

20 FEB 2013

# Sistema de Seguimiento Ambiental RCA

¡Hola, barrick\_727464 ! Cerrar sesión

[Inicio](#)


Superintendencia  
del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

## COMPROBANTE DE REMISIÓN DE ANTECEDENTES RESPECTO DE LAS CONDICIONES, COMPROMISOS Y MEDIDAS ESTABLECIDAS EN LAS RESOLUCIONES DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

Esta Superintendencia informa a Ud. que se han recibido mediante el formulario electrónico los antecedentes de las condiciones, compromisos y medidas establecidas en:

### 1. Información de los antecedentes reportados:

|                       |  |  |         |
|-----------------------|--|--|---------|
| Nombre del proyecto:  | <b>Modificaciones Proyecto Pascua Lama</b> |  |         |
| Titular:              | <b>COMPAÑIA MINERA NEVADA SPA</b>          |  |         |
| Resolución Exenta N°: | Año:                                       | Autoridad administrativa que la dictó: | Región: |
| 24                    | 2006                                       | Comisión Regional del Medio Ambiente   |         |

### 2. Descripción de los antecedentes reportados:

|   |   |
|---|---|
| Condiciones, compromisos y medidas de la RCA: | Considerandos 4.5.2 y 7.1 a.2) sobre Monitoreo de Agua                |
| Nombre del informe:                           | Informe anual de Monitoreo de Agua periodo Julio 2011-Junio 2012      |
| Los documentos recibidos:                     | - 2013-01 Programa de Monitoreo de Aguas Jul11 a Jun12 Subido SMA.pdf |

**Superintendencia del Medio Ambiente**  
**División de Fiscalización**

Cod:1997

*Laura Emery*

Titular del proyecto o representante  
legal

**COMPAÑIA MINERA NEVADA SPA**  
**85306000-3**

**Nota:** Una vez completado el formulario y firmado por el representante legal, deberá remitirse a la oficina de partes de esta Superintendencia, ubicada en calle Miraflores N° 178, piso 7, comuna y ciudad de Santiago.

### Superintendencia del Medio Ambiente - Gobierno de Chile

Miraflores 178, piso 7 | Santiago | Chile  
tel: 56 2 2617 1800



# INFORME PROGRAMA DE MONITOREO DE AGUAS JULIO 2011- JUNIO 2012 PROYECTO PASCUA LAMA



Preparado para:

**Compañía Minera Nevada**  
Av. Ricardo Lyon 222, Piso 11  
Providencia, Santiago - Chile  
Tel: (56-2) 340 2022  
Fax: (56-2) 340 2056

Preparado por:

**Proust Consultores Limitada**  
Av. Apoquindo, Piso 9, Of. 905  
Las Condes, Santiago-Chile  
Tel: (56-2) 212 8200  
Fax: (56-2) 211 5258

Enero 2013



## ÍNDICE

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>1.</b>   | <b>INTRODUCCIÓN</b>                            | <b>12</b>  |
| <b>2.</b>   | <b>ESTACIONES DE MONITOREO</b>                 | <b>12</b>  |
| <b>2.1</b>  | <b>Puntos de Monitoreo</b>                     | <b>12</b>  |
| <b>2.2</b>  | <b>Pozos de Monitoreo</b>                      | <b>17</b>  |
| <b>3.</b>   | <b>PARÁMETROS DE MONITOREO</b>                 | <b>19</b>  |
| <b>3.1.</b> | <b>Batería de Parámetros</b>                   | <b>19</b>  |
| <b>3.2</b>  | <b>Parámetros de Interés</b>                   | <b>20</b>  |
| 3.2.1       | Indicadores de Drenaje Ácido Natural           | 20         |
| 3.2.2       | Indicadores Aguas Servidas                     | 21         |
| <b>4</b>    | <b>RESULTADOS DEL MONITOREO</b>                | <b>21</b>  |
| <b>4.1</b>  | <b>Caudales</b>                                | <b>22</b>  |
| <b>4.2</b>  | <b>Niveles</b>                                 | <b>28</b>  |
| <b>4.3</b>  | <b>Indicadores de Drenaje de Ácido Natural</b> | <b>31</b>  |
| 4.3.1       | Aguas Superficiales                            | 31         |
| 4.3.2       | Aguas Subterráneas                             | 71         |
| <b>4.4</b>  | <b><i>Indicadores Aguas Servidas</i></b>       | <b>92</b>  |
| <b>5</b>    | <b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>              | <b>95</b>  |
| <b>5.1</b>  | <b>Caudales</b>                                | <b>95</b>  |
| <b>5.2</b>  | <b>Niveles</b>                                 | <b>95</b>  |
| <b>5.3</b>  | <b>Indicadores de Drenaje Ácido Natural</b>    | <b>96</b>  |
| 5.3.1       | Aguas Superficiales                            | 96         |
| 5.3.2       | Aguas Subterráneas                             | 108        |
| <b>5.4</b>  | <b>Indicadores Aguas Servidas</b>              | <b>110</b> |
| <b>5.5</b>  | <b>Análisis Histórico</b>                      | <b>110</b> |
| <b>5.6</b>  | <b>Comparación con Normas</b>                  | <b>114</b> |
| <b>6</b>    | <b>CONCLUSIONES</b>                            | <b>117</b> |

## FIGURAS

- Figura 1** : Ubicación de puntos de monitoreo de aguas superficiales
- Figura 2** : Ubicación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas
- Figura 3** : Línea de flujo Del Estrecho/Chollay (Diagrama topológico)
- Figura 2.1** : Distribución espacial de los puntos de monitoreo de aguas superficiales
- Figura 2.2a** : Líneas de flujos de los cauces monitoreados (Diagramas topológicos)
- Figura 2.2b** : Líneas de flujos de los cauces monitoreados (Diagramas topológicos)
- Figura 2.3** : Distribución espacial de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas
- Figura 5.3.1** : Imagen Satelital del Área del Proyecto

## GRÁFICOS

- Gráfico 4.1(i)** : Caudal v/s tiempo - Del Estrecho/Chollay
- Gráfico 4.1(ii)** : Caudal v/s tiempo - El Toro/Tres Quebradas
- Gráfico 4.1(iii)** : Caudal v/s tiempo - Potrerillos
- Gráfico 4.1(iv)** : Caudal v/s tiempo - Del Carmen
- Gráfico 4.1(v)** : Caudal v/s tiempo - Del Transito/Huasco
- Gráfico 4.2(i)** : Nivel v/s tiempo - Del Estrecho
- Gráfico 4.2(ii)** : Nivel v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas
- Gráfico 4.3.1(i)** : pH v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(ii)** : Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(iii)** : Sulfatos v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(iv)** : Aluminio v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(v)** : Arsénico v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(vi)** : Cobre v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(vii)** : Hierro v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(viii)** : Hierro 2+ v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(ix)** : Hierro 3+ v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(x)** : Manganeso v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xi)** : Zinc v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xii)** : pH v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xiii)** : Conductividad Eléctrica v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xiv)** : Sulfato v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xv)** : Aluminio v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)

- Gráfico 4.3.1(xvi)** : Arsénico v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xvii)** : Cobre v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xviii)** : Hierro v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xix)** : Manganeso v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xx)** : Zinc v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxi)** : pH v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxii)** : Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxiii)** : Sulfato v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxiv)** : Aluminio v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxv)** : Arsénico v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxvi)** : Cobre v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxvii)** : Hierro v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxviii)** : Manganeso v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxix)** : Zinc v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xx)** : pH v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxi)** : Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxii)** : Sulfato v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxiii)** : Aluminio v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxiv)** : Arsénico v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxv)** : Cobre v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxvi)** : Hierro v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxvii)** : Manganeso v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.1(xxviii)** : Zinc v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.3.2(i)** : pH v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(ii)** : Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(iii)** : Sulfatos v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(iv)** : Aluminio v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(v)** : Arsénico v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(vi)** : Cobre v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(vii)** : Hierro v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(viii)** : Hierro 2+ v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(ix)** : Hierro 3+ v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(x)** : Manganeso v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xi)** : Zinc v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)

- Gráfico 4.3.2(xii)** : pH v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xiii)** : Conductividad Eléctrica v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xiv)** : Sulfatos v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xv)** : Aluminio v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xvi)** : Arsénico v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xvii)** : Cobre v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xviii)** : Hierro v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xix)** : Manganeso v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.3.2(xx)** : Zinc v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas)
- Gráfico 4.4(i)** : Coliformes Fecales v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 4.4(ii)** : Coliformes Totales v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales)
- Gráfico 5.3.1(i)** : Promedio estacional de nivel de pH (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(ii)** : Promedio estacional de Conductividad Eléctrica (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(iii)a** : Promedio estacional de concentración de Sulfatos (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(iii)b** : Promedio estacional carga másica de Sulfatos (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(iv)a** : Promedio estacional de concentración de Aluminio (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(iv)b** : Promedio estacional carga másica de Aluminio (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(v)a** : Promedio estacional de concentración de Arsénico (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(v)b** : Promedio estacional carga másica de Arsénico (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(vi)a** : Promedio estacional de concentración de Cobre (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(vi)b** : Promedio estacional carga másica de Cobre (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(vii)a** : Promedio estacional de concentración de Hierro (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(vii)b** : Promedio estacional carga másica de Hierro (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(viii)a** : Promedio estacional de concentración de Hierro 2+ (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(viii)b** : Promedio estacional carga másica de Hierro 2+ (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(ix)a** : Promedio estacional de concentración de Hierro 3+ (Del Estecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(ix)b** : Promedio estacional carga másica de Hierro 3+ (Del Estecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(x)a** : Promedio estacional de concentración de Manganeso (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(x)b** : Promedio estacional carga másica de Manganeso (Del Estrecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(xi)a** : Promedio estacional de concentración de Zinc (Del Estecho/Chollay)
- Gráfico 5.3.1(xi)b** : Promedio estacional carga másica de Zinc (Del Estecho/Chollay)
- Gráfico 5.5(i)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Sulfatos en Punto NE-2A por año hidrológico
- Gráfico 5.5(ii)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Aluminio en Punto NE-2A por año hidrológico
- Gráfico 5.5(iii)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Arsénico en Punto NE-2A por año hidrológico

- Gráfico 5.5(iv)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Cobre en Punto NE-2A por año hidrológico
- Gráfico 5.5(v)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Hierro en Punto NE-2A por año hidrológico
- Gráfico 5.5(vi)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Manganeseo en Punto NE-2A por año hidrológico
- Gráfico 5.5(vii)** : Percentil 66% de Caudal y Concentración de Zinc en Punto NE-2A por año hidrológico

## TABLAS

- Tabla 2.1** : Puntos de Monitoreo según Subcuencas y sus Coordenadas UTM (Datum WG84, Huso 19)
- Tabla 2.2** : Pozos de Monitoreo según Subcuencas y sus coordenadas UTM (Datum WG84, Huso 19)
- Tabla 3.1** : Batería de parámetros Programa de Monitoreo Proyecto Pascua-Lama
- Tabla 4.1** : Índice resultado del monitoreo (Ficha Caudales)
- Tabla 4.1(i)** : Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Del Estrecho/Chollay
- Tabla 4.1(ii)** : Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - El Toro/Tres Quebradas
- Tabla 4.1(iii)** : Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Potrerillos
- Tabla 4.1(iv)** : Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Del Carmen
- Tabla 4.1(v)** : Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Del Transito/Huasco
- Tabla 4.2** : Índice resultado del monitoreo (Ficha Niveles)
- Tabla 4.2(i)** : Estadística Descriptiva Niveles (m) - Del Estrecho
- Tabla 4.2(ii)** : Estadística Descriptiva Niveles (m) - El Toro/Tres Quebradas
- Tabla 4.3.1** : Índice resultado del monitoreo (Ficha Parámetros DAR – Aguas Superficiales)
- Tabla 4.3.1(i)** : Estadística Descriptiva pH – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup)
- Tabla 4.3.1(ii)** : Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(iii)** : Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(iv)** : Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(v)** : Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) –Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(vi)** : Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(vii)** : Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(viii)** : Estadística Descriptiva Concentración Hierro 2+ (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(ix)** : Estadística Descriptiva Concentración Hierro 3+ (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(x)** : Estadística Descriptiva Concentración Manganeseo (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(xi)** : Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) –Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(xii)** : Estadística Descriptiva pH – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(xiii)** : Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)
- Tabla 4.3.1(xiv)** : Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Tabla 4.3.1(xv)</b>     | : Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.) |
| <b>Tabla 4.3.1(xvi)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.) |
| <b>Tabla 4.3.1(xvii)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)    |
| <b>Tabla 4.3.1(xviii)</b>  | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)   |
| <b>Tabla 4.3.1(xix)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Mang. (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)    |
| <b>Tabla 4.3.1(xx)</b>     | : Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sup.)     |
| <b>Tabla 4.3.1(xxi)</b>    | : Estadística Descriptiva pH – Potrerillos (Aguas Sup.)                                       |
| <b>Tabla 4.3.1(xxii)</b>   | : Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)           |
| <b>Tabla 4.3.1(xxiii)</b>  | : Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)            |
| <b>Tabla 4.3.1(xxiv)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)            |
| <b>Tabla 4.3.1(xxv)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)            |
| <b>Tabla 4.3.1(xxvi)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)               |
| <b>Tabla 4.3.1(xxvii)</b>  | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)              |
| <b>Tabla 4.3.1(xxviii)</b> | : Estadística Descriptiva Concentración Mang. (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)               |
| <b>Tabla 4.3.1(xxix)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – Potrerillos (Aguas Sup.)                |
| <b>Tabla 4.3.1(xxx)</b>    | : Estadística Descriptiva pH – Del Carmen (Aguas Sup.)  |
| <b>Tabla 4.3.1(xxxi)</b>   | : Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)            |
| <b>Tabla 4.3.1(xxii)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)             |
| <b>Tabla 4.3.1(xxiii)</b>  | : Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)             |
| <b>Tabla 4.3.1(xxiv)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)             |
| <b>Tabla 4.3.1(xxv)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)                |
| <b>Tabla 4.3.1(xxvi)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)               |
| <b>Tabla 4.3.1(xxvii)</b>  | : Estadística Descriptiva Concentración Mang. (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)                |
| <b>Tabla 4.3.1(xxviii)</b> | : Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – Del Carmen (Aguas Sup.)                 |
| <b>Tabla 4.3.2</b>         | : Índice resultado del monitoreo (Ficha Parámetros DAR – Aguas Subterráneas)                  |
| <b>Tabla 4.3.2(i)</b>      | : Estadística Descriptiva pH – Del Estrecho (Aguas Subterráneas)                              |
| <b>Tabla 4.3.2(ii)</b>     | : Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Sub.)           |
| <b>Tabla 4.3.2(iii)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Sub.)            |
| <b>Tabla 4.3.2(iv)</b>     | : Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Sub.)            |
| <b>Tabla 4.3.2(v)</b>      | : Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Sub.)           |
| <b>Tabla 4.3.2(vi)</b>     | : Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Sub.)               |
| <b>Tabla 4.3.2(vii)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Sub.)             |
| <b>Tabla 4.3.2(viii)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro 2+ (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Sub.)          |
| <b>Tabla 4.3.2(ix)</b>     | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro 3+ (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Sub.)          |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Tabla 4.3.2(x)</b>     | : Estadística Descriptiva Concentración Manganeso (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Sub.)          |
| <b>Tabla 4.3.2(xi)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Sub.)               |
| <b>Tabla 4.3.2(xii)</b>   | : Estadística Descriptiva pH – Del Estrecho (Aguas Sub.)                                      |
| <b>Tabla 4.3.2(xiii)</b>  | : Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Del Estrecho (Aguas Sub.)                 |
| <b>Tabla 4.3.2(xiv)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.) |
| <b>Tabla 4.3.2(xv)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.) |
| <b>Tabla 4.3.2(xvi)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.) |
| <b>Tabla 4.3.2(xvii)</b>  | : Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.)    |
| <b>Tabla 4.3.2(xviii)</b> | : Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.)   |
| <b>Tabla 4.3.2(xix)</b>   | : Estadística Descriptiva Concentración Mang. (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.)    |
| <b>Tabla 4.3.2(xx)</b>    | : Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Sub.)     |
| <b>Tabla 4.4</b>          | : Índice resultado del monitoreo (Ficha Parámetros Aguas Servidas)                            |
| <b>Tabla 4.4(i)</b>       | : Estadística Descriptiva Coliformes Fecales (NMP) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)        |
| <b>Tabla 4.4(ii)</b>      | : Estadística Descriptiva Coliformes Totales (NMP) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Sup.)        |
| <b>Tabla 5.6(i)</b>       | : Comparación 80% de los límites máximos NCh 1333 en punto NE-4                               |
| <b>Tabla 5.6(ii)</b>      | : Comparación de los límites máximos NCh 409 en punto NE-8                                    |

## **ANEXOS:**

|                |   |
|----------------|---|
| <b>Anexo A</b> | : Monitoreos Aguas Superficiales (Formato digital – CD Adjunto) |
| <b>Anexo B</b> | : Monitoreos Aguas Subterráneas (Formato digital – CD Adjunto)  |

# INFORME

## PROGRAMA DE MONITOREO DE AGUAS JULIO 2011 A JUNIO 2012

### PROYECTO PASCUA-LAMA

*Preparado para:*

**COMPAÑÍA MINERA NEVADA LTDA.**

#### **Resumen Ejecutivo**

El presente informe contiene los resultados del Programa de Monitoreo de Calidad y Cantidad de Aguas del Proyecto “Modificaciones Proyecto Pascua-Lama” (el “Proyecto”), de Compañía Minera Nevada SpA , calificado ambientalmente favorable mediante Resolución Exenta N° 24/06 de la COREMA Región de Atacama. De acuerdo a lo ordenado en dicha resolución, los resultados del programa de monitoreo se deben informar anualmente a la CONAMA. En el presente informe se exponen los resultados correspondientes al período comprendido entre los meses de **Julio de 2011 hasta Abril de 2012** (inclusive), los cuales son representativos de la condición previa a la etapa de depositación de estériles, y posteriormente (**Mayo de 2012 a Junio de 2012**) los resultados son representativos de la etapa de depositación de estériles iniciada el 5 de mayo de 2012.

El Programa de monitoreo comprende un total de 36 puntos de monitoreo de agua superficial y 13 pozos de monitoreo de agua subterránea distribuidos en los siguientes cauces de la cuenca del Huasco: río del Estrecho, río Chollay, río del Tránsito, río El Toro, río Tres Quebradas, río Potrerillos, río del Carmen, río Del Tránsito y río Huasco, además de tributarios menores (**Figuras 1 y 2**). En estos puntos se realizan muestreos de agua con una frecuencia mensual para su análisis físico-químico en laboratorio. Además, en los puntos superficiales se realizan aforos mensuales y en los pozos se registra el nivel freático o potenciométrico con igual frecuencia. En laboratorio se analiza un total de 45 parámetros, incluyendo indicadores de drenaje ácido natural de aguas (pH, sulfatos, aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso y zinc), indicadores de aguas servidas (coliformes fecales y totales) y otros parámetros de referencia de línea base.

El análisis de los resultados comprende el comportamiento espacial y temporal de los parámetros monitoreados, es decir, la variación de calidad y caudal que se produce a lo largo de los cauces y a lo largo del período de medición. Además, se realiza una comparación con la norma de riego NCh 1.333 (80%) en el punto de monitoreo superficial denominado NE-4 y una comparación con la norma de agua potable NCh 409 en el punto NE-8; en ambos puntos el Proyecto se ha

comprometido a mantener el cumplimiento de las respectivas normas, exceptuando aquellos parámetros que de forma natural resultan mayores.

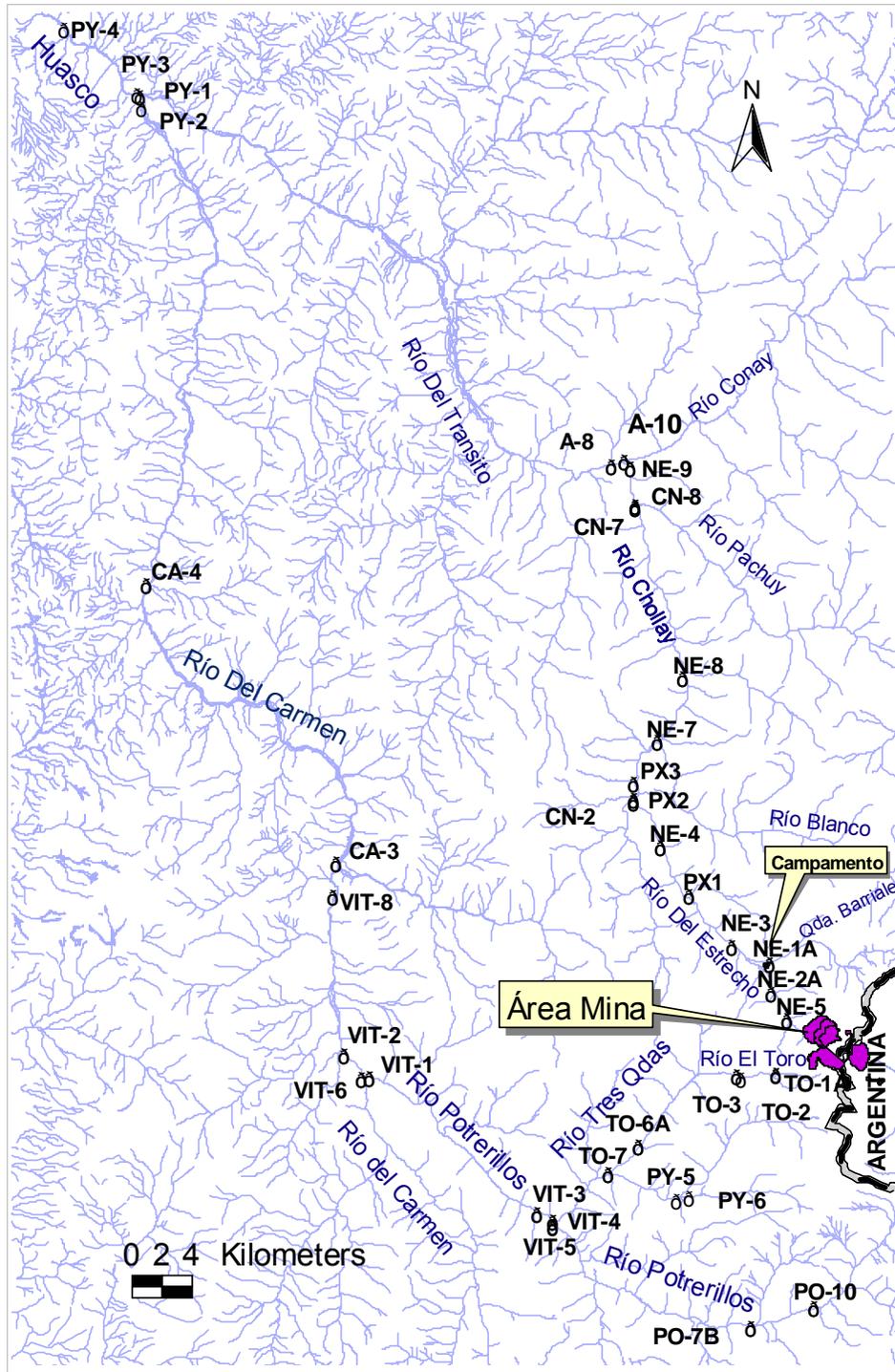


Figura 1: Ubicación de puntos de monitoreo de aguas superficiales.

