillatoria* y *Pinnularia*, mientras que en fitoplancton dominó *Anabaena*. Dentro de zoobentos dominaron *Naididae* en invierno 2014 y *Rhabditidae* en invierno 2015 y en zooplancton solo se registró *Philodina*.

### 3.4.6.3 Área Pampa

#### 3.4.6.3.1 Calidad de Agua

Durante el desarrollo del estudio no se encontró agua en esta área, por lo que no pudo desarrollarse análisis de calidad de agua.

#### 3.4.6.3.2 Sedimentos

Los sedimentos en esta área, correspondieron principalmente a arena gruesa. Dentro de los análisis químicos, el Arsénico, Mercurio y Cobre muestran valores superiores los recomendados en la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática (CCME, 1999) en alguna de las campañas realizadas.

#### 3.4.6.3.3 Biota Acuática

Durante el desarrollo del estudio no se encontró agua en esta área, por lo que no pudo desarrollarse estudios de biota.

### 3.4.6.4 Análisis integrado

En general las matrices de datos biológicos de las diferentes comunidades estuvieron correlacionadas con los datos de Calidad de agua y de Sedimentos. Se destacaron dos tipos de variables, aquellas que son estables a lo largo del estudio y entre las estaciones como Detergentes e Hidrocarburos y aquellas que son más variables, dentro de estas últimas destacaron Aluminio, Manganeso y Molibdeno, elementos que pueden ser tóxicos bajo condiciones ambientales particulares como bajo pH (Aluminio) (Lindeman y col, 1990), condición presente en algunas estaciones, o elementos que son considerados micronutrientes esenciales como Molibdeno (Zimmer and Mendel, 1999).

### 3.4.6.5 Conclusiones Generales

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente: En el Área de influencia de los Ecosistemas Acuáticos Continentales, se presentan valores de pH por sobre y bajo el rango establecido en la norma utilizada como referencia (NCh. 1.333 Of 78), al igual que valores elevados de Metales pesados, Sulfatos, Conductividad, y Sólidos disueltos totales. Se identifica heterogeneidad de los valores obtenidos, observándose fluctuaciones entre las campañas realizadas. Adicionalmente, durante algunas campañas, se observa discontinuidad de flujo superficial de agua.

Los resultados mostraron valores por sobre la guía de referencia tanto en el caso de química de agua como de sedimentos. Sin embargo la mayoría de las situaciones tienen que ver con las

características particulares de la zona de desarrollo del estudio, donde existen antecedentes de aguas particularmente duras y salinas y donde la composición del suelo más una alta tasa de evaporación puede favorecer la acumulación de metales pesados y sales.

Por otra parte, existen características particulares que tienen que ver directamente con la intervención antrópica del medio. Tal es el caso de lo observado en MOTE 3, cuyas características particulares podrían ser asociadas a su cercanía a sectores altamente intervenidos, pero cuyos efectos han sido considerados y evaluados de acuerdo a la normativa ambiental vigente en el país.

Dentro de la biota, para este estudio cobró una particular relevancia las comunidades planctónicas y bentónicas de invertebrados y algas, ya que las comunidades de organismos superiores no se desarrollan o bien no se distribuyen de manera constante a lo largo de las estaciones de muestreo.

La comunidad de anfibios fue registrada en contadas estaciones, lo que valoriza particularmente a dichos lugares (Ramucho-Choja-Maní, Quebrada Huinquentipa). Por otra parte, la comunidad de macrófitas tampoco fue encontrada en todas las estaciones y en general se encontró en bajas densidades, con la excepción de un par de estaciones.

Las características de las quebradas presentes determinan que gran parte de la evaluación limnológica se realice a partir de los resultados de riqueza y abundancia de organismos microscópicos como bentos y plancton.