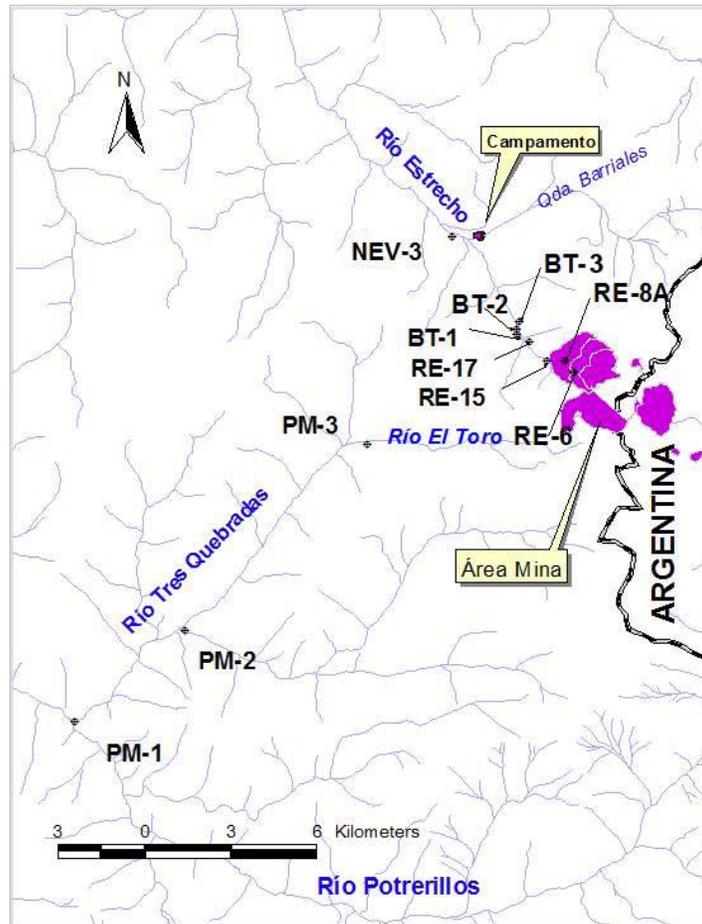


Figura 2: Ubicación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas.

Las conclusiones del análisis de los resultados del monitoreo de aguas del período Julio 2011 a Junio 2012 se presentan a continuación:

- En la línea de flujo que se inicia en la cuenca alta del Río del Estrecho, donde se ubica la zona mineralizada que da origen al yacimiento minero, y que termina en el Río del Tránsito, inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el Río Chollay, las concentraciones y/o niveles de los parámetros indicadores de acidez muestran el comportamiento típico observado en la línea base: un descenso notorio a lo largo del recorrido de las aguas, exceptuando el pH que presenta un patrón inverso. Las concentraciones relativamente elevadas que se producen en la cuenca alta (zona mineralizada) se diluyen gradualmente hacia aguas abajo, en la medida que la línea de flujo recibe aportes laterales de aguas neutras, siendo notorio el efecto de dilución y neutralización que aporta el primero de ellos (la Quebrada Barriales).

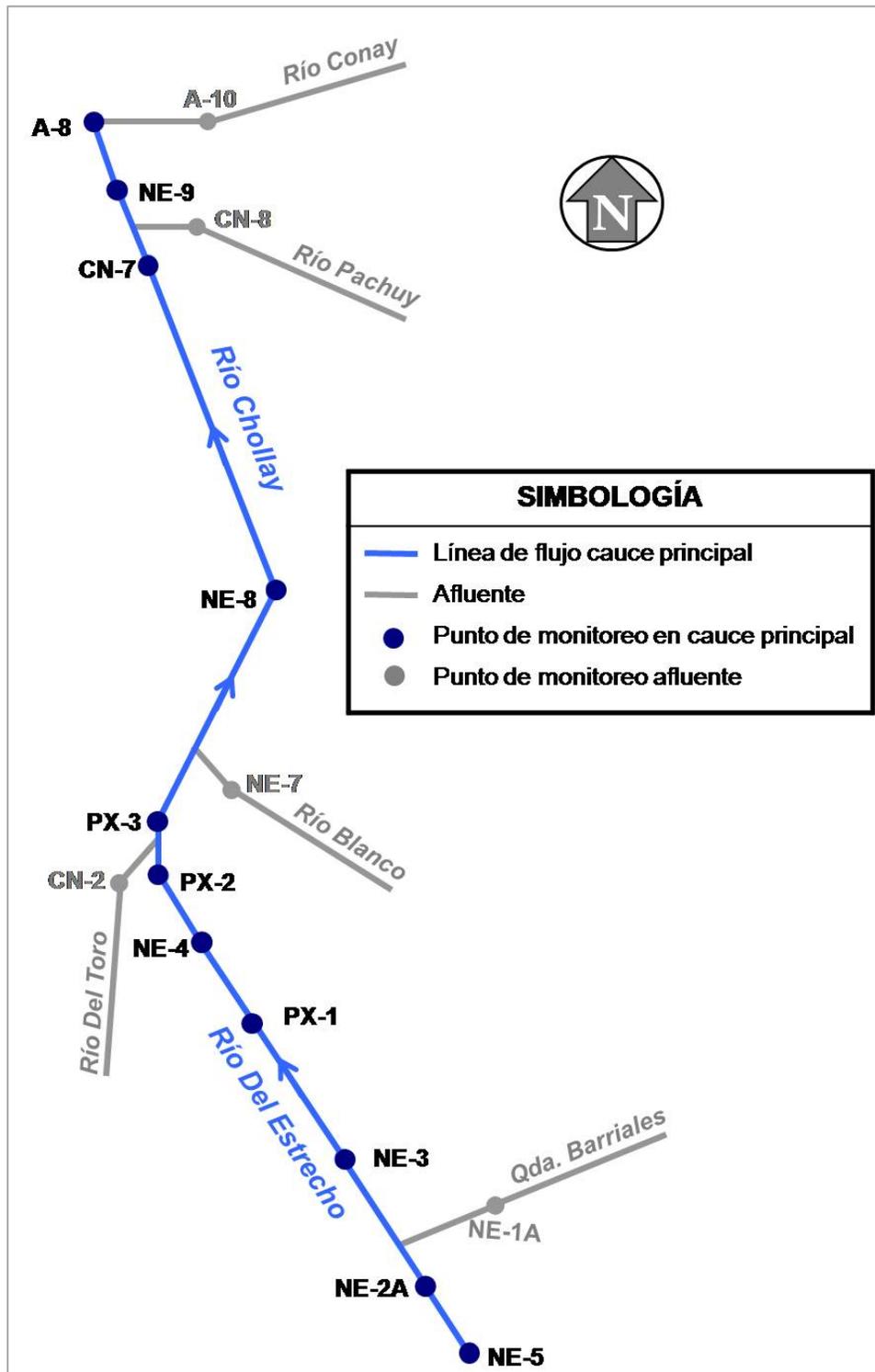
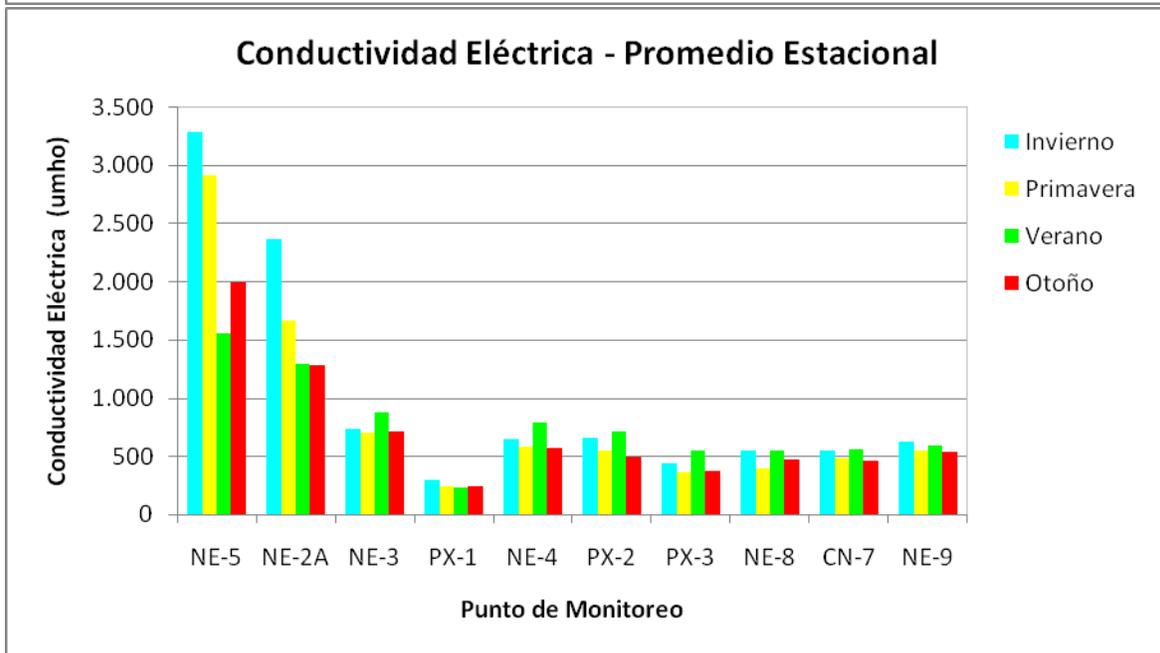
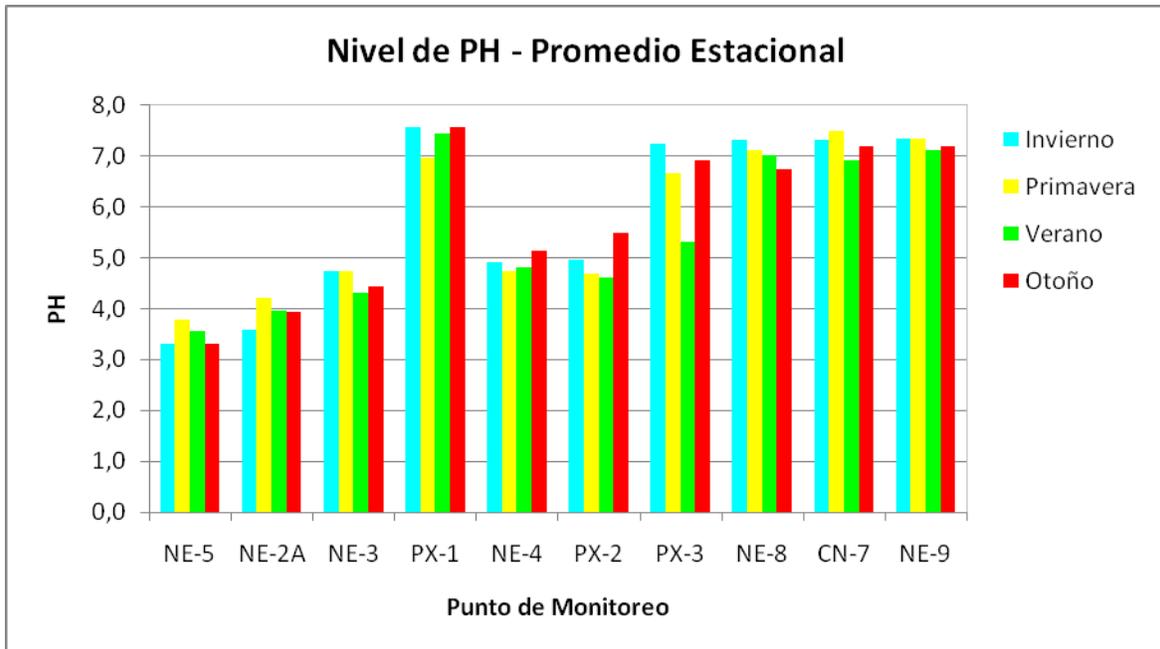
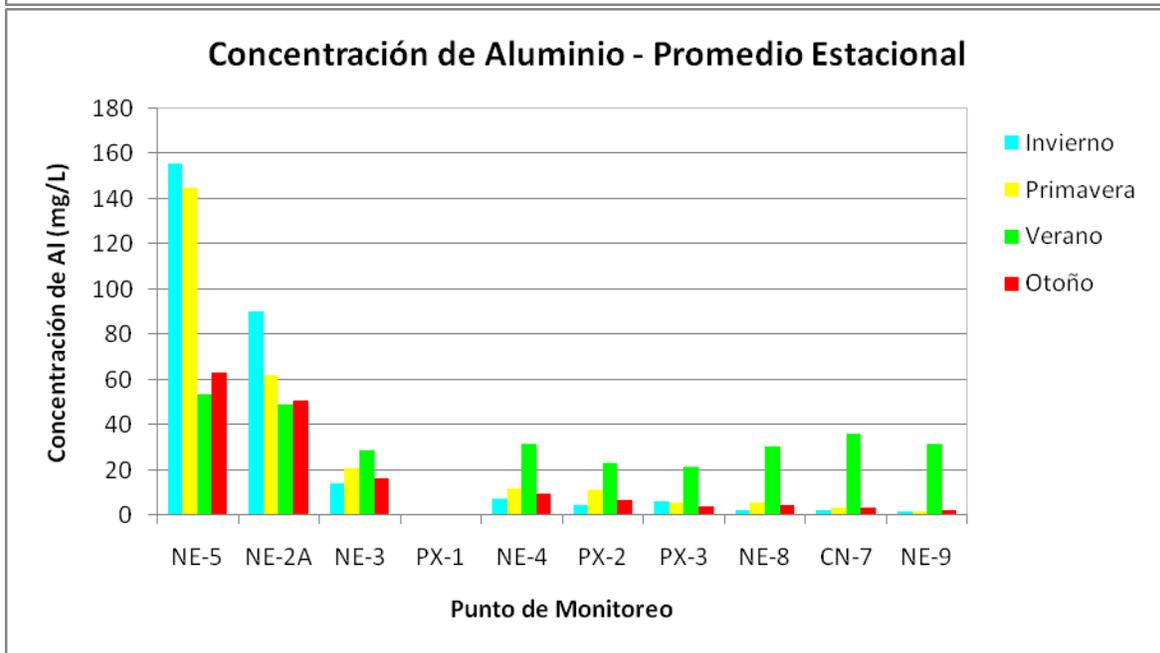
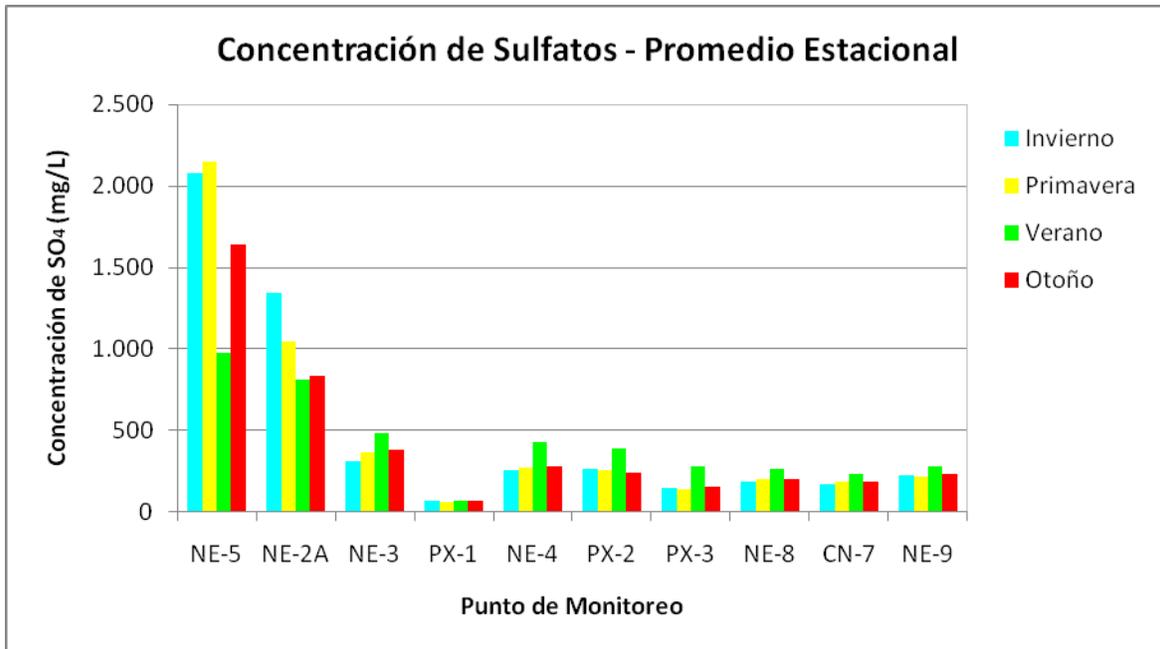
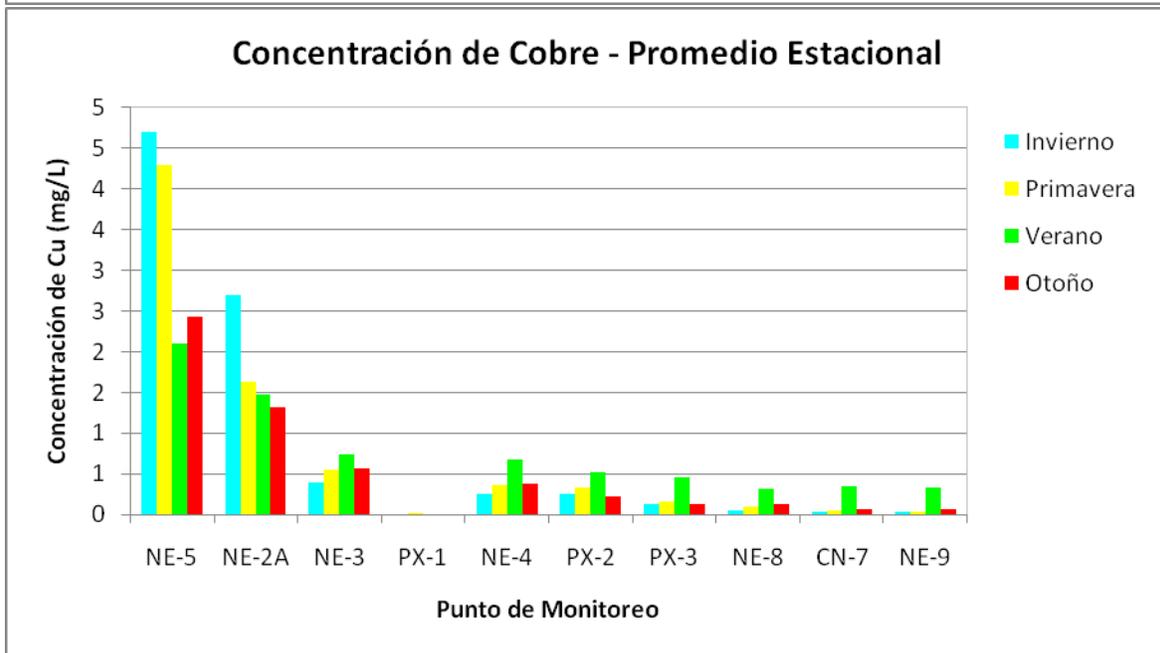
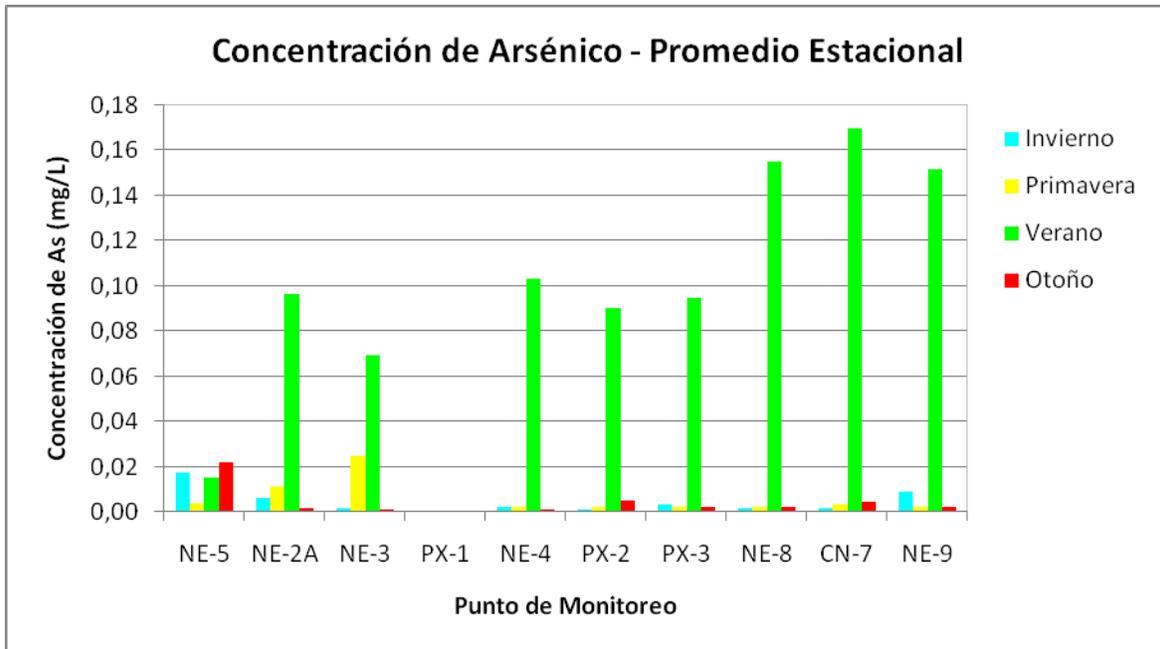
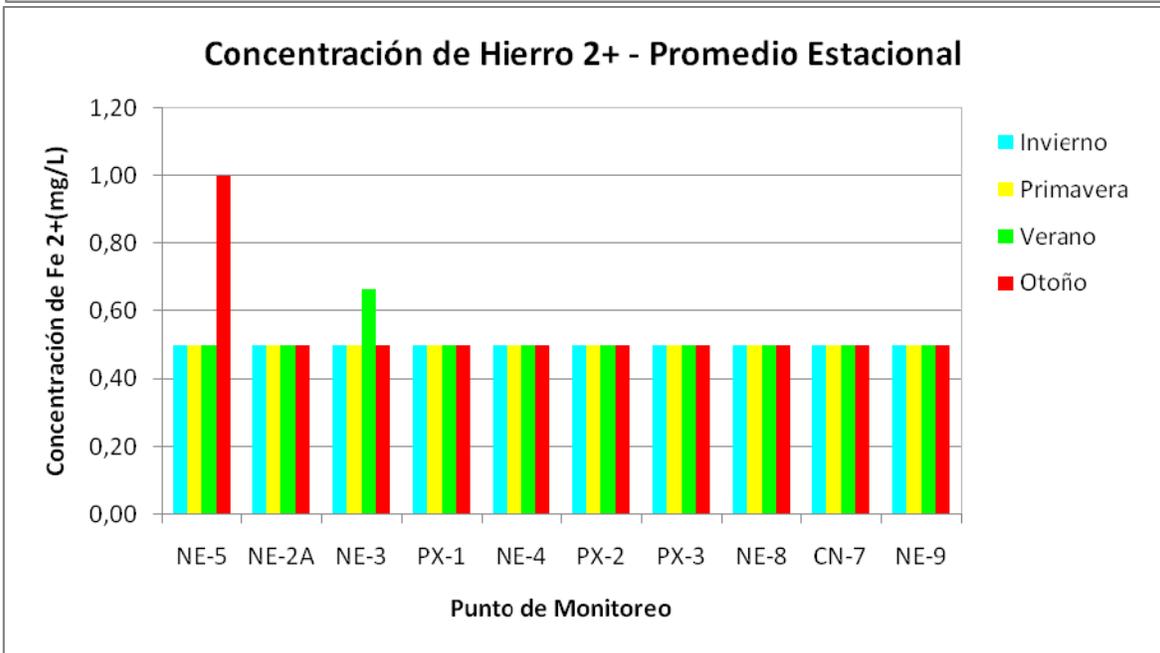
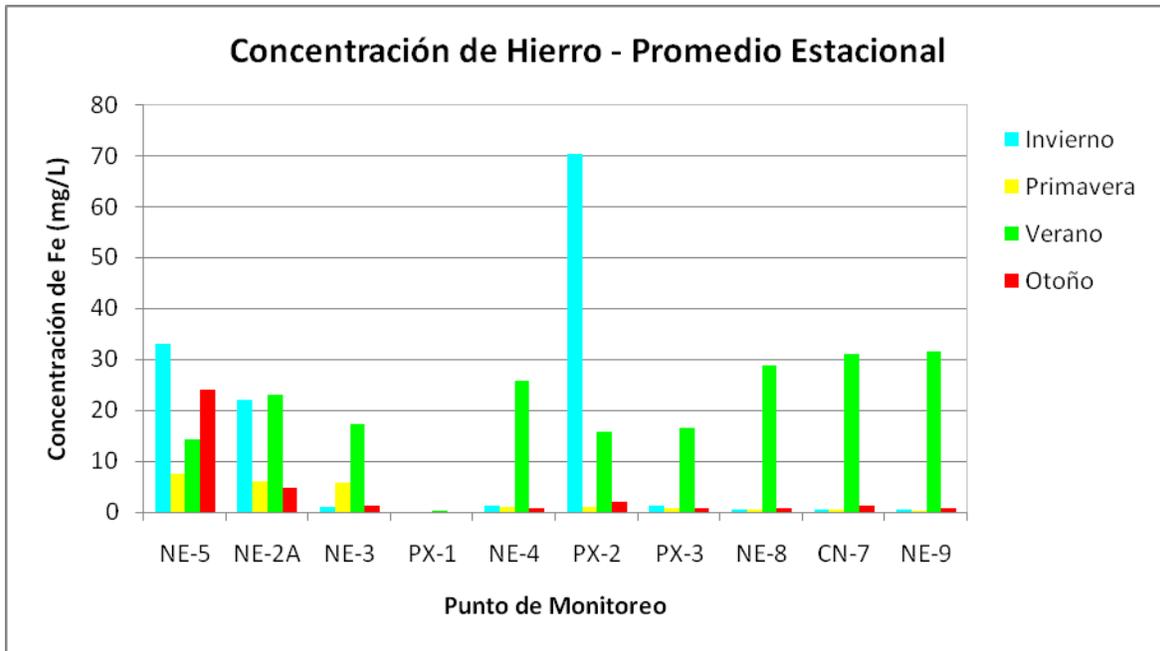