Existe una correlación entre los factores abióticos, calidad de agua y Sedimentos, con las comunidades principales evaluadas, Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos y Zooplancton. Estas comunidades se correlacionaron en general con variables como Aluminio que puede tener un efecto tóxico, Molibdeno que se trata de un elemento esencial o pH, una variable que puede modificar la toxicidad o la biodisponibilidad de algunos elementos o compuestos.

Los cuerpos de aguas superficiales muestran variabilidad estacional y dependen del régimen de nieves y lluvias que se presenta durante el año, pudiendo generarse diferencias interanuales a partir de las características particulares del año en que se realiza el muestreo.

La presencia de agua superficial permanente, así como la presencia de un mayor número de elementos de la matriz biológica, sugieren que a la fecha, las quebradas de **Huinquentipa** y el continuo de quebradas formados por los sistemas de **Ramucho, Choja y Maní** representarían los sectores de mayor interés y sensibilidad desde el punto de vista de los ecosistemas acuáticos continentales, considerando además que estos albergan especies de anfibios, en el caso de *Telmatobius* este género en Chile presenta especies con algún grado de amenaza: Vulnerable, En peligro, Rara o En peligro crítico, mientras que para las especies de *Rhinella* descritas en el norte de Chile se han determinado como en categoría Vulnerable.

### 3.4.7 Bibliografía

- Araya, J.M. y L. Zúñiga. (1985). Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. Boletín Limnológico de Chile, UACH 110 p.
- Bain, M.B., Finn J.T. & H.E. Booke. (1985). Quantifying stream substrate for habitat analysis studies. North American Journal of Fisheries Management, 5, 499-506.
- Bertrand, H. (1995). Les insectes aquatiques d'Europe. Encyclopédie Entomologique. Volume II: Trichoptères, Lepidoptères, Diptères, Hyménoptères. Paul Lechevalier Editeur (Paris). 543 p.
- Bourrelly, P. (1968). Les Algues D'eau Douce. Initiation à la Systématique. Tome II: Les Algues jaunes et brunes Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées: 243-252.
- CADE-IDEPE (2004) Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca Quebrada de Tarapacá
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), (1999). Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Clarke, KR, Gorley, RN, 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 192pp.
- Clarke, KR. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Aust J Ecol 18:117-143
- Chapman, M.G. Y Underwood, A.J. (1999). Ecological patterns in multivariate assemblages: information and interpretation of negative values in ANOSIM test. Marine Ecology progress series 180: 257-265
- Chapman, M.G. y Underwood, A.J. (1999). Ecological patterns in multivariate assemblages: information and interpretation of negative values in ANOSIM test. Marine Ecology progress series 180: 257-265
- De Los Ríos, P., Adamowicz, S., & Witt, J. (2010). Aquatic fauna in the driest desert on earth: first report on the crustacean fauna of the Loa river (Atacama desert, Antofagasta region, Chile). Crustaceana 83(3): 257-266.
- Dodds, WK., JR, Jones y EB, Welch. (1998) Suggested classification of stream trophic state: distribution of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. Water Research 32: 1455-1462.
- Espinoza, L. (2008) Técnicas de muestreo de anfibios. Enlace, N° 70,