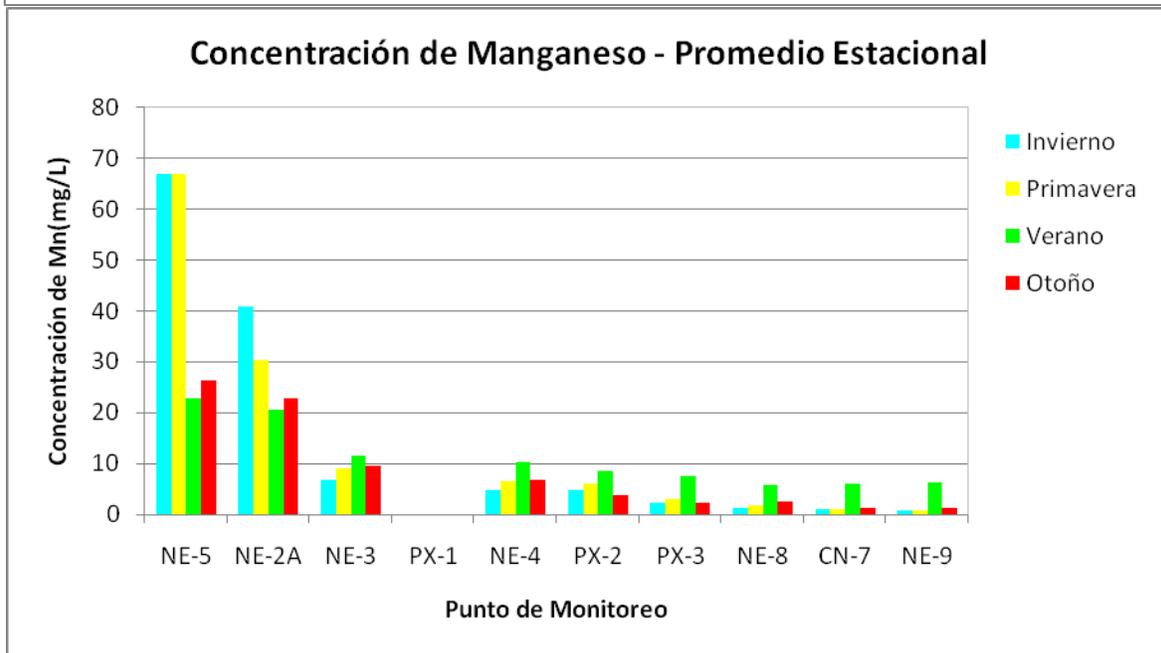
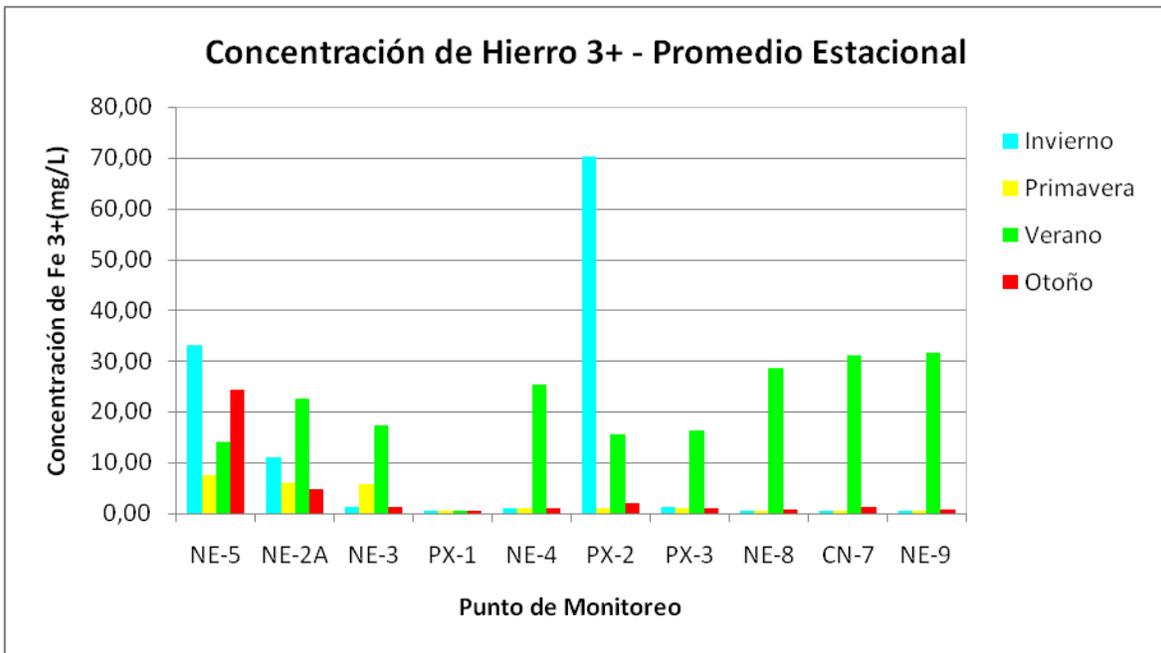
Figura 3: Línea de flujo Del Estecho/Chollay (Diagrama topológico)

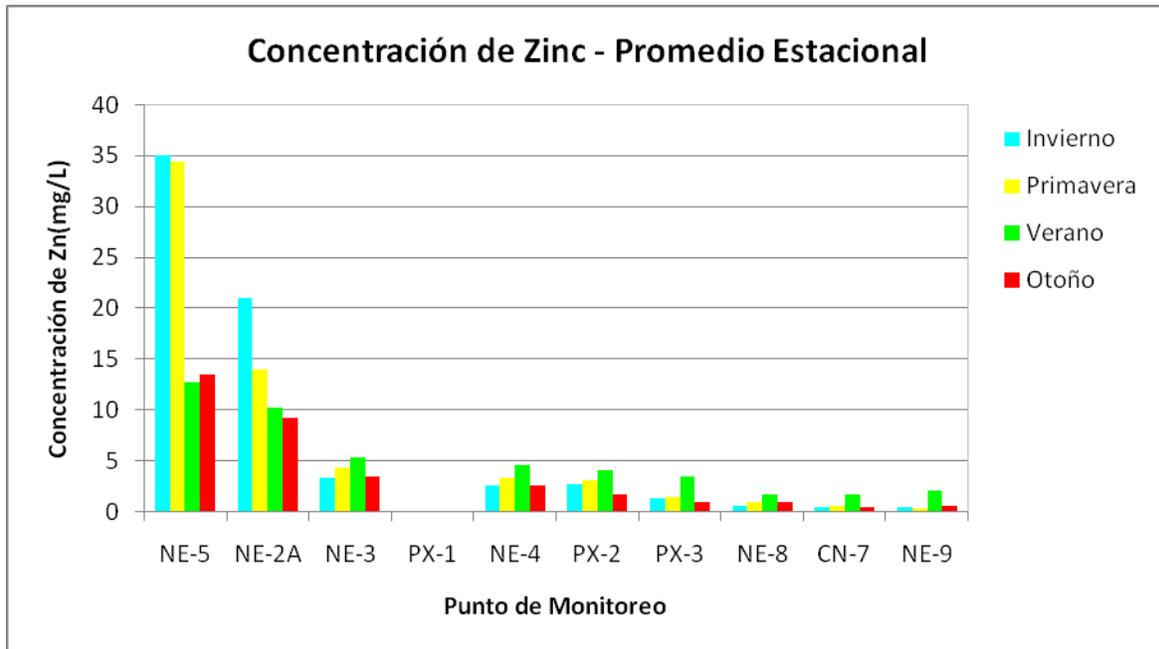












- El comportamiento del pH es inverso: en la cuenca alta presenta los valores ácidos (cerca de 4), reflejando el proceso de acidificación natural de las aguas, y aumenta paulatinamente hacia aguas abajo, en la medida que la línea de flujo recibe aportes laterales de aguas neutras.
- En la cuenca alta del Río del Estrecho se observa que el comportamiento de los parámetros indicadores de acidez natural presenta una variación estacional, con valores máximos en el período de Invierno-Primavera. Este comportamiento se atribuye al efecto de arrastre y/o lixiviación natural de sales y metales que producen los caudales (reducidos) en invierno y los primeros deshielos en su paso a través de los intersticios y fisuras de la roca y coluvios existentes en la zona mineralizada de la cuenca en primavera. Aguas abajo, esta variación estacional desaparece. Se observa un comportamiento errático en el hierro, atribuido nuevamente a su condición no conservativa, que permite la precipitación y redisolución en función principalmente de los cambios de pH del agua.
- En la línea de flujo que se inicia en la cuenca alta del Río El Toro -colindante con la zona mineralizada que da origen al yacimiento minero- y que termina en el Río del Carmen, las aguas son en general neutras y no presentan contenidos significativos de metales y sales a la altura intermedia del río El Toro.
- En los pozos de monitoreo el comportamiento de los parámetros indicadores de acidez es similar al de los puntos superficiales más cercanos, evidenciando la ocurrencia de drenajes ácidos naturales en la cuenca alta del Río del Estrecho y un efecto de dilución y neutralización hacia aguas abajo.

- Analizado el comportamiento histórico de los parámetros indicadores de acidez natural, se observa que las concentraciones en general han mostrado una tendencia creciente desde el período 2002-2003 al período 2010-2011, Este comportamiento es atribuible al período “inter El Niño”, es decir, los años en que la cuenca presenta caudales reducidos.
- Los resultados del presente período de monitoreo (Julio 2011 - Junio 2012) corresponden a un período de crecida de los caudales. Por lo tanto, la tendencia creciente iniciada en 2002-2003, se revierte. Se puede suponer que esta disminución se debe a un nuevo evento de El Niño en la zona.

## 1. Introducción

El presente informe contiene los resultados del Programa de Monitoreo de Calidad y Cantidad de Aguas del Proyecto “Modificaciones Proyecto Pascua-Lama” (el “Proyecto”), de Compañía Minera Nevada SpA , calificado ambientalmente favorable mediante Resolución Exenta N° 24/06 de la COREMA Región de Atacama. De acuerdo a lo ordenado en dicha resolución, los resultados del programa de monitoreo se deben informar anualmente a la CONAMA. En el presente informe se exponen los resultados correspondientes al período comprendido entre los meses de **Julio de 2011 hasta Abril de 2012** (inclusive), los cuales son representativos de la condición previa a la etapa de depositación de estériles, y posteriormente (**Mayo de 2012 a Junio de 2012**) los resultados son representativos de la etapa de depositación de estériles iniciada el 5 de mayo de 2012.

El Programa de monitoreo comprende un total de 36 puntos de monitoreo de agua superficial y 13 pozos de monitoreo de agua subterránea distribuidos en los siguientes cauces de la cuenca del Huasco: río Del Estrecho, río Chollay, río del Tránsito, río El Toro, río Tres Quebradas, río Potrerillos, río del Carmen, río Del Tránsito y río Huasco, además de tributarios menores. En estos puntos se realizan muestreos de agua con una frecuencia mensual para su análisis físico-químico en laboratorio. Además, en los puntos superficiales se realizan aforos mensuales y en los pozos se registra el nivel freático o potenciométrico con igual frecuencia. En laboratorio se analiza un total de 45 parámetros, incluyendo indicadores de drenaje ácido natural de aguas (pH, sulfatos, aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso y zinc), indicadores de aguas servidas (coliformes fecales y totales) y otros parámetros de referencia de línea base.

## 2. Estaciones de Monitoreo

A continuación se presentan la identificación y localización las estaciones de monitoreos en las aguas superficiales (puntos) y subterráneas (pozos).

### 2.1 Puntos de Monitoreo

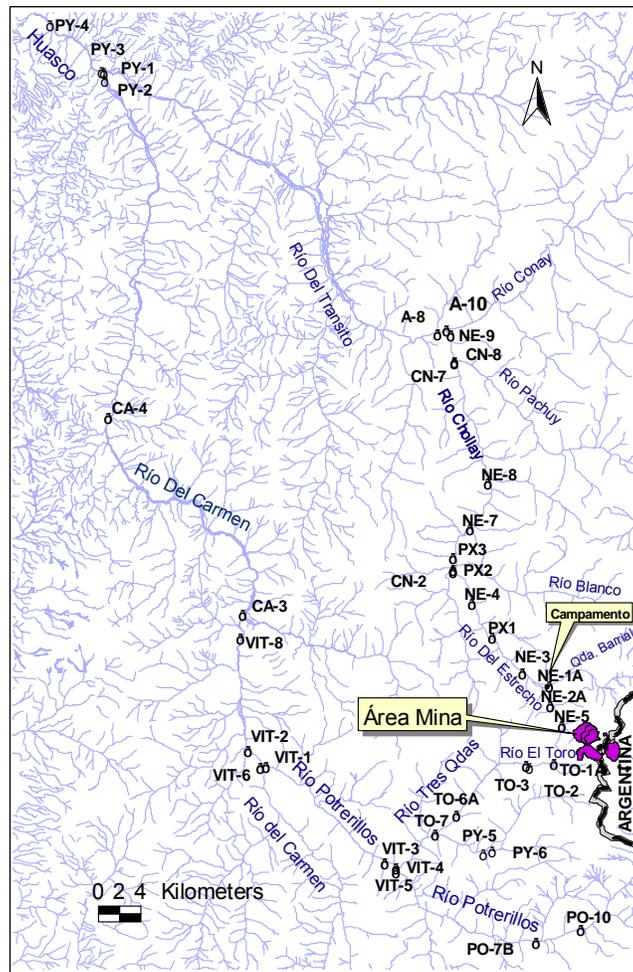
Los puntos de monitoreo se localizan en las siguientes subcuencas principales:

- Subcuenca Del Estrecho/Chollay
- Subcuenca El Toro/Tres Quebradas
- Subcuenca Potrerillos
- Subcuenca Del Carmen
- Del Transito/Huasco

La distribución geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo de aguas superficiales se muestra en la **Figura 2.1**. Las áreas en color morado representan el Área Mina donde se ubicará, al momento de su operación, fundamentalmente el Rajo y el depósito de estéril Nevada Norte.

Dichas Áreas se ubican en la actual naciente del río Del Estrecho, cercano al punto de monitoreo NE-5. Se observa adicionalmente parte del Área de Mina del Proyecto que se ubicará en territorio Argentino.

Del mismo modo, en la **Figura 2.1.** se muestra (cercano al punto de monitoreo NE-1A) la ubicación actual Campamento Barriales en la quebrada del mismo nombre, al noroeste del área mina.



**Figura 2.1:** Distribución espacial de los puntos de monitoreo de aguas superficiales y ubicación principales instalaciones del Proyecto Pascua-Lama (en morado).

En la **Tabla 2.1** se indican los puntos de monitoreo por cada subcuenca y río a la que pertenece, ordenados secuencialmente (aguas arriba – aguas abajo)<sup>1</sup> y sus respectivas coordenadas UTM. Los ríos se clasifican según el tipo de cauce donde se efectúa el monitoreo de la siguiente manera:

<sup>1</sup> Para una mejor comprensión de la dimensión espacial (topológica) de los puntos de monitoreos, en este informe se respetará dicho orden en la presentación de los resultados de monitoreos para los cauces o ríos principales.

- Principal: cauce mayor que atraviesa gran parte o la totalidad de las cuencas ya mencionadas.
- Afluente: cauce que tributa a un cauce principal.

**Tabla 2.1: Puntos de Monitoreo según Subcuencas y sus Coordenadas UTM (Datum WG84, Huso 19).**

| SUBCUENCA              | CAUCE / Río           | TIPO      | PUNTO MONITOREO | COORDENADAS (m) |         |
|------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|-----------------|---------|
|                        |                       |           |                 | NORTE           | ESTE    |
| Del Estrecho/Chollay   | Del Estrecho          | Principal | NE-5            | 6.758.150       | 397.878 |
|                        | Del Estrecho          | Principal | NE-2A           | 6.759.928       | 396.857 |
|                        | Qda. Barriales        | Afluente  | NE-1A           | 6.761.807       | 396.724 |
|                        | Del Estrecho          | Principal | NE-3            | 6.762.948       | 394.239 |
|                        | Qda. Agua de la Falda | Afluente  | PX-1            | 6.766.319       | 391.469 |
|                        | Del Estrecho          | Principal | NE-4            | 6.769.472       | 389.489 |
|                        | Del Estrecho          | Principal | PX-2            | 6.772.402       | 387.788 |
|                        | Del Toro              | Afluente  | CN-2            | 6.772.553       | 387.727 |
|                        | Chollay               | Principal | PX-3            | 6.773.627       | 387.777 |
|                        | Blanco                | Afluente  | NE-7            | 6.776.331       | 389.295 |
|                        | Chollay               | Principal | NE-8            | 6.780.525       | 391.011 |
|                        | Chollay               | Principal | CN-7            | 6.791.594       | 387.848 |
|                        | Pachuy                | Afluente  | CN-8            | 6.791.741       | 387.891 |
| Chollay                | Principal             | NE-9      | 6.794.202       | 387.516         |         |
| El Toro/Tres Quebradas | El Toro               | Principal | TO-1A           | 6.754.900       | 397.350 |
|                        | El Toro               | Principal | TO-3            | 6.754.460       | 394.561 |
|                        | Tres quebradas        | Principal | TO-6A           | 6.749.892       | 388.098 |
|                        | Qda. La Ortiga        | Afluente  | PY-6            | 6.746.471       | 391.374 |
|                        | Qda. La Ortiga        | Afluente  | PY-5            | 6.746.331       | 390.538 |
|                        | Qda. La Ortiga        | Afluente  | TO-7            | 6.748.036       | 386.098 |
|                        | Tres quebradas        | Principal | VIT-4           | 6.744.974       | 382.410 |
| Potrerillos            | Potrerillos           | Principal | PO-10           | 6.739.271       | 399.705 |
|                        | Potrerillos           | Principal | PO-7B           | 6.738.026       | 395.484 |
|                        | Potrerillos           | Principal | VIT-5           | 6.744.643       | 382.403 |
|                        | Potrerillos           | Principal | VIT-3           | 6.745.438       | 381.388 |
|                        | Potrerillos           | Principal | VIT-1           | 6.754.338       | 370.321 |
| Del Carmen             | Del Carmen            | Principal | VIT-6           | 6.754.211       | 369.722 |
|                        | Del Carmen            | Principal | VIT-2           | 6.755.820       | 368.567 |
|                        | Del Carmen            | Principal | VIT-8           | 6.766.199       | 367.911 |
|                        | Del Carmen            | Principal | CA-3            | 6.768.394       | 368.067 |
|                        | Del Carmen            | Principal | CA-4            | 6.786.630       | 355.570 |
|                        | Del Carmen            | Principal | PY-2            | 6.817.809       | 355.211 |
| Del Transito/Huasco    | Conay                 | Principal | A-10            | 6.794.593       | 387.117 |
|                        | Del Transito          | Principal | A-8             | 6.794.307       | 386.267 |
|                        | Del Transito          | Principal | PY-1            | 6.818.550       | 355.096 |
|                        | Huasco                | Principal | PY-3            | 6.818.625       | 354.883 |
|                        | Huasco                | Principal | PY-4            | 6.822.896       | 350.102 |

En la Figuras 2.2 (a y b) se muestran las líneas de flujo correspondientes a los cauces monitoreados a través de diagramas topológicos (o unifilares).

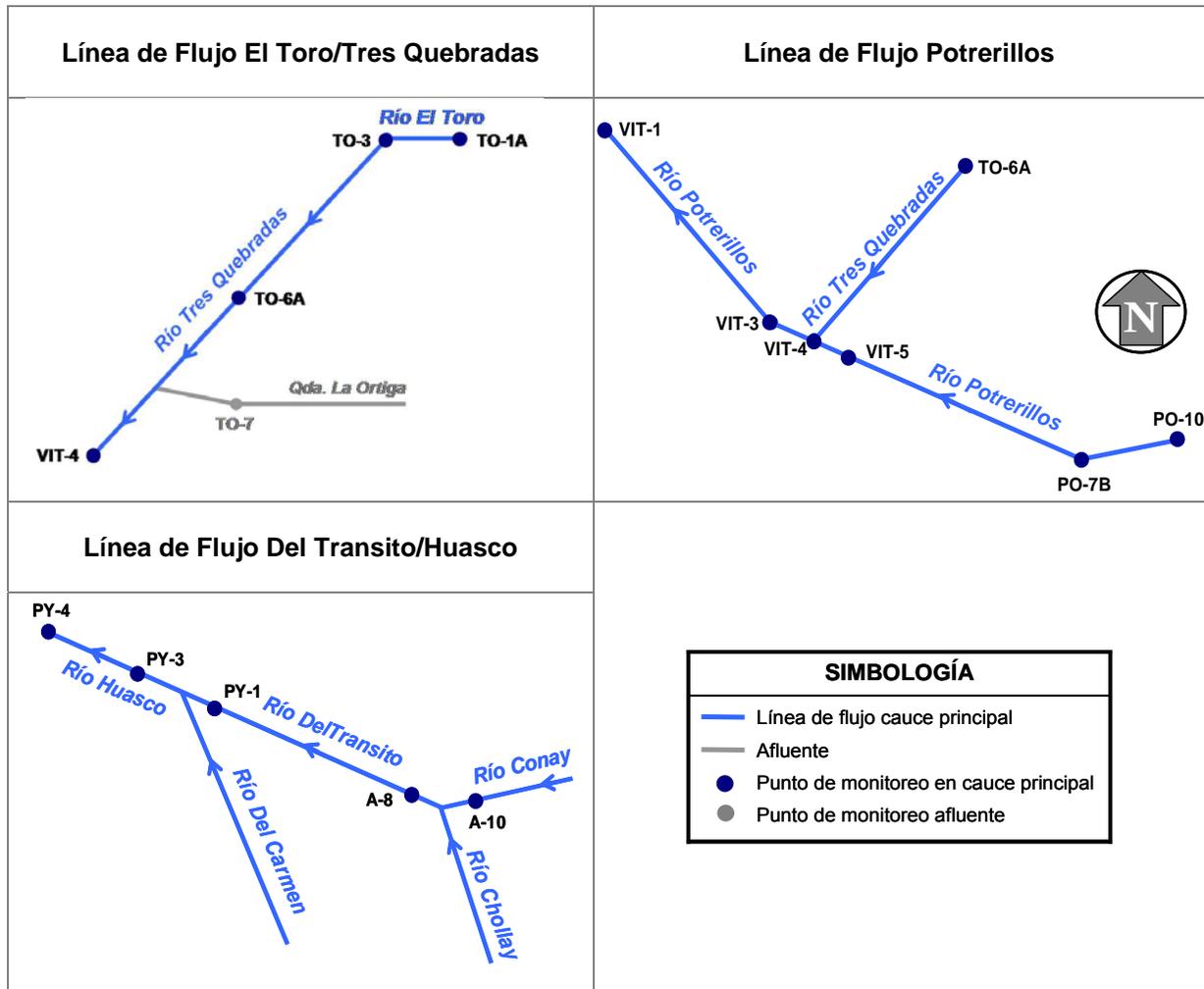


Figura 2.2a: Líneas de flujos de los cauces monitoreados (Diagramas topológicos).

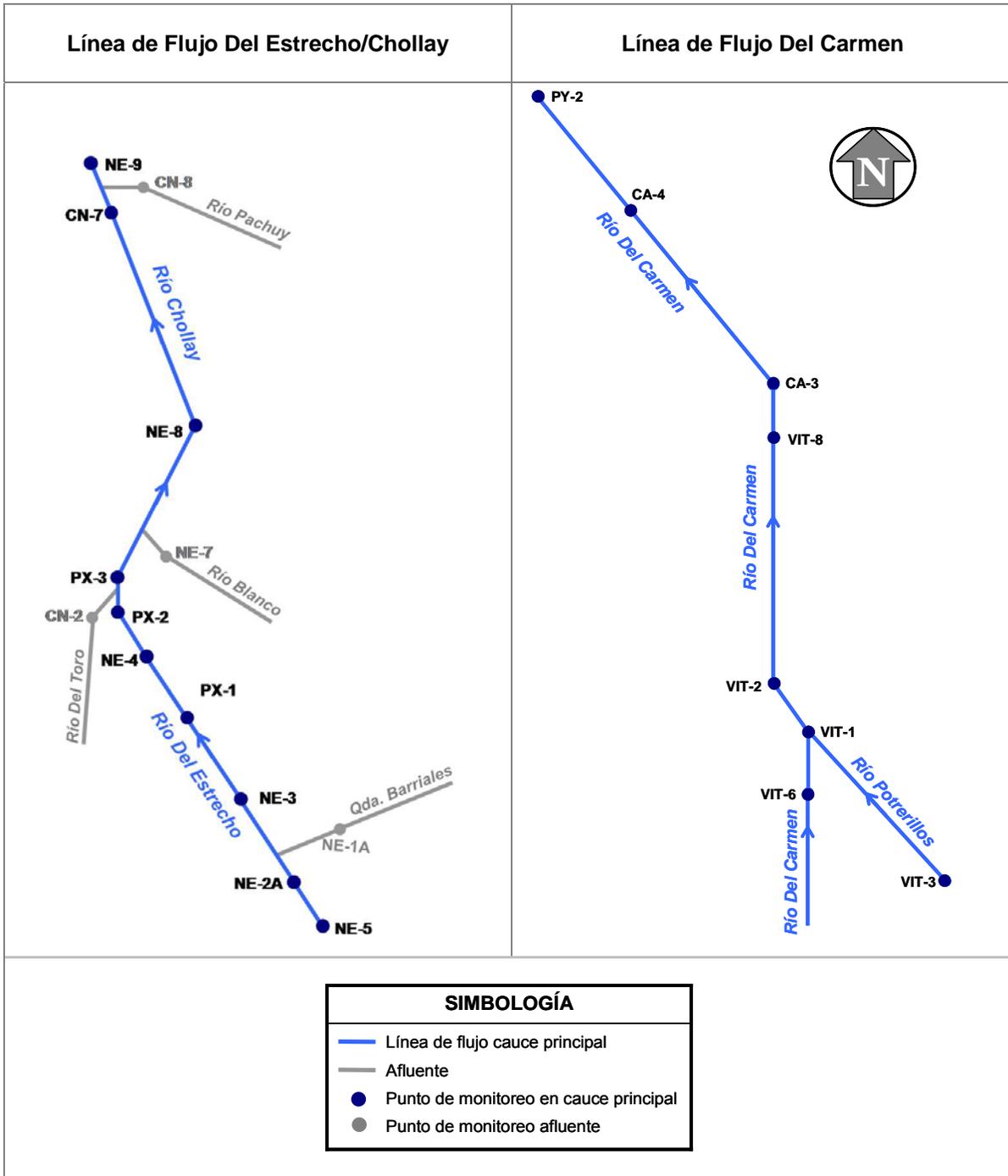


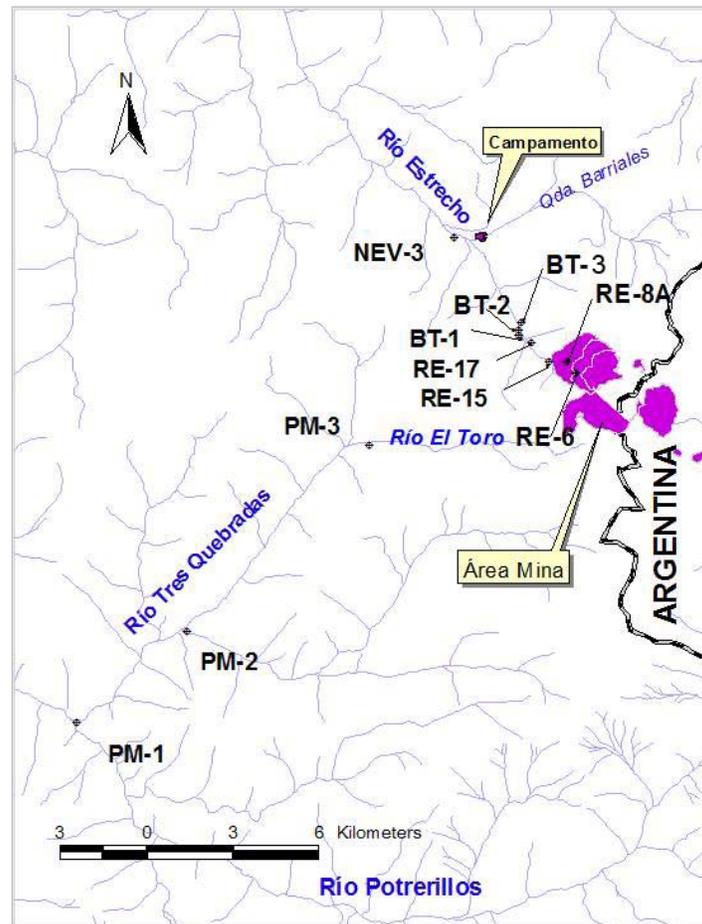
Figura 2.2b: Líneas de flujos de los cauces monitoreados (Diagramas topológicos).

## 2.2 Pozos de Monitoreo

Los pozos de monitoreo se localizan en las siguientes subcuencas principales:

- Subcuenca Del Estrecho
- Subcuenca El Toro/Tres Quebradas

La distribución geográfica de cada uno de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas se muestra en la **Figura 2.3**. En esta figura es posible apreciar, en color morado, las principales instalaciones planeadas del Proyecto. En la parte alta de la cuenca del río Del Estrecho se observa gran parte de los puntos de monitoreos agrupados sobre la futura instalación del depósito de estéril Nevada Norte en sus distintas fases.



**Figura 2.3:** Distribución espacial de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas y ubicación principales instalaciones del Proyecto Pascua-Lama (en morado).

La **Tabla 2.2** muestra los pozos de monitoreo por cada subcuenca, ordenados secuencialmente (aguas arriba – aguas abajo)<sup>2</sup> y las respectivas coordenadas UTM.

**Tabla 2.2:** Pozos de Monitoreo según Subcuencas y sus coordenadas UTM (Datum WG84, Huso 19).

| SUBCUENCA              | POZO MONITOREO | COORDENADAS (m) |         |
|------------------------|----------------|-----------------|---------|
|                        |                | NORTE           | ESTE    |
| Del Estrecho           | RE-6           | 6.756.974       | 399.657 |
|                        | RE-8AS         | 6.757.346       | 399.303 |
|                        | RE-8AP         | 6.757.346       | 399.303 |
|                        | RE-15 (Well-1) | 6.757.442       | 398.728 |
|                        | RE-17S         | 6.758.024       | 398.087 |
|                        | RE-17P         | 6.758.024       | 398.087 |
|                        | BT-1           | 6.758.304       | 397.671 |
|                        | BT-2           | 6.758.475       | 397.649 |
|                        | BT-3           | 6.758.723       | 397.727 |
|                        | NEV-3          | 6.761.623       | 395.459 |
| El Toro/Tres Quebradas | PM-3           | 6.754.468       | 392.492 |
|                        | PM-2           | 6.748.054       | 386.212 |
|                        | PM-1           | 6.744.911       | 382.389 |

<sup>2</sup> La determinación del orden se realizó suponiendo que el gradiente hidráulico de los flujos se orienta desde la mayor altura a la menor, aunque dicho orden no representa necesariamente la conexión entre los pozos en esa secuencia.

### 3. Parámetros de Monitoreo

En la presente sección se expone la batería de parámetros acorde al D.S 46/02, que considera el programa de monitoreo y se identifican los parámetros de especial interés, asociado a su contexto geográfico y las futuras actividades mineras.

#### 3.1. Batería de Parámetros

En la **Tabla 3.1** se indica la batería de parámetros medidos en las aguas superficiales y subterráneas. Se incluye adicionalmente el caudal (l/s) y el nivel (m) respectivamente.

**Tabla 3.1:** Batería de parámetros Programa de Monitoreo Proyecto Pascua-Lama.

| PARÁMETRO                      | SÍMBOLO                            | UNIDAD |
|--------------------------------|------------------------------------|--------|
| Alcalinidad (Total)            | Alk                                | mg/l   |
| Aluminio (Disuelto y Total)    | Al                                 | mg/l   |
| Arsénico (Disuelto y Total)    | As                                 | mg/l   |
| Bario (Disuelto y Total)       | Ba                                 | mg/l   |
| Berilio (Disuelto y Total)     | Be                                 | mg/l   |
| Boro (Disuelto y Total)        | B                                  | mg/l   |
| Cadmio (Disuelto y Total)      | Cd                                 | mg/l   |
| Calcio (Disuelto y Total)      | Ca                                 | mg/l   |
| Cianuro (Total)                | CN <sup>-</sup>                    | mg/l   |
| Cloruro (Total)                | Cl <sup>-</sup>                    | mg/l   |
| Cobalto (Disuelto y Total)     | Co                                 | mg/l   |
| Cobre (Disuelto y Total)       | Cu                                 | mg/l   |
| Coliformes (Fecales y Totales) | Colif                              | NMP    |
| Color                          | *                                  | unidad |
| Conductividad                  | *                                  | umho   |
| Cromo (Disuelto y Total)       | Cr                                 | mg/l   |
| Fenoles                        | *                                  | mg/l   |
| Fluoruro (Disuelto y Total)    | F <sup>-</sup>                     | mg/l   |
| Hierro (Disuelto y Total)      | Fe                                 | mg/l   |
| ión Bicarbonato                | HCO <sub>3</sub>                   | mg/l   |
| ión Férrico                    | Fe <sup>+3</sup>                   | mg/l   |
| ión Ferroso                    | Fe <sup>+2</sup>                   | mg/l   |
| Litio (Disuelto y Total)       | Li                                 | mg/l   |
| Magnesio (Disuelto y Total)    | Mg                                 | mg/l   |
| Manganeso (Disuelto y Total)   | Mn                                 | mg/l   |
| Mercurio (Disuelto y Total)    | Hg                                 | mg/l   |
| Molibdeno (Disuelto y Total)   | Mo                                 | mg/l   |
| Níquel (Disuelto y Total)      | Ni                                 | mg/l   |
| Nitrógeno de Nitrato           | N-NO <sub>3</sub>                  | mg/l   |
| Nitrógeno de Nitrito           | N-NO <sub>2</sub>                  | mg/l   |
| Nitrógeno Amoniacal            | N-NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> | mg/l   |
| Olor                           | *                                  | *      |
| pH                             | pH                                 | pH     |
| Plata (Disuelto y Total)       | Ag                                 | mg/l   |
| Plomo (Disuelto y Total)       | Pb                                 | mg/l   |
| Poder Espumógeno               | SAAM                               | Deterg |
| Porcentaje de Sodio            | Na%                                | %      |

| PARÁMETRO                  | SÍMBOLO                       | UNIDAD |
|----------------------------|-------------------------------|--------|
| Potasio (Disuelto y Total) | K                             | mg/l   |
| Selenio (Disuelto y Total) | Se                            | mg/l   |
| Sodio (Disuelto y Total)   | Na                            | mg/l   |
| Sólidos Totales Disueltos  | TDS                           | mg/l   |
| Sulfatos (Total)           | SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/l   |
| Turbiedad                  | *                             | FTU    |
| Vanadio (Total)            | V                             | mg/l   |
| Zinc (Disuelto y Total)    | Zn                            | mg/l   |

### 3.2 Parámetros de Interés

A continuación se identifican los parámetros que requieren de un especial interés en el programa de monitoreo.

#### 3.2.1 Indicadores de Drenaje Ácido Natural

Dentro de la batería de parámetros expuestos se identifican los parámetros indicadores de drenaje ácido natural:

- pH
- Conductividad Eléctrica (µmho/cm)
- Sulfatos (mg/l)
- Aluminio (mg/l)
- Arsénico (mg/l)
- Cobre (mg/l)
- Hierro (mg/l)
- Ión Férrico
- Ión Ferroso
- Manganeso (mg/l)
- Zinc (mg/l)

Dichos parámetros requieren de atención especial debido a la influencia natural de los Drenajes Ácidos de Rocas (DAR) en la parte alta de esta cuenca y debido a los eventuales efectos que se asocian a la actividad minera (aceleración de los procesos de generación de drenajes ácidos) principalmente por el botadero de estériles Nueva Nevada.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> MINMIN y otros (2002), Guía Metodológica sobre Drenaje Ácido en la Industria Minera, Acuerdo marco producción limpia sector gran minería buenas prácticas y gestión ambiental.

### 3.2.2 Indicadores Aguas Servidas

Dentro de la batería de parámetros expuestos se identifican los parámetros asociados a las aguas servidas:

- Coliformes Totales (NMP)
- Coliformes Fecales (NMP)

Estos parámetros se asocian al seguimiento de la calidad de agua debido a la relación de éstas con la de los afluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas del Campamento Barriales que opera en la actualidad, ubicado en la Quebrada Barriales.

## 4 Resultados del Monitoreo

A continuación se presentan los resultados del monitoreo de caudales en el período correspondiente a Julio 2011 - Junio 2012. Para tal propósito se ha diseñado una ficha resumen para los parámetros indicadores de drenaje ácido natural y los asociados a las aguas servidas.

El resto de parámetros, puesto que no se vinculan a la mineralización de la zona ni a la actividad minera que se pretende implementar, se presentan en los **Anexos A y B (Formato digital)**. Sin perjuicio de lo anterior, algunos de estos parámetros se analizan posteriormente a través del análisis comparativo de las normas técnicas de riego (NCh 1.333) y agua potable (NCh 409).

Las fichas de resumen consideran los siguientes ítems:

- **Tabla Estadística Descriptiva:** se presentan los principales estadígrafos que resumen los resultados del monitoreo (número de muestras, promedio, desviación estándar, mínimo y máximo) por cada punto de monitoreo.
- **Gráficos Multivariantes Espaciales:** se grafican individualmente los parámetros en el tiempo, con su respectiva unidad de monitoreo, para cada uno de los puntos de monitoreo. Los gráficos individuales se ordenan espacialmente “aguas arriba – aguas abajo” (de izquierda a derecha), en una misma escala general, incluyendo todos los puntos de monitoreo que conforman los ríos en su línea de flujo. En color celeste, amarillo, verde y rojo se grafican los caudales correspondiente a las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño respectivamente.
- **Observaciones:** los parámetros se caracterizan en su comportamiento general, enfatizando las variaciones estacionales (o patrones estacionales) a lo largo del río, de tal forma de generar antecedentes para analizar en el capítulo de Análisis de Datos; y, en su comportamiento particular identificando hechos relevantes de destacar.