- González, E. & Watling, L. (2003). Two new species of Hyalella from Lake Titicaca, and redescrptions of four others in the genus (Crustacea: Amphipoda). *Hydrobiologia* 497: 181–204.
- Goswami, SC. (2004). *Zooplankton Methodology, Collection & Identification– a field Manual*, National Institute of Oceanography, Goa, India
- Hötzel, G. y Croome, R. (1999). *A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwaters*. Occasional Paper 22/99, Land & Water Resources Research Development Corporation, Canberra. 58pp.
- Jaramillo, A. (2005). *Birds of Chile*. Princeton University Press New Jersey, USA. 240 pp
- Krebs, C.J. (1999). *Ecological Methodology*, 2nd ed. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
- Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula sensu stricto, 10 genera sepa-rated from Navicula sensu lato Frustulia*. In: H Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe (Vol. 2)* ARG Gantner Verlag, Ruggell. 526 p.
- Lindemann, J., Holtkamp, E., & Herrmann, R. (1990). The impact of aluminium on green algae isolated from two hydrochemically different headwater streams, Bavaria, Germany. *Environmental Pollution*, 67(1), 61–77.
- Lopretto, E. y G. Tell (1995) *Ecosistemas de Aguas Continentales*. Tomo III. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. 1401 p.
- Lugo-Ortiz, C.R. & W.P. McCafferty. (1995). Three distinctive new genera of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) from SouthAmerica. *Annals Limnologie* 31: 233-243.
- Lugo-Ortiz, C.R. Y McCafferty. (1999). Revision of SouthAmerican species of Baetidae (Ephemeroptera) previously placed in Baetis Leach and Pseudocloeon Klapálek. *Ann Limnol* 35:257-262.
- Marticorena, C. & M. Quezada. (1985). Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42: 5-157
- Merrit, R.W. & K.W. Cummins. (1996). *An introduction to the Aquatic Insect of North America*. Third Edition. Kendall / Hunt Publishing Company. 862 pp.
- MOE (MINISTRY OF ENVIRONMENT, C.A.). (2012) *British Columbia, Water and Air Baseline Monitoring. Guidance Document for Mine Proponents and Operators*
- NCh411/2 Of96 (1996). *Calidad del agua-Muestreo-Parte 2 Guía sobre técnicas de muestreo*.
- NCh411/6 Of98 (1998). *Calidad del agua-Muestreo-Parte 6 Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua*.

- Parra, O. & C. M. Bicudo. (1996). *Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática*. Ediciones Universidad de Concepción. 268 pp
- Parra, O., González, M., Dellarossa, V., Rivera, P. & Orellana, M. (1982-1983). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales; con especial referencia al fitoplancton de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción Vol. 1, Cyanophyceae, 1982; Vol. 2, Chrysophyceae-Xanthophyceae, 1982; Vol. 3, Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae, 1982 ; Vol. 4, Bacillariophyceae, 1982; Vol. 5 (partes 1 y 2), Chlorophyceae, 1983.
- Pielou EC. (1969). *An introduction to Mathematical Ecology*. Wiley, New York, USA.
- RESCAN (1991). *Proyecto de cobre Quebrada Blanca, Informe de Evaluación Ambiental*.
- Rivera, P. (1983). *A guide for references and distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28' S and 58°S*. Bibliotheca Diatomologica, Band 3. J. Kramer, Vaduz. 386 p.
- Riveros, José, Vila, Irma, & Méndez, Marco A. (2012). Nicho trófico de *Orestias agassii* (Cuvier & Valenciennes, 1846) del sistema de arroyos del salar de Huasco (20°05'S; 68°15'W). *Gayana (Concepción)*, 76(2), 79-91.
- Round, F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. (1996). *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 p.
- Rumrich, U., H. Lange-Bertalot & M. Rumrich. (2000). *Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Feuerland*. En: H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia Diatomologica* Vol. 9, 673 p., A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Scott, Sergio, Dorador, Cristina, Oyanedel, Juan Pablo, Tobar, Ignacio, Hengst, Martha, Maya, Giannina, Harrod, Chris, & Vila, Irma. (2015). *Microbial diversity and trophic components of two high altitude wetlands of the Chilean Altiplano*. *Gayana (Concepción)*, 79(1), 45-56.
- Simonsen, R. (1987). *Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt*. J. Cramer, Berlin & Stuttgart, 1: 525 pp, 2: 597, 3: 619.
- Stevenson, R.J. Y L. B. Loren. (1999). *Periphyton Protocols* en BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D.
- Wentworth, Ch. K. (1922) *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. *The Journal of Geology*. 30:377-392
- Whittaker, RH. (1972). *Evolution and measurement of species diversity*. *Taxon*, 21: 213-251.
- Zimmer W and Mendel R. (1999). *Molybdenum Metabolism in Plants*. *Plant Biology*. 1: 160-168.