#### 4.1 Caudales

A continuación se presentan las fichas correspondientes a los caudales monitoreados. En la **Tabla 4.1** se indican las líneas de flujo en las que se presentan los resultados del monitoreo correspondiente a los caudales.

**Tabla 4.1:** Índice resultado del monitoreo (Ficha Caudales).

| Línea de Flujo         | Parámetro    |
|------------------------|--------------|
| Del Estrecho/Chollay   | Caudal (l/s) |
| El Toro/Tres Quebradas | Caudal (l/s) |
| Potrerosillos          | Caudal (l/s) |
| Del Carmen             | Caudal (l/s) |
| Del Transito/Huasco    | Caudal (l/s) |

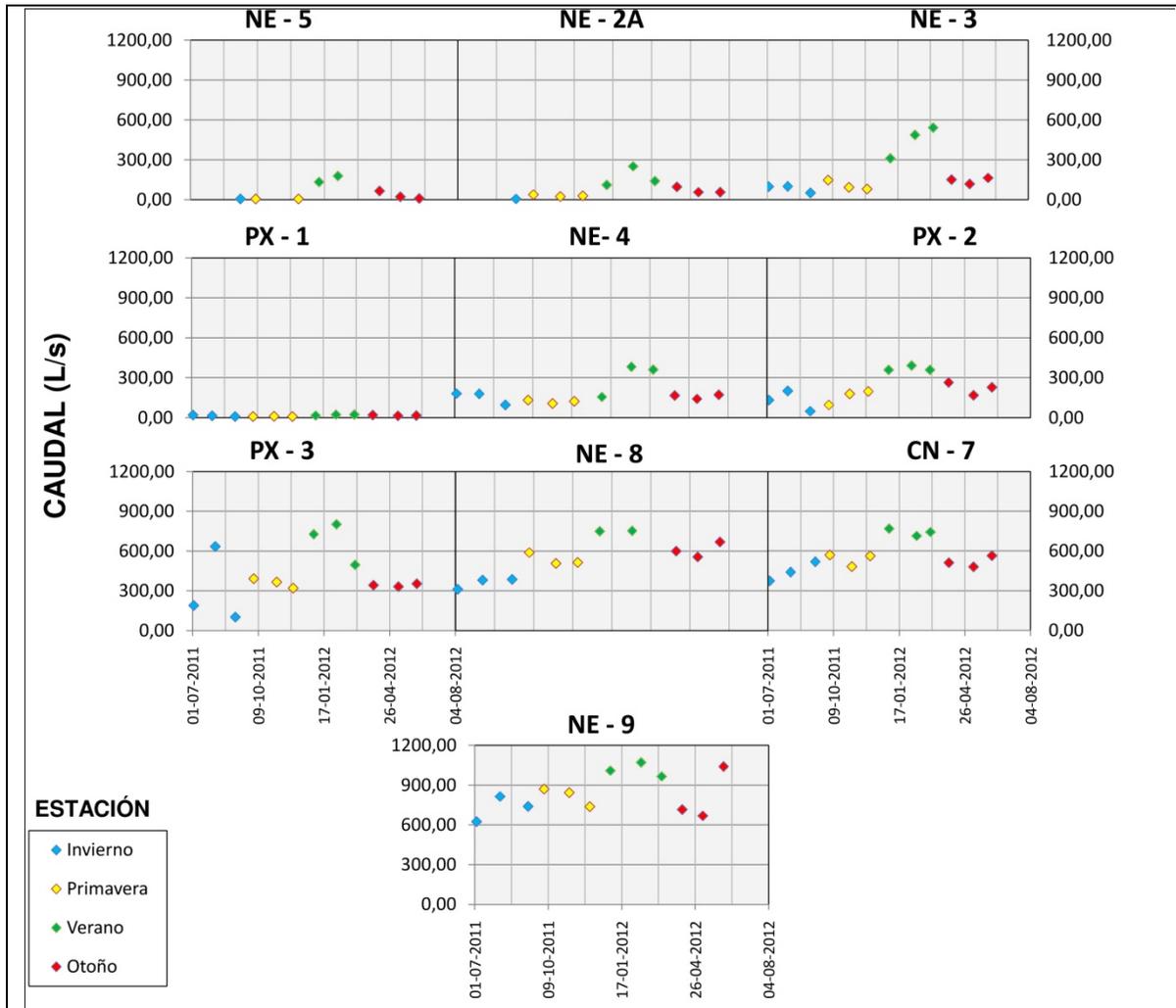
Línea de Flujo: **DEL ESTRECHO/CHOLLAY**

Parámetro : **CAUDAL**

**Tabla 4.1(i):** Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Del Estrecho/Chollay.

| PTO. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5           | 8  | 54       | 68                  | 6      | 179    |
| NE-2A          | 10 | 82       | 73                  | 7      | 252    |
| NE-3           | 12 | 196      | 163                 | 52     | 542    |
| PX-1           | 12 | 16       | 6                   | 9      | 25     |
| NE-4           | 12 | 184      | 92                  | 96     | 383    |
| PX-2           | 12 | 219      | 108                 | 50     | 392    |
| PX-3           | 12 | 421      | 209                 | 101    | 802    |
| NE-8           | 11 | 547      | 147                 | 312    | 753    |
| CN-7           | 12 | 561      | 123                 | 374    | 768    |
| NE-9           | 12 | 842      | 151                 | 625    | 1.071  |

**Gráfico 4.1(i): Caudal v/s tiempo - Del Estrecho/Chollay.**



**Observaciones:**

- En general a lo largo de toda la cuenca, se puede apreciar que el río presenta caudales máximos en verano y mínimos en invierno. En general, los volúmenes de agua aumentan aguas abajo a lo largo de la línea de flujo.

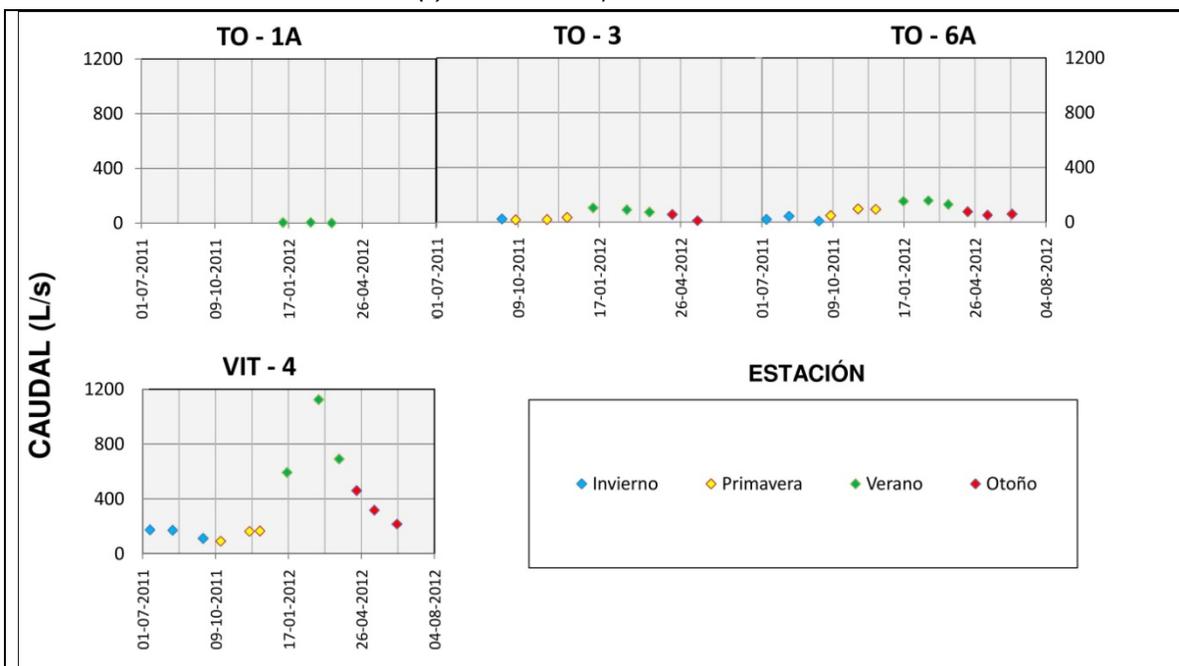
Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS**

Parámetro : **CAUDAL**

**Tabla 4.1(ii): Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - El Toro/Tres Quebradas.**

| PTO. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO  |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|---------|
| TO-1A          | 3  | 3,62     | 2,66                | 1,08   | 6,38    |
| TO-3           | 9  | 47,05    | 34,86               | 11,00  | 104,34  |
| TO-6A          | 12 | 77,47    | 49,21               | 7,74   | 157,40  |
| VIT-4          | 12 | 356,71   | 310,23              | 92,00  | 1123,50 |

**Gráfico 4.1(ii): Caudal v/s tiempo - El Toro/Tres Quebradas.**



**Observaciones:**

- El río presenta caudales máximos en verano y mínimos en invierno y primavera, aunque en general no presenta grandes variaciones de caudal durante el año.
- Para el Punto TO-1A solo existen datos para el periodo de verano.

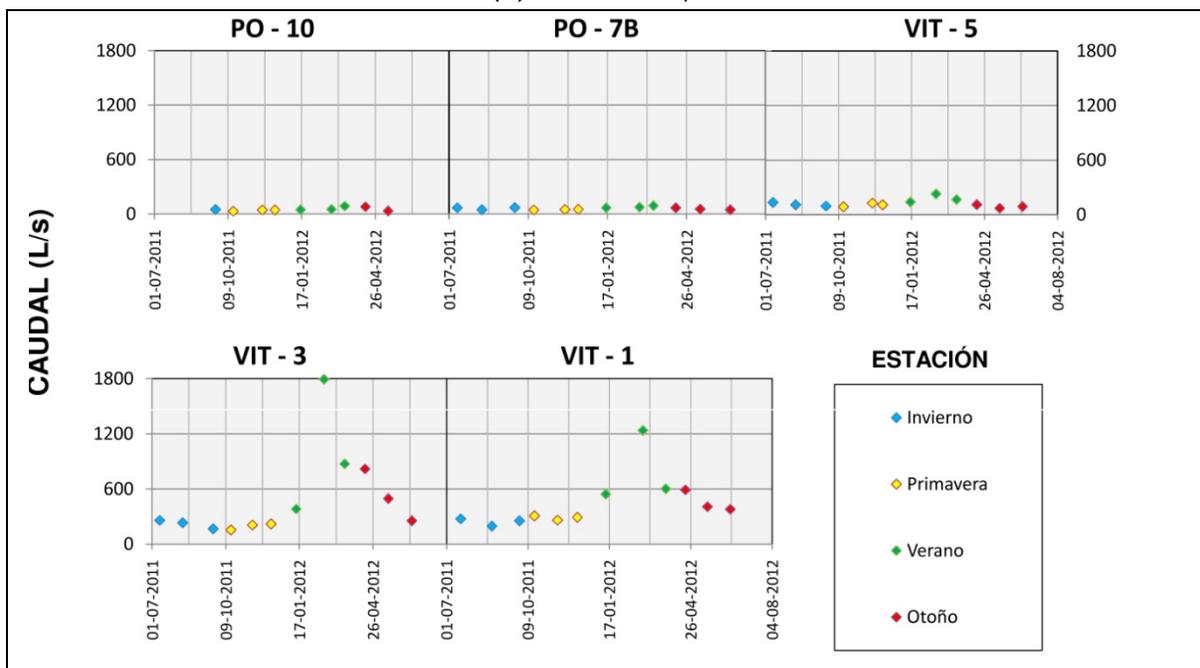
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **CAUDAL**

**Tabla 4.1(iii): Estadística Descriptiva Caudales (L/s) – Potrerillos.**

| PTO. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10          | 9  | 53       | 19                  | 32     | 88     |
| PO-7B          | 12 | 62       | 14                  | 46     | 92     |
| VIT-5          | 12 | 123      | 42                  | 73     | 229    |
| VIT-3          | 12 | 489      | 477                 | 155    | 1.793  |
| VIT-1          | 12 | 446      | 285                 | 197    | 1.237  |

**Gráfico 4.1(iii): Caudal v/s tiempo – Potrerillos.**



**Observaciones:**

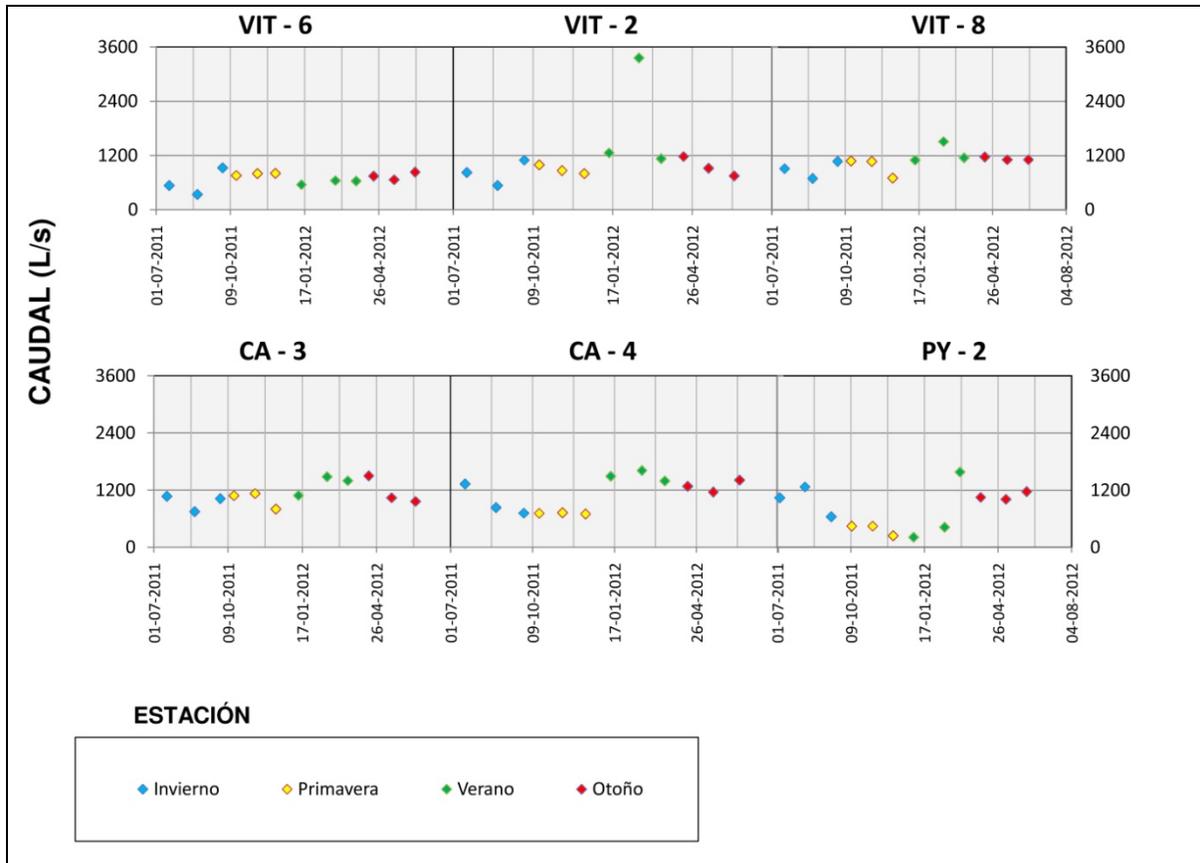
- En general los caudales presentan valores máximos en verano. A medida que avanza la línea de flujo (Aguas debajo de VIT-5), se aprecia un aumento en los valores de los caudales, por efecto de la afluencia del Río Tres Quebradas.

Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : CAUDAL

**Tabla 4.1(iv): Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Del Carmen.**

| PTO. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6          | 12 | 688      | 160                 | 339    | 929    |
| VIT-2          | 12 | 1.143    | 728                 | 535    | 3.360  |
| VIT-8          | 12 | 1.056    | 216                 | 691    | 1.510  |
| CA-3           | 12 | 1.111    | 240                 | 748    | 1.500  |
| CA-4           | 12 | 1.113    | 350                 | 699    | 1.610  |
| PY-2           | 12 | 794      | 448                 | 213    | 1.580  |

**Gráfico 4.1(iv): Caudal v/s tiempo - Del Carmen.**

**Observaciones:**

- El río no muestra un comportamiento claro bastante estacional de los caudales, con máximos relativos en verano y mínimos en Invierno. En general se aprecia un comportamiento sinusoidal de los flujos en los distintos puntos.

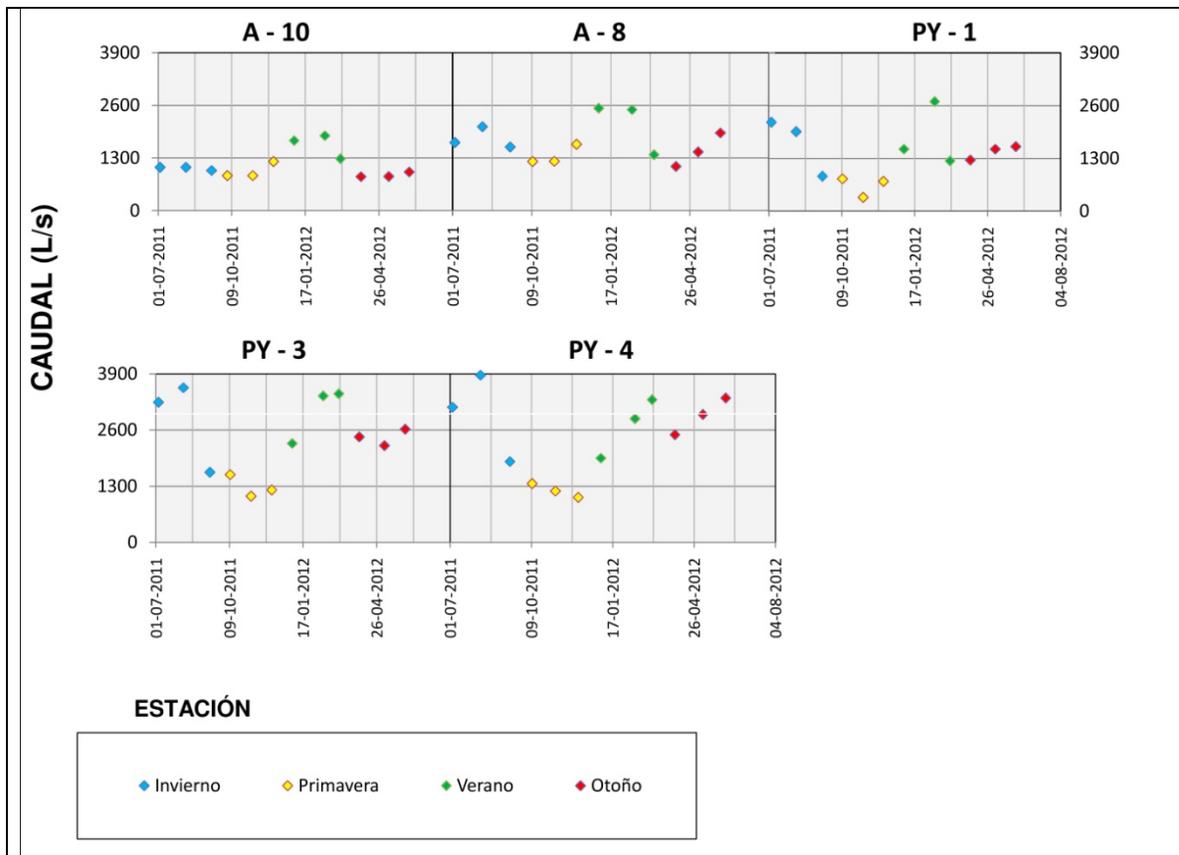
Línea de Flujo: DEL TRANSITO/HUASCO

Parámetro : CAUDAL

**Tabla 4.1(v): Estadística Descriptiva Caudales (L/s) - Del Transito/Huasco.**

| PTO. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| A-10           | 12 | 1.131    | 340                 | 840    | 1.852  |
| A-8            | 12 | 1.688    | 480                 | 1.090  | 2.530  |
| PY-1           | 12 | 1.394    | 672                 | 339    | 2.700  |
| PY-3           | 12 | 2.393    | 891                 | 1.070  | 3.580  |
| PY-4           | 12 | 2.447    | 943                 | 1.040  | 3.870  |

**Gráfico 4.1(v): Caudal v/s tiempo - Del Transito/Huasco.**



**Observaciones:**

- Presenta caudales máximos en verano y mínimos en primavera.
- En los puntos **PY-3** y **PY-4**, ubicados en el río Huasco, presentan un incremento considerable en los caudales (máximos locales) en invierno y otoño.

## 4.2 Niveles

A continuación se presentan las fichas correspondientes a los niveles monitoreados. En la **Tabla 4.2** se indican las líneas de flujo en las que se presentan los resultados del monitoreo correspondiente a los niveles.

**Tabla 4.2:** Índice resultado del monitoreo (Ficha Niveles).

| LÍNEA DE FLUJO         | PARÁMETRO |
|------------------------|-----------|
| Del Estrecho           | Nivel (m) |
| El Toro/Tres Quebradas | Nivel (m) |

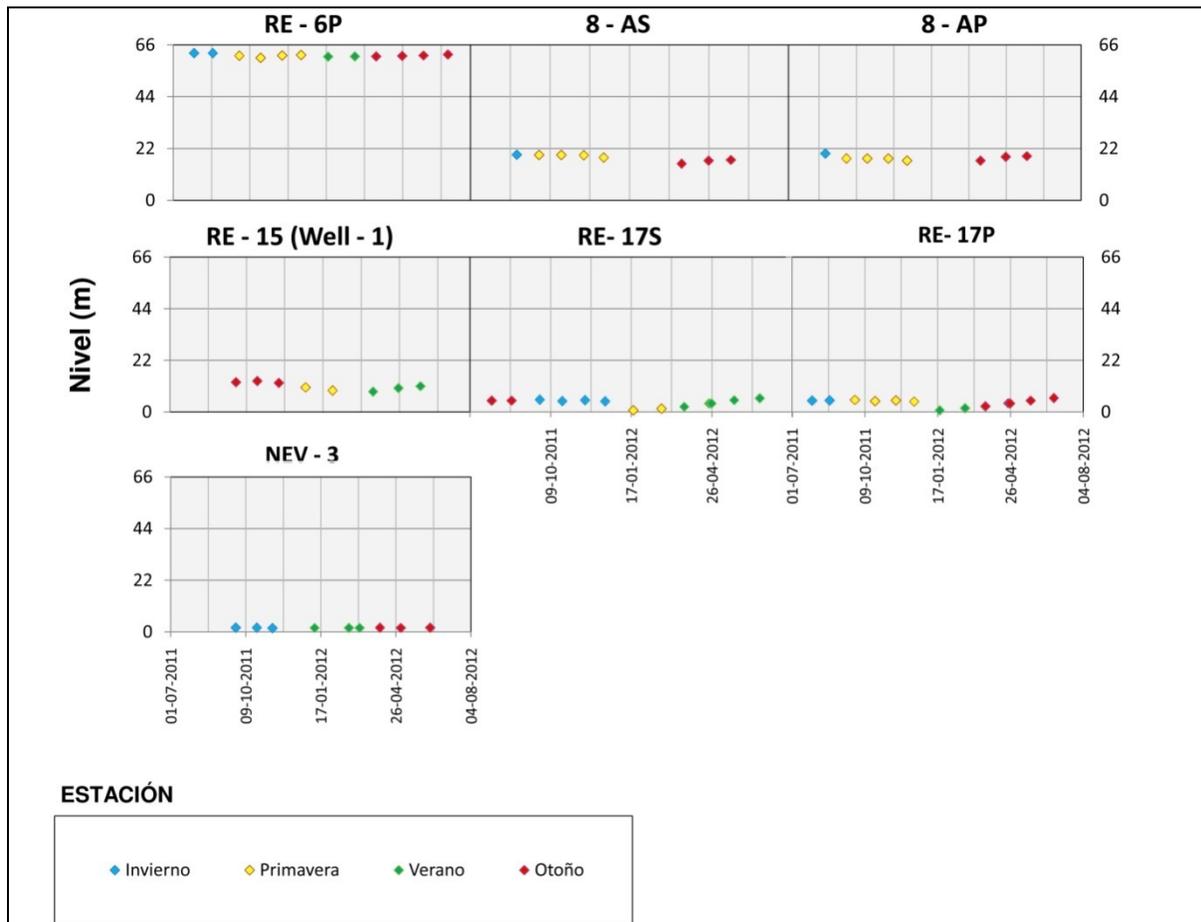
Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : NIVEL

Tabla 4.2(i): Estadística Descriptiva Niveles (m) - Del Estrecho.

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 61,48    | 0,58                | 60,49  | 62,46  |
| RE-8AS         | 8  | 18,08    | 1,44                | 15,49  | 19,32  |
| RE-8AP         | 8  | 18,00    | 1,02                | 16,80  | 19,88  |
| RE-15 (Well-1) | 9  | 10,69    | 1,78                | 8,40   | 13,22  |
| RE-17S         | 13 | 3,97     | 1,57                | 0,72   | 5,80   |
| RE-17P         | 13 | 3,98     | 1,53                | 0,70   | 5,94   |
| BT-1           | -  | -        | -                   | -      | -      |
| BT-2           | -  | -        | -                   | -      | -      |
| BT-3           | -  | -        | -                   | -      | -      |
| NEV-3          | 10 | 1,76     | 0,05                | 1,64   | 1,84   |

Gráfico 4.2(i): Nivel v/s tiempo - Del Estrecho.



**Observaciones:**

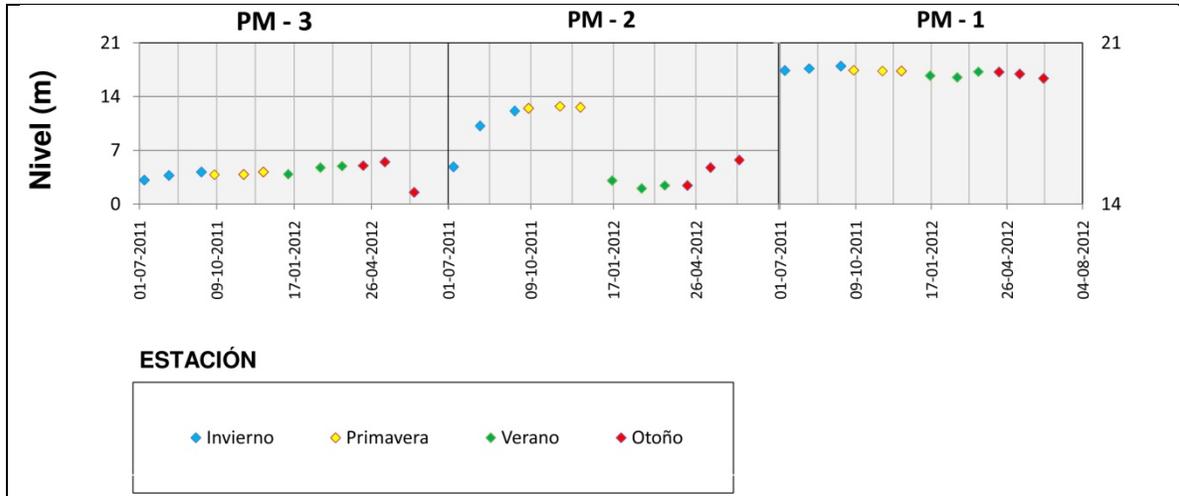
- Se aprecia claramente como disminuye la profundidad de los pozos aguas abajo.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **NIVEL**

**Tabla 4.2(ii): Estadística Descriptiva Niveles (m) – El Toro/Tres Quebradas.**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 4,0      | 1,0                 | 1,5    | 5,5    |
| PM-2           | 12 | 7,1      | 4,5                 | 2,0    | 12,7   |
| PM-1           | 12 | 19,7     | 0,2                 | 19,5   | 20,0   |

**Gráfico 4.2(ii): Nivel v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas.**



**Observaciones:**

- El nivel de las aguas subterráneas a lo largo del río Tres Quebradas comienza en la parte alta de la cuenca con niveles que bordean los 4 metros de profundidad hasta llegar a los 20 metros en las cercanías de la confluencia del río Potrerillos
- En el punto **PM-2** se observa un contraste de los registros de los niveles entre primavera y verano.

### 4.3 Indicadores de Drenaje de Ácido Natural

A continuación se presentan las fichas correspondientes a los parámetros indicadores de drenaje ácido natural. Para lo cual se dividió la presente sección en dos: aguas superficiales y aguas subterráneas.

#### 4.3.1 Aguas Superficiales

En la **Tabla 5.1** se indican las líneas de flujo (próximas a la ubicación de las futuras instalaciones del Proyecto Pascua-Lama) en las que se presentan los resultados del monitoreo correspondiente a los parámetros indicadores de drenaje ácido natural.

**Tabla 4.3.1:** Índice resultado del monitoreo (Ficha Parámetros DAR – Aguas Superficiales).

| LÍNEA DE FLUJO         | PARÁMETRO                 |                           |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Del Estrecho/Chollay   | pH                        |                           |
|                        | Cond. Eléctrica (µmho/cm) |                           |
|                        | Sulfatos (mg/l)           |                           |
|                        | Aluminio (mg/l)           |                           |
|                        | Arsénico (mg/l)           |                           |
|                        | Cobre (mg/l)              |                           |
|                        | Hierro (mg/l)             |                           |
|                        | Hierro 2+ (mg/l)          |                           |
|                        | Hierro 3+ (mg/l)          |                           |
|                        | Manganeso (mg/l)          |                           |
|                        | Zinc (mg/l)               |                           |
| El Toro/Tres Quebradas | pH                        |                           |
|                        | Cond. Eléctrica (µmho/cm) |                           |
|                        | Sulfatos (mg/l)           |                           |
|                        | Aluminio (mg/l)           |                           |
|                        | Arsénico (mg/l)           |                           |
|                        | Cobre (mg/l)              |                           |
|                        | Hierro (mg/l)             |                           |
|                        | Manganeso (mg/l)          |                           |
|                        | Zinc (mg/l)               |                           |
|                        | Potrerillos               | pH                        |
|                        |                           | Cond. Eléctrica (µmho/cm) |
| Sulfatos (mg/l)        |                           |                           |
| Aluminio (mg/l)        |                           |                           |
| Arsénico (mg/l)        |                           |                           |
| Cobre (mg/l)           |                           |                           |
| Hierro (mg/l)          |                           |                           |
| Manganeso (mg/l)       |                           |                           |
| Zinc (mg/l)            |                           |                           |

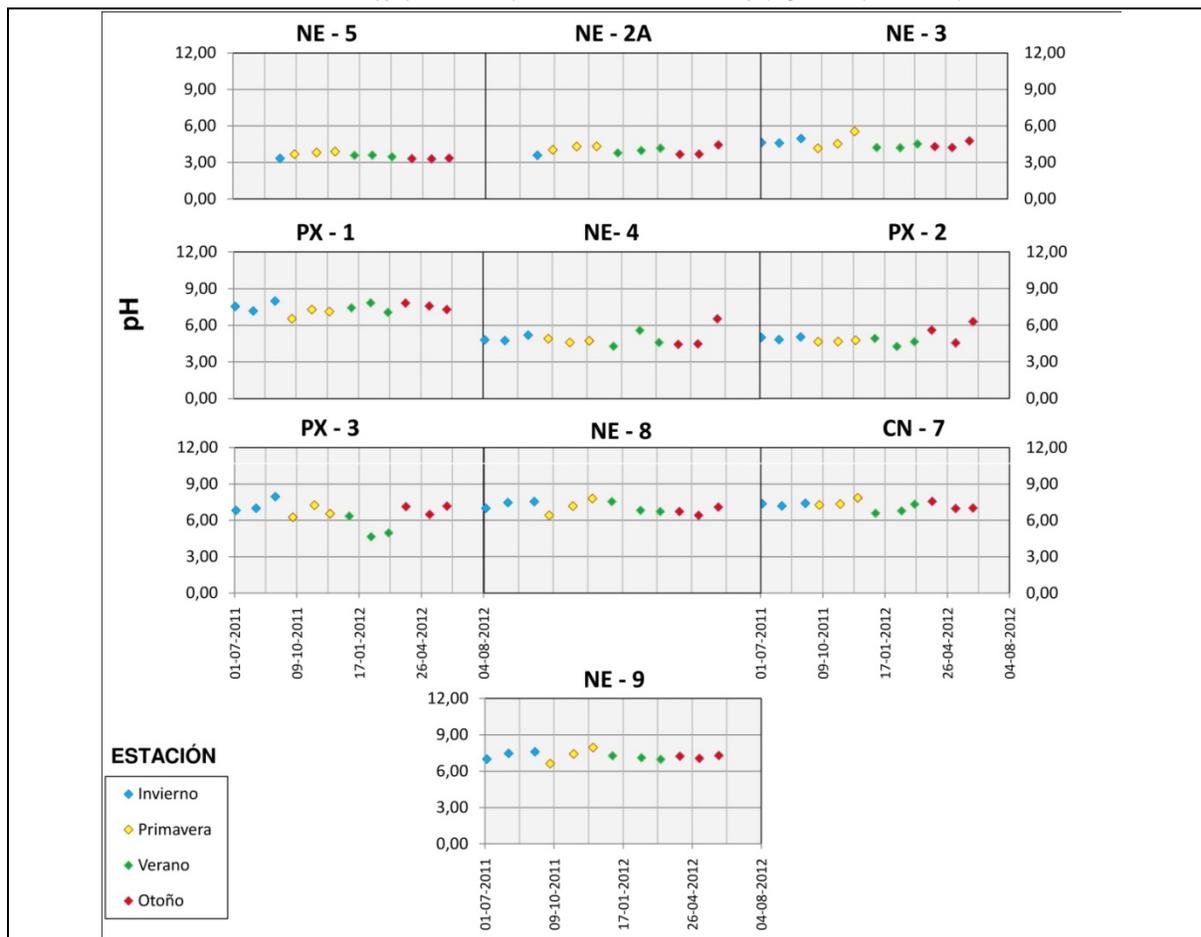
| LÍNEA DE FLUJO            | PARÁMETRO                 |
|---------------------------|---------------------------|
| Del Carmen                | pH                        |
|                           | Cond. Eléctrica (µmho/cm) |
|                           | Sulfatos (mg/l)           |
|                           | Aluminio (mg/l)           |
|                           | Arsénico (mg/l)           |
|                           | Cobre (mg/l)              |
|                           | Hierro (mg/l)             |
|                           | Manganeso (mg/l)          |
|                           | Zinc (mg/l)               |
|                           | Del Transito/Huasco       |
| Cond. Eléctrica (µmho/cm) |                           |
| Sulfatos (mg/l)           |                           |
| Aluminio (mg/l)           |                           |
| Arsénico (mg/l)           |                           |
| Cobre (mg/l)              |                           |
| Hierro (mg/l)             |                           |
| Manganeso (mg/l)          |                           |
| Zinc (mg/l)               |                           |

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : pH

**Tabla 4.3.1(i): Estadística Descriptiva pH – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | 3,53     | 0,22                | 3,28   | 3,90   |
| NE-2A           | 10 | 3,99     | 0,31                | 3,59   | 4,44   |
| NE-3            | 12 | 4,55     | 0,40                | 4,17   | 5,54   |
| PX-1            | 12 | 7,39     | 0,40                | 6,54   | 7,99   |
| NE-4            | 12 | 4,91     | 0,62                | 4,28   | 6,53   |
| PX-2            | 12 | 4,93     | 0,54                | 4,25   | 6,30   |
| PX-3            | 12 | 6,54     | 0,94                | 4,65   | 7,94   |
| NE-8            | 12 | 7,05     | 0,46                | 6,40   | 7,79   |
| CN-7            | 12 | 7,23     | 0,34                | 6,60   | 7,86   |
| NE-9            | 12 | 7,26     | 0,34                | 6,63   | 7,95   |

**Gráfico 4.3.1(i): pH v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

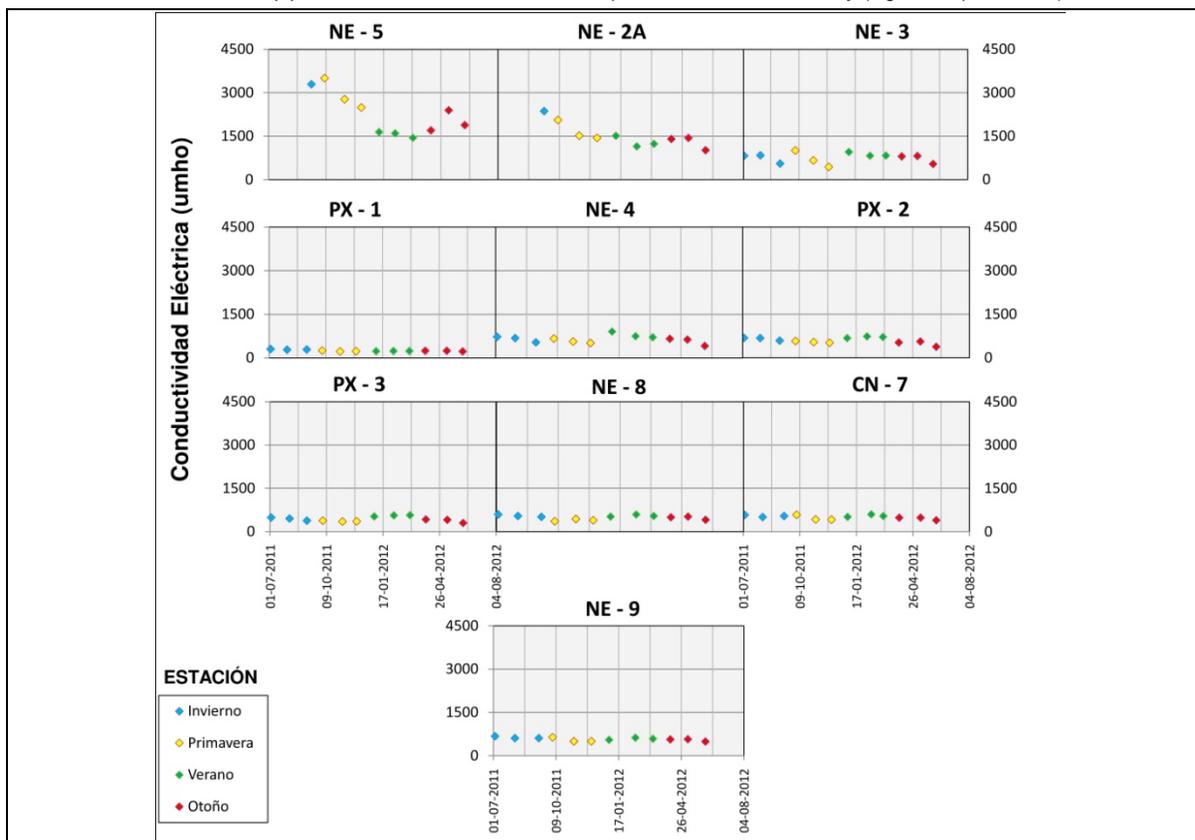
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de pH se encuentran en rangos de concentración levemente alcalinos. En general, los valores máximos se aprecian en Primavera y los mínimos en otoño.

Línea de Flujo: **DEL ESTRECHO/CHOLLAY** Parámetro : **Conductividad Eléctrica**

**Tabla 4.3.1(ii): Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO   | MÁXIMO   |
|-----------------|----|----------|---------------------|----------|----------|
| NE-5            | 10 | 2.273,20 | 737,19              | 1.449,00 | 3.504,00 |
| NE-2A           | 10 | 1.511,60 | 410,76              | 1.012,00 | 2.368,00 |
| NE-3            | 12 | 758,08   | 173,66              | 438,00   | 1.008,00 |
| NE-4            | 12 | 251,08   | 27,91               | 223,00   | 307,00   |
| PX-2            | 12 | 645,67   | 128,46              | 409,00   | 906,00   |
| PX-3            | 12 | 600,08   | 104,00              | 382,00   | 739,00   |
| NE-8            | 12 | 432,67   | 86,81               | 301,00   | 567,00   |
| CN-7            | 12 | 493,33   | 75,29               | 360,00   | 596,00   |
| NE-9            | 12 | 508,17   | 67,93               | 401,00   | 605,00   |

**Gráfico 4.3.1(ii): Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

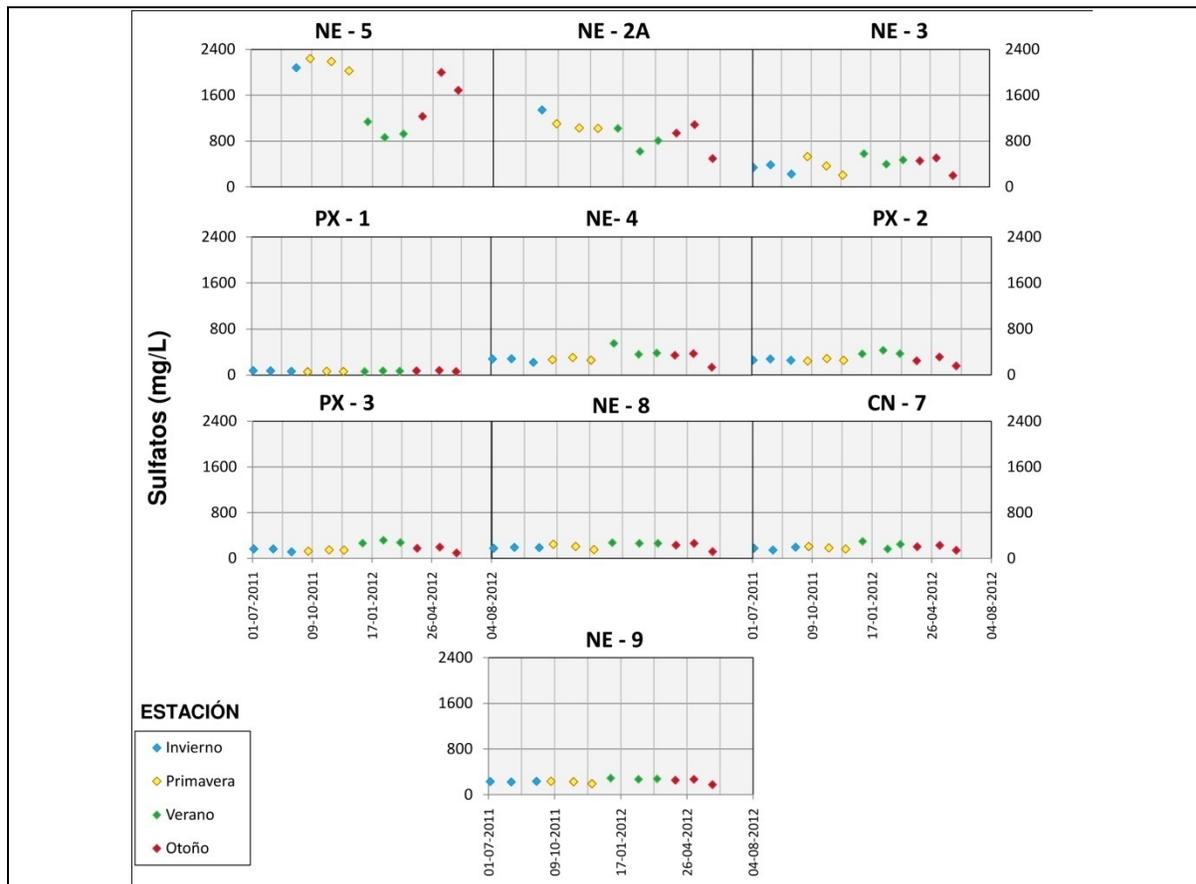
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, la conductividad eléctrica registra los niveles más altos (en torno a los 4000 µmho/cm) en la parte alta de la cuenca en **NE-5**, disminuyendo paulatinamente. Después de la confluencia de la quebrada Barriales los niveles monitoreados descienden aguas abajo a valores en torno a los 500 µmho/cm).
- No se aprecia estacionalidad en los resultados

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : SULFATOS

**Tabla 4.3.1(iii): Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO   |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|----------|
| NE-5            | 10 | 1.637,30 | 544,01              | 864,00 | 2.238,00 |
| NE-2A           | 10 | 945,70   | 247,26              | 493,00 | 1.343,00 |
| NE-3            | 12 | 387,67   | 127,89              | 199,00 | 581,00   |
| PX-1            | 12 | 67,67    | 6,36                | 59,00  | 80,00    |
| NE-4            | 12 | 312,33   | 102,32              | 133,00 | 549,00   |
| PX-2            | 12 | 287,50   | 72,63               | 157,00 | 429,00   |
| PX-3            | 12 | 180,92   | 69,42               | 92,00  | 314,00   |
| NE-8            | 12 | 213,17   | 50,04               | 117,00 | 272,00   |
| CN-7            | 12 | 197,00   | 45,41               | 141,00 | 300,00   |
| NE-9            | 12 | 240,58   | 34,40               | 176,00 | 291,00   |

**Gráfico 4.3.1(iii): Sulfatos v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

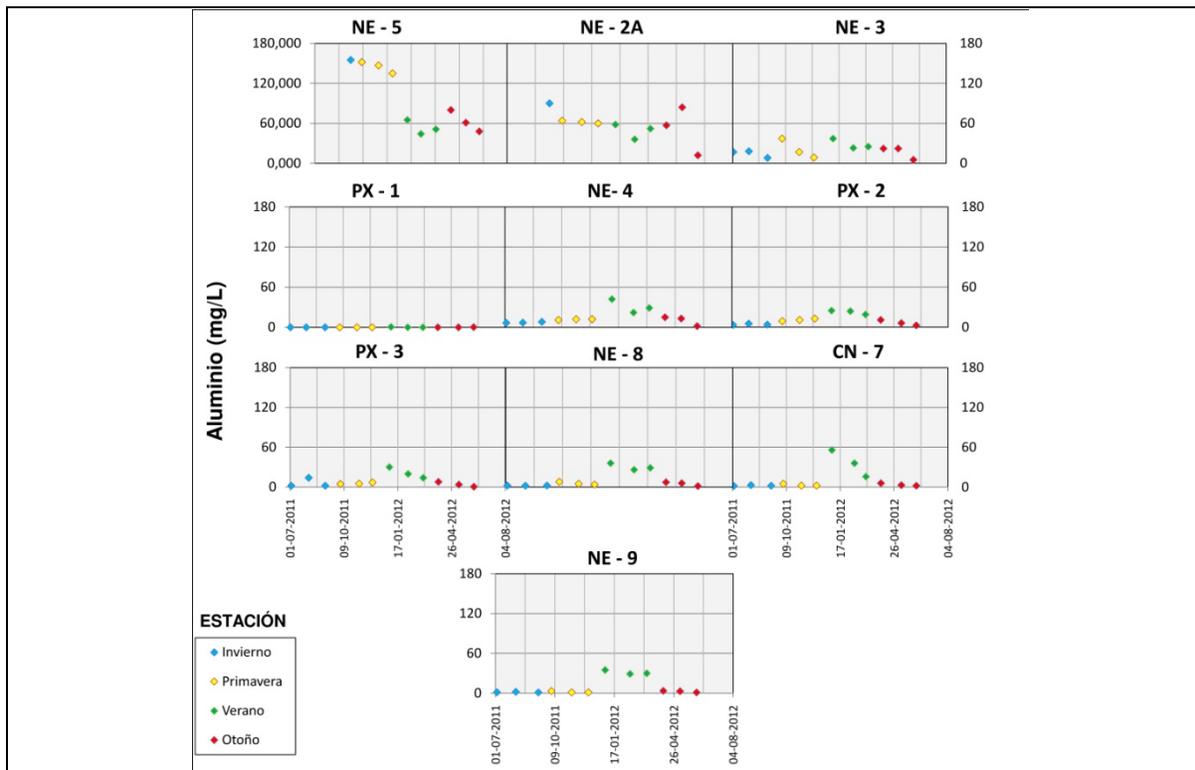
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de sulfatos se registran en la parte alta de la cuenca en **NE-5** y **NE-2A**; posteriormente, los niveles descienden aguas abajo.
- No se aprecia estacionalidad en los resultados.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : ALUMINIO

**Tabla 4.3.1(iv): Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | 93,80    | 47,34               | 44,00  | 155,00 |
| NE-2A           | 10 | 57,50    | 22,09               | 12,00  | 90,00  |
| NE-3            | 12 | 20,00    | 10,14               | 5,20   | 37,00  |
| PX-1            | 12 | 0,16     | 0,22                | 0,03   | 0,55   |
| NE-4            | 12 | 14,94    | 11,17               | 1,60   | 42,00  |
| PX-2            | 12 | 11,17    | 7,78                | 2,70   | 25,00  |
| PX-3            | 12 | 9,23     | 8,79                | 0,39   | 30,00  |
| NE-8            | 12 | 10,69    | 12,22               | 1,30   | 36,00  |
| CN-7            | 12 | 11,31    | 17,20               | 1,90   | 56,00  |
| NE-9            | 12 | 9,33     | 13,37               | 1,10   | 35,00  |

**Gráfico 4.3.1(iv): Aluminio v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

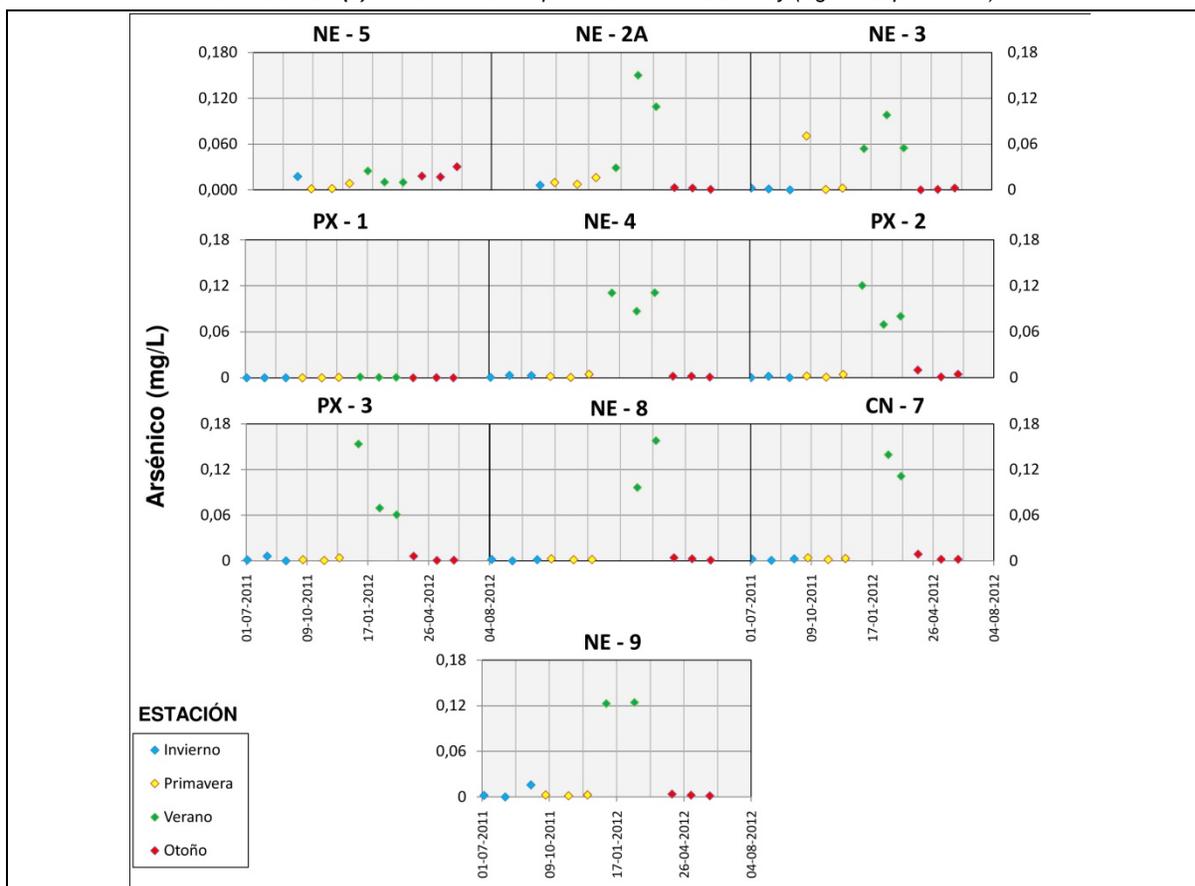
- A lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de aluminio se registran en la parte alta de la cuenca en **NE-5** y **NE-2A**; posteriormente, los niveles descienden aguas abajo.
- Existe una estacionalidad en **NE-5** y **NE-2A**, con máximos en primavera y mínimos en verano. En menor grado, dicha estacionalidad se pierde en el resto de los puntos a medida que se desciende en la línea de flujo, presentando niveles máximos relativos en verano.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : ARSÉNICO

**Tabla 4.3.1(v): Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) –Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | 0,0139   | 0,0094              | 0,0015 | 0,0304 |
| NE-2A           | 10 | 0,0333   | 0,0523              | 0,0005 | 0,1500 |
| NE-3            | 12 | 0,0287   | 0,0370              | 0,0005 | 0,0980 |
| PX-1            | 12 | 0,0006   | 0,0004              | 0,0001 | 0,0011 |
| NE-4            | 12 | 0,0272   | 0,0461              | 0,0004 | 0,1110 |
| PX-2            | 12 | 0,0268   | 0,0424              | 0,0002 | 0,1203 |
| PX-3            | 12 | 0,0276   | 0,0487              | 0,0005 | 0,1535 |
| NE-8            | 12 | 0,0437   | 0,0757              | 0,0009 | 0,2095 |
| CN-7            | 12 | 0,0446   | 0,0820              | 0,0008 | 0,2565 |
| NE-9            | 12 | 0,0443   | 0,0723              | 0,0014 | 0,2070 |

**Gráfico 4.3.1(v): Arsénico v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

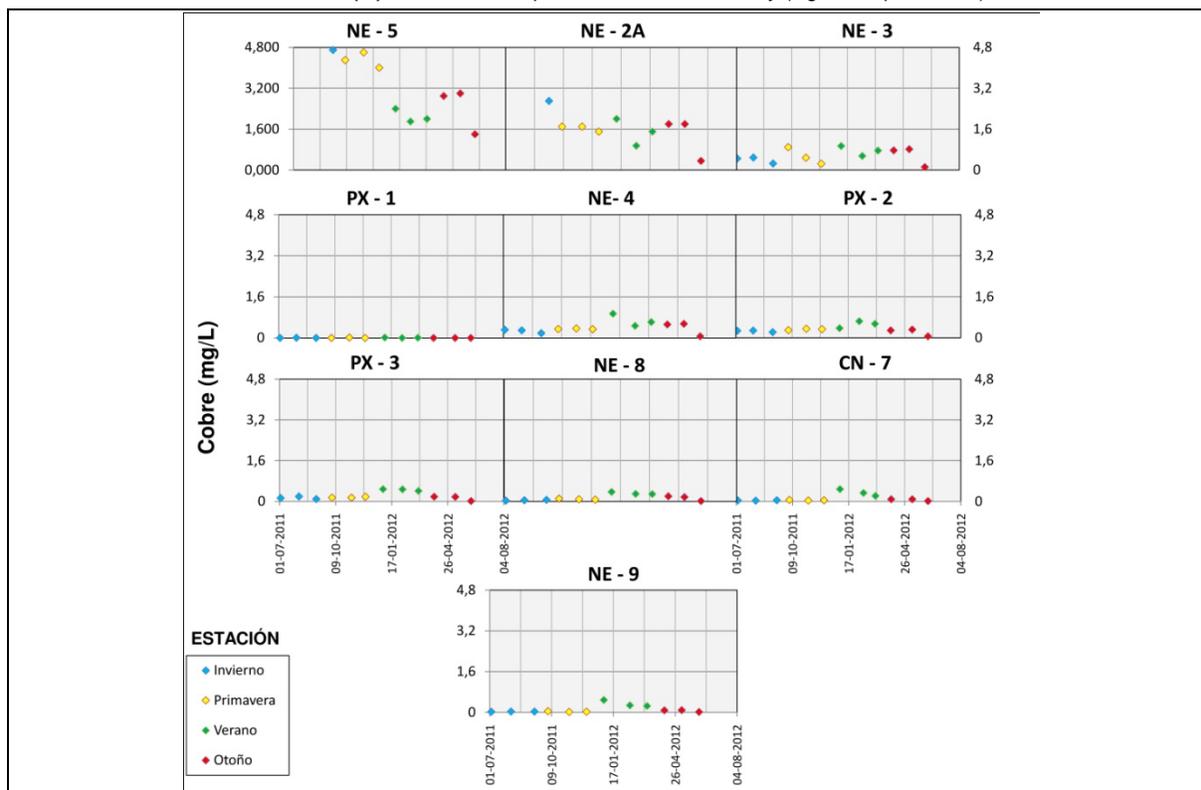
- A lo largo de la línea de flujo, no se aprecia una gran variación en los valores promedios de concentración de arsénico.
- Existe una estacionalidad en **NE-5** y **NE-2A**, con máximos en verano-primavera y mínimos en Invierno. En el resto de los puntos, no se aprecia una estacionalidad clara.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : COBRE

**Tabla 4.3.1(vi): Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | 3,1200   | 1,2081              | 1,4000 | 4,7000 |
| NE-2A           | 10 | 1,6007   | 0,6198              | 0,3570 | 2,7000 |
| NE-3            | 12 | 0,5633   | 0,2729              | 0,1160 | 0,9410 |
| PX-1            | 12 | 0,0088   | 0,0051              | 0,0030 | 0,0130 |
| NE-4            | 12 | 0,4172   | 0,2275              | 0,0600 | 0,9410 |
| PX-2            | 12 | 0,3336   | 0,1488              | 0,0590 | 0,6500 |
| PX-3            | 12 | 0,2203   | 0,1528              | 0,0120 | 0,4840 |
| NE-8            | 12 | 0,1463   | 0,1187              | 0,0170 | 0,3720 |
| CN-7            | 12 | 0,1260   | 0,1477              | 0,0150 | 0,4840 |
| NE-9            | 12 | 0,1152   | 0,1470              | 0,0160 | 0,4840 |

**Gráfico 4.3.1(vi): Cobre v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

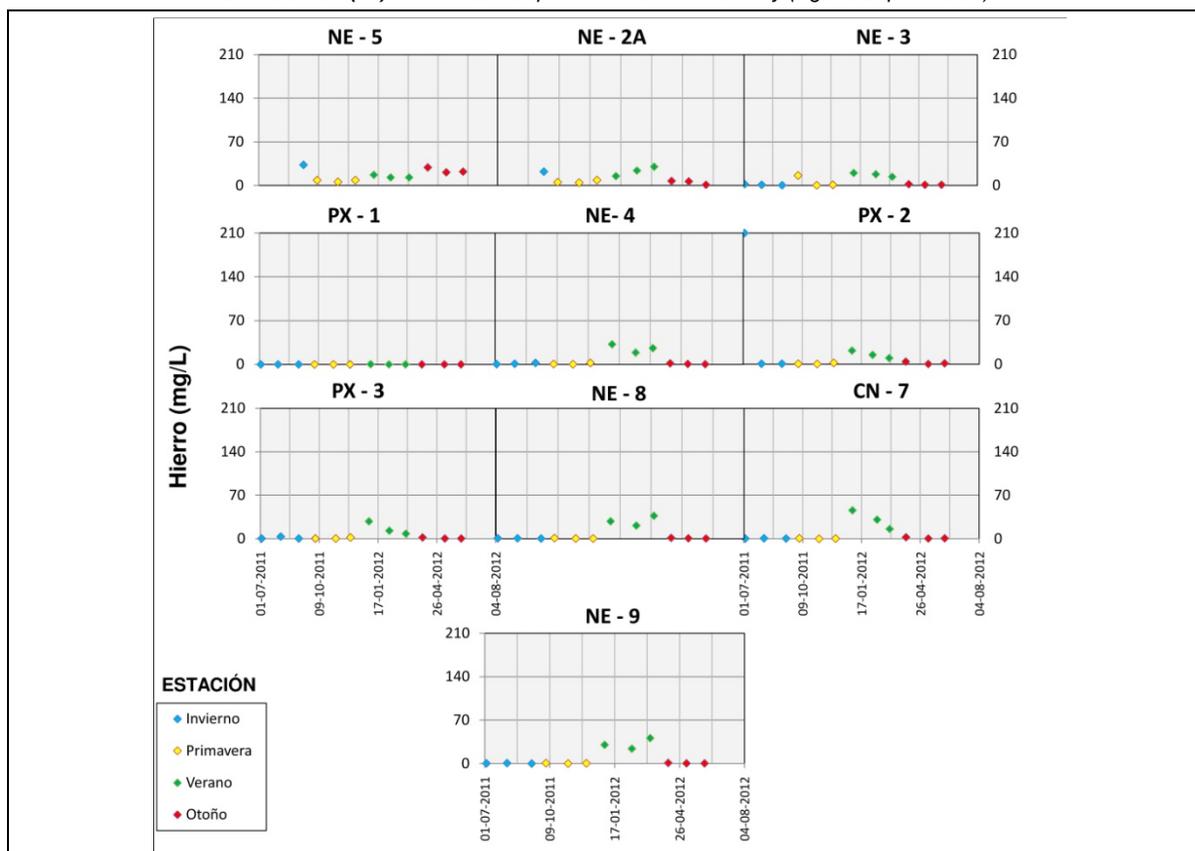
- Se aprecia que a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de cobre se registran en la parte alta de la cuenca en **NE-5** y **NE-2A**; posteriormente los niveles descienden aguas abajo.
- Existe una estacionalidad en **NE-5** y **NE-2A**, con máximos en invierno-primavera (NE-5) y mínimos en primavera-verano. En menor grado, dicha estacionalidad se pierde en el resto de los puntos a medida que se desciende en la línea de flujo, presentando niveles máximos relativos en verano.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : HIERRO

**Tabla 4.3.1(vii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO   |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|----------|
| NE-5            | 10 | 17,0700  | 9,0958              | 5,8000 | 33,0000  |
| NE-2A           | 10 | 12,3430  | 9,8469              | 0,8300 | 30,0000  |
| NE-3            | 12 | 6,3783   | 7,9744              | 0,2700 | 20,0000  |
| PX-1            | 12 | 0,0744   | 0,1200              | 0,0100 | 0,3900   |
| NE-4            | 12 | 7,1808   | 11,5093             | 0,1800 | 32,0000  |
| PX-2            | 12 | 22,2917  | 59,5218             | 0,3300 | 210,0000 |
| PX-3            | 12 | 4,8342   | 8,2938              | 0,2000 | 28,0000  |
| NE-8            | 12 | 7,6367   | 13,1387             | 0,3000 | 37,0000  |
| CN-7            | 12 | 8,3075   | 15,1167             | 0,2200 | 46,0000  |
| NE-9            | 12 | 8,2892   | 14,5707             | 0,1500 | 41,0000  |

**Gráfico 4.3.1(vii): Hierro v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

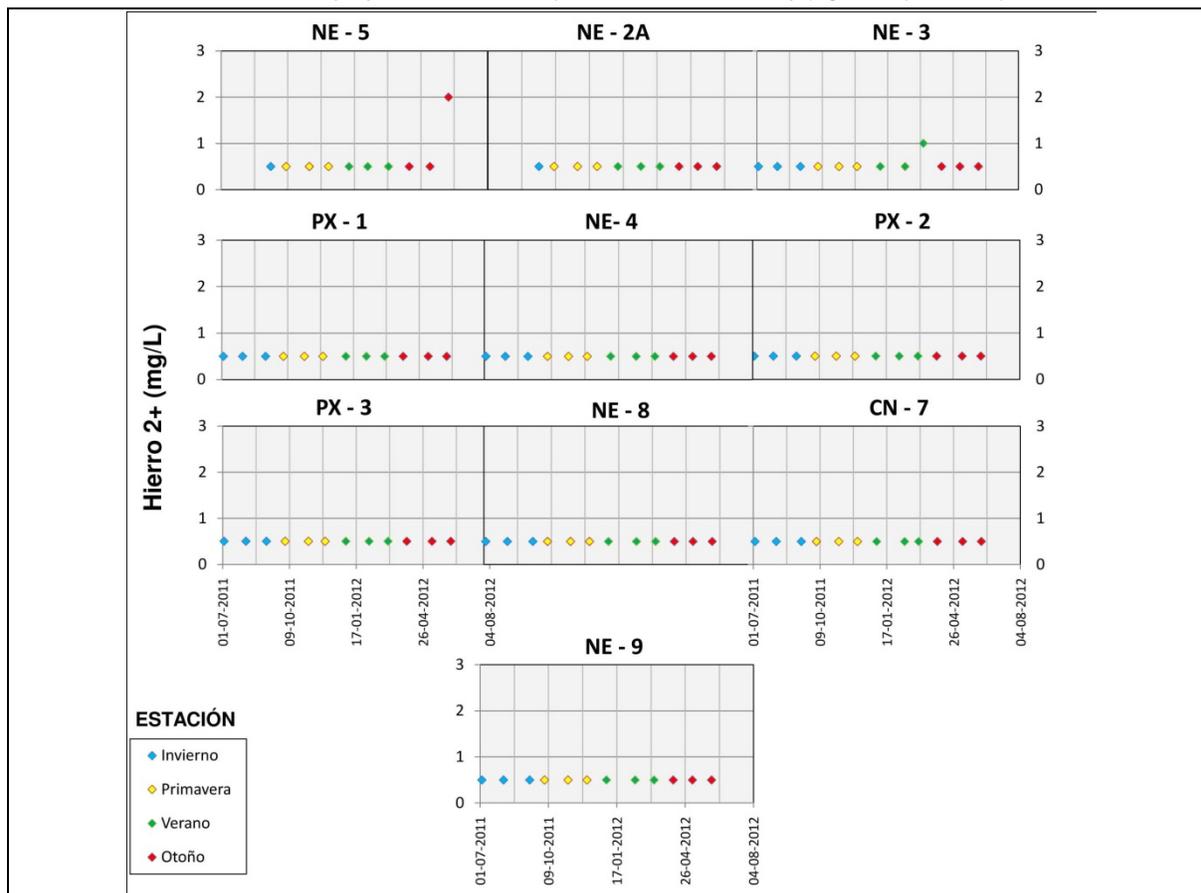
- Se puede observar que a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de hierro se registran en la parte alta de la cuenca en **NE-5** y **NE-2A**; posteriormente los niveles descienden aguas abajo (aún cuando se observan valores que pueden sobresalir de la tendencia general en verano y otoño).

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : HIERRO 2+

**Tabla 4.3.1(viii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro 2+ (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | 0,6500   | 0,4743              | 0,5000 | 2,0000 |
| NE-2A           | 10 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| NE-3            | 12 | 0,5417   | 0,1443              | 0,5000 | 1,0000 |
| PX-1            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| NE-4            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| PX-2            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| PX-3            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| NE-8            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| CN-7            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |
| NE-9            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000 |

**Gráfico 4.3.1(viii): Hierro 2+ v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

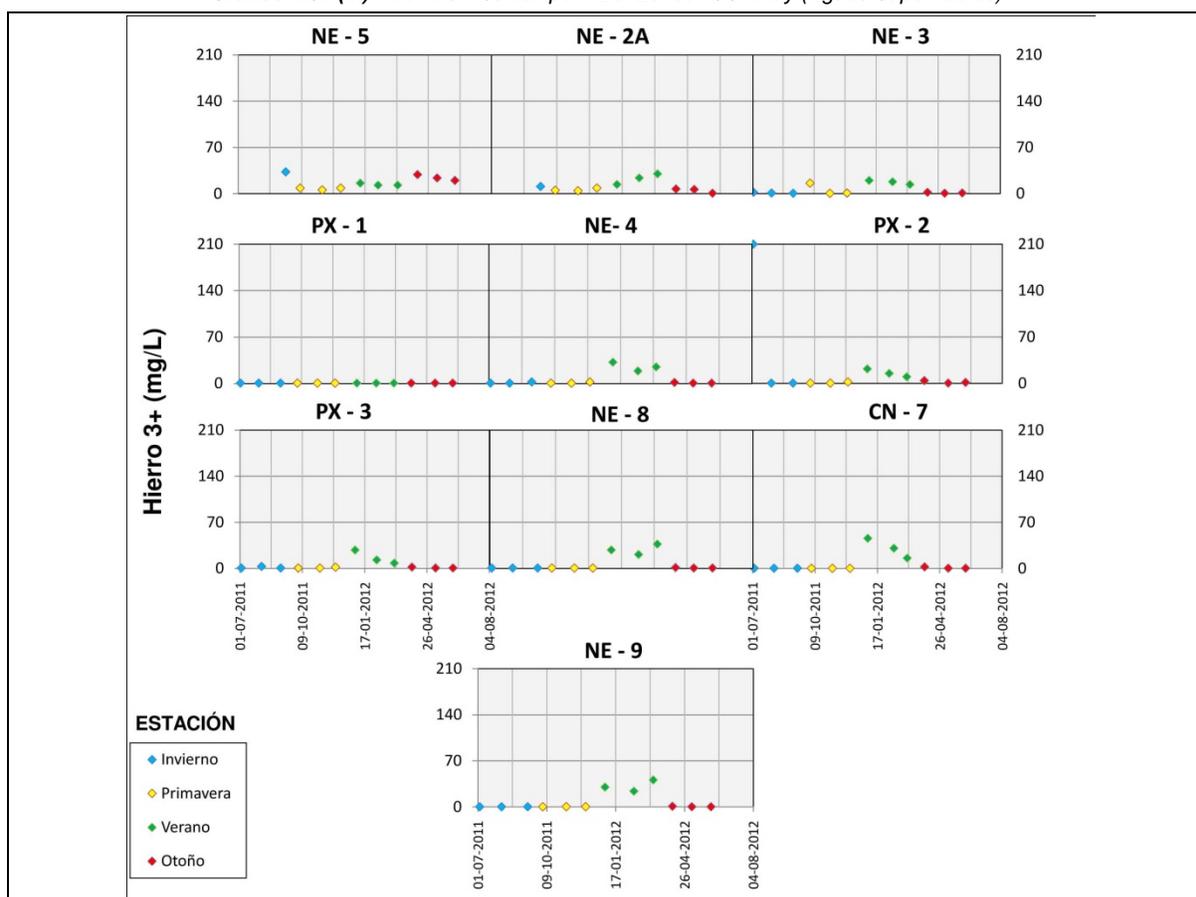
- Se observa que a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de hierro 2+ se registran en la parte alta de la cuenca en **NE-5** y **NE-3**; posteriormente los niveles descienden aguas abajo.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : HIERRO 3+

**Tabla 4.3.1(ix): Estadística Descriptiva Concentración Hierro 3+ (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO   |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|----------|
| NE-5            | 10 | 17,0700  | 9,2051              | 5,8000 | 33,0000  |
| NE-2A           | 10 | 11,1100  | 9,2460              | 0,5000 | 30,0000  |
| NE-3            | 12 | 6,3750   | 7,9755              | 0,5000 | 20,0000  |
| PX-1            | 12 | 0,5000   | 0,0000              | 0,5000 | 0,5000   |
| NE-4            | 12 | 7,1000   | 11,3602             | 0,5000 | 32,0000  |
| PX-2            | 12 | 22,2667  | 59,5317             | 0,5000 | 210,0000 |
| PX-3            | 12 | 4,9083   | 8,2355              | 0,5000 | 28,0000  |
| NE-8            | 12 | 7,6250   | 13,1445             | 0,5000 | 37,0000  |
| CN-7            | 12 | 8,2917   | 15,1244             | 0,5000 | 46,0000  |
| NE-9            | 12 | 8,3417   | 14,5390             | 0,5000 | 41,0000  |

**Gráfico 4.3.1(ix): Hierro 3+ v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

- Se observa que a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de hierro 3+ se registran en la estación de verano principalmente.

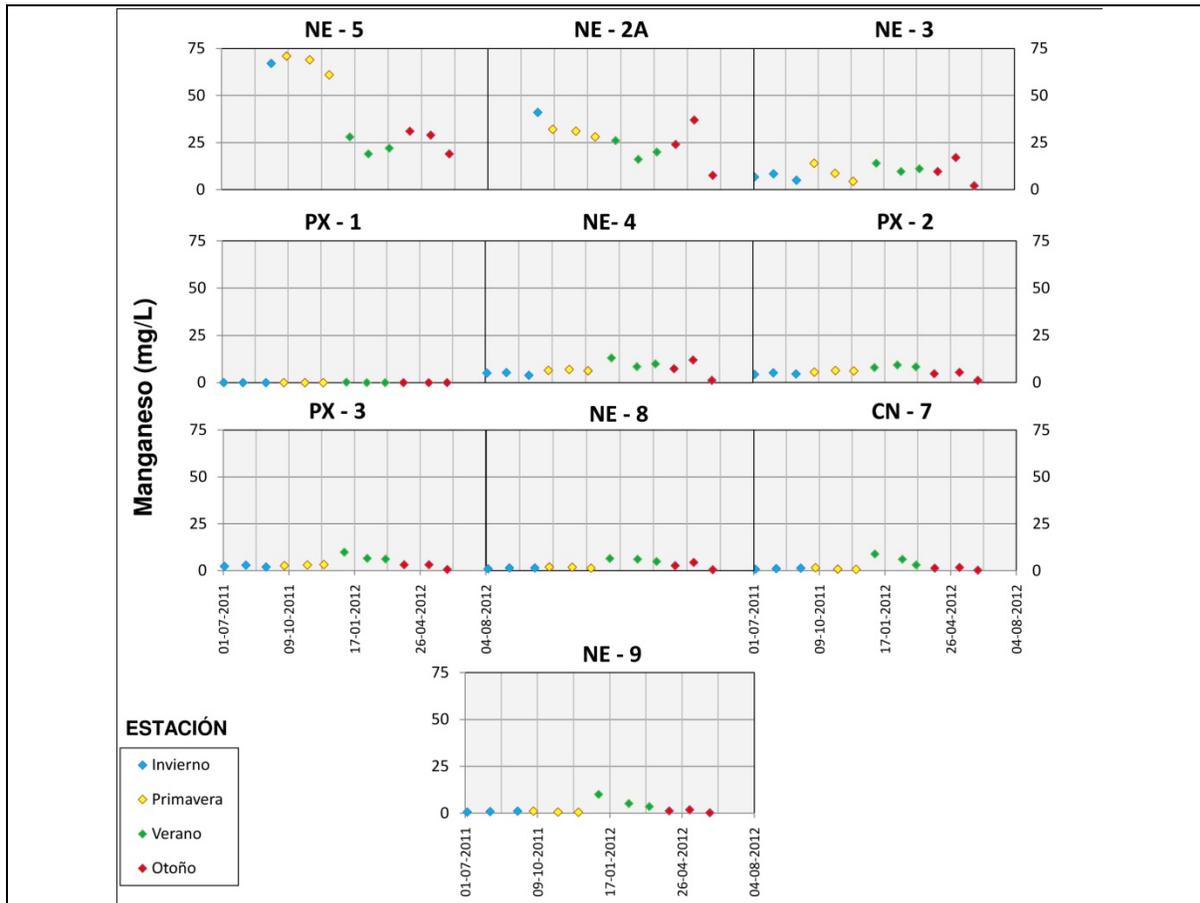
Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : **MANGANESO**

**Tabla 4.3.1(x): Estadística Descriptiva Concentración Manganese (mg/l) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO  | MÁXIMO  |
|-----------------|----|----------|---------------------|---------|---------|
| NE-5            | 10 | 41,6000  | 22,3567             | 19,0000 | 71,0000 |
| NE-2A           | 10 | 26,2500  | 9,9589              | 7,5000  | 41,0000 |
| NE-3            | 12 | 9,2000   | 4,3570              | 2,1000  | 17,0000 |
| PX-1            | 12 | 0,0307   | 0,0620              | 0,0010  | 0,1570  |
| NE-4            | 12 | 7,1500   | 3,3408              | 1,2000  | 13,0000 |
| PX-2            | 12 | 5,7167   | 2,1510              | 1,1000  | 9,3000  |
| PX-3            | 12 | 3,8040   | 2,5407              | 0,5480  | 9,9000  |
| NE-8            | 12 | 2,8393   | 2,0614              | 0,4720  | 6,4000  |
| CN-7            | 12 | 2,3572   | 2,5841              | 0,3430  | 8,9000  |
| NE-9            | 12 | 2,2555   | 2,8213              | 0,3230  | 10,0000 |

**Gráfico 4.3.1(x): Manganese v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

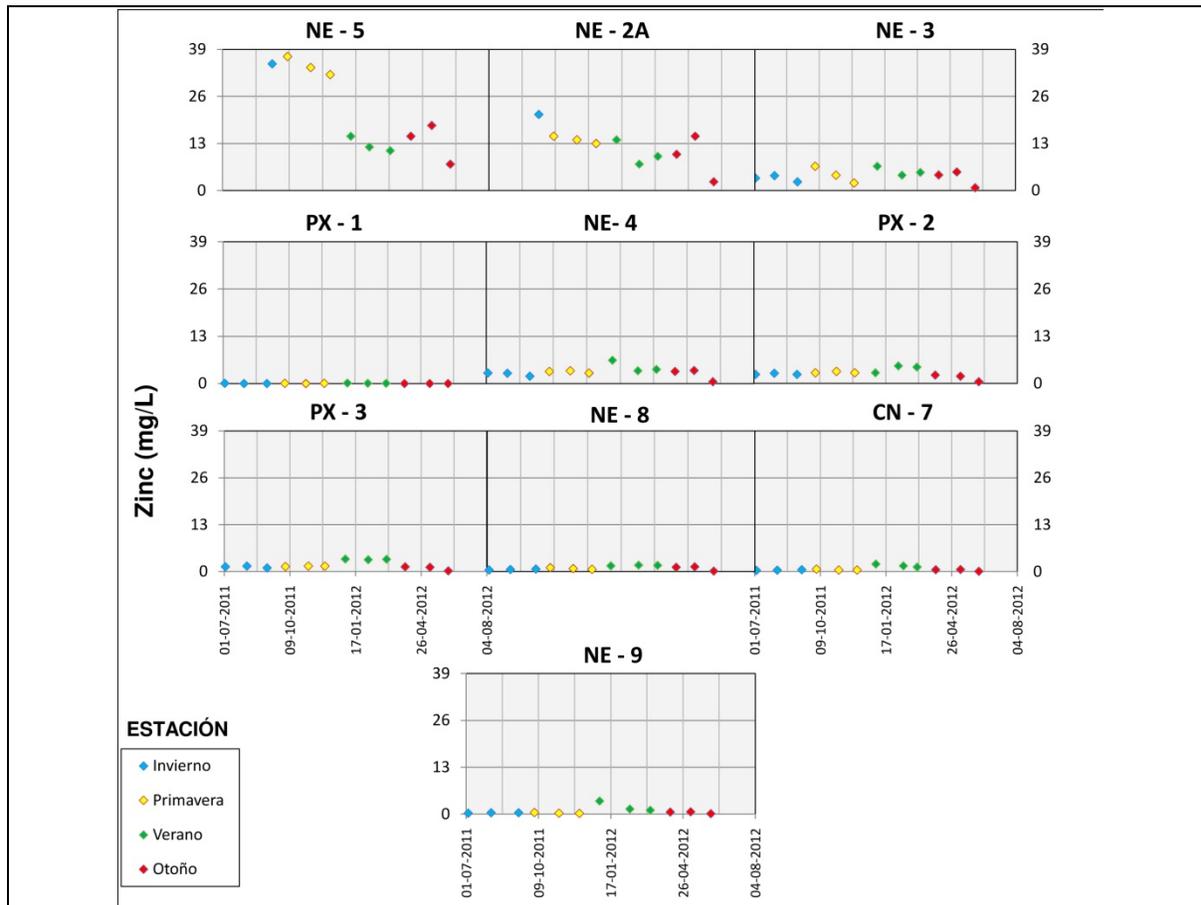
- Se observa que a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de manganese se registran en la parte alta de la cuenca en **NE-5 y NE-2A**; posteriormente los niveles descienden aguas abajo.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : ZINC

**Tabla 4.3.1(xi): Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) –Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO  |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|---------|
| NE-5            | 10 | 21,6300  | 11,4878             | 7,3000 | 37,0000 |
| NE-2A           | 10 | 12,1100  | 5,0869              | 2,4000 | 21,0000 |
| NE-3            | 12 | 4,0798   | 1,7564              | 0,7580 | 6,7000  |
| PX-1            | 12 | 0,0351   | 0,0277              | 0,0020 | 0,0850  |
| NE-4            | 12 | 3,2154   | 1,3564              | 0,4850 | 6,4000  |
| PX-2            | 12 | 2,8199   | 1,1205              | 0,4390 | 4,8000  |
| PX-3            | 12 | 1,7588   | 1,0511              | 0,2050 | 3,5000  |
| NE-8            | 12 | 1,0076   | 0,5275              | 0,1480 | 1,8000  |
| CN-7            | 12 | 0,7595   | 0,5924              | 0,0990 | 2,1000  |
| NE-9            | 12 | 0,7891   | 0,9602              | 0,1590 | 3,6000  |

**Gráfico 4.3.1(xi): Zinc v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

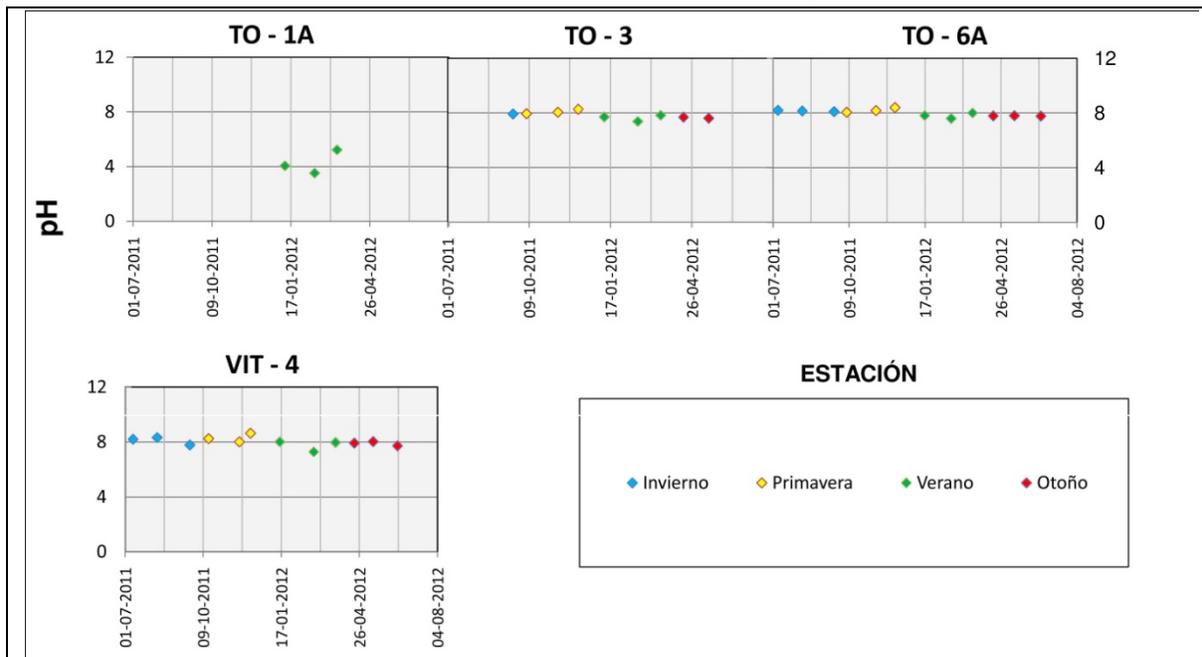
- A lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de zinc se registran en la parte alta de la cuenca en NE-5 y NE-2A; posteriormente los niveles descienden aguas abajo.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **pH**

**Tabla 4.3.1(xii): Estadística Descriptiva pH – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 4,27     | 0,87                | 3,53   | 5,23   |
| TO-3            | 9  | 7,82     | 0,26                | 7,38   | 8,26   |
| TO-6A           | 12 | 7,98     | 0,23                | 7,59   | 8,39   |
| VIT-4           | 12 | 8,01     | 0,34                | 7,29   | 8,63   |

**Gráfico 4.3.1(xii): pH v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



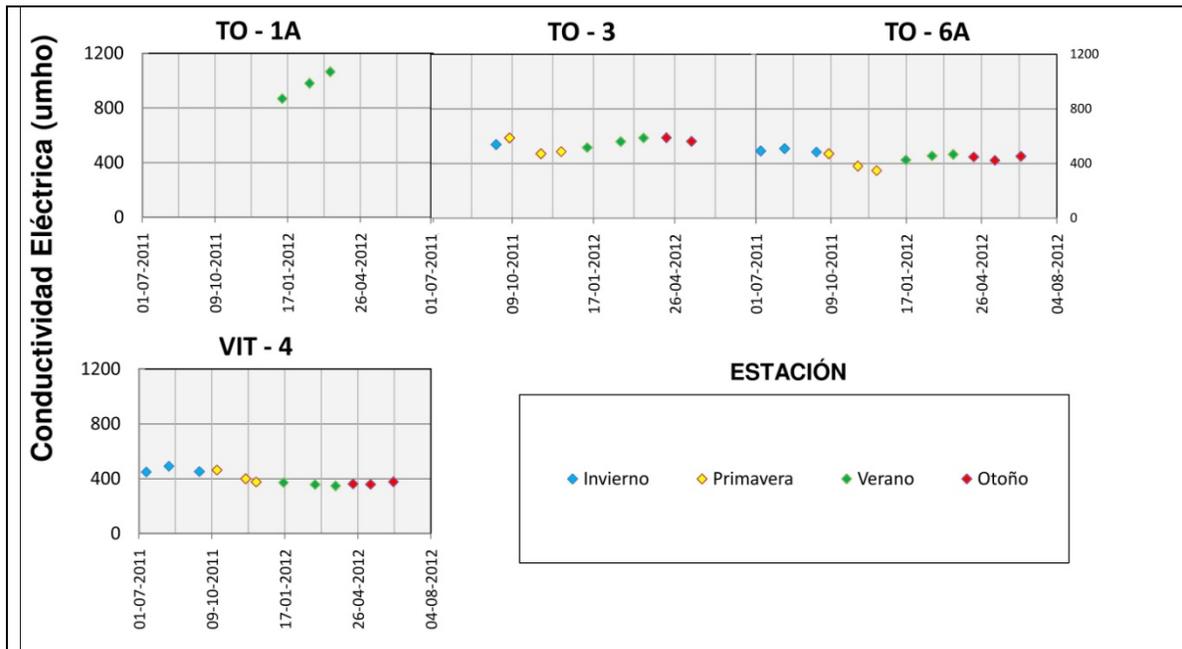
**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de pH se encuentran en rangos de concentración levemente alcalinos. En general, los valores máximos se aprecian en Primavera y los mínimos en otoño.

Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS

 Parámetro : **Conductividad Eléctrica**
**Tabla 4.3.1(xiii): Estadística Descriptiva conductividad Eléctrica – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO  |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|---------|
| TO-1A           | 3  | 970,67   | 98,33               | 868,00 | 1064,00 |
| TO-3            | 9  | 544,89   | 43,93               | 472,00 | 589,00  |
| TO-6A           | 12 | 447,08   | 46,09               | 349,00 | 509,00  |
| VIT-4           | 12 | 401,17   | 49,62               | 348,00 | 492,00  |

**Gráfico 4.3.1(xiii): Conductividad Eléctrica v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, la conductividad eléctrica registra niveles más altos en la parte alta de la cuenca; posteriormente, los niveles descienden aguas abajo.
- Existe una estacionalidad en la parte alta de la cuenca (**TO-3** y **TO-6A**) con valores máximos en verano y mínimos en primavera. En la parte baja (**VIT-4**), las concentraciones máximas se observan a fines del Invierno y mínimo en otoño.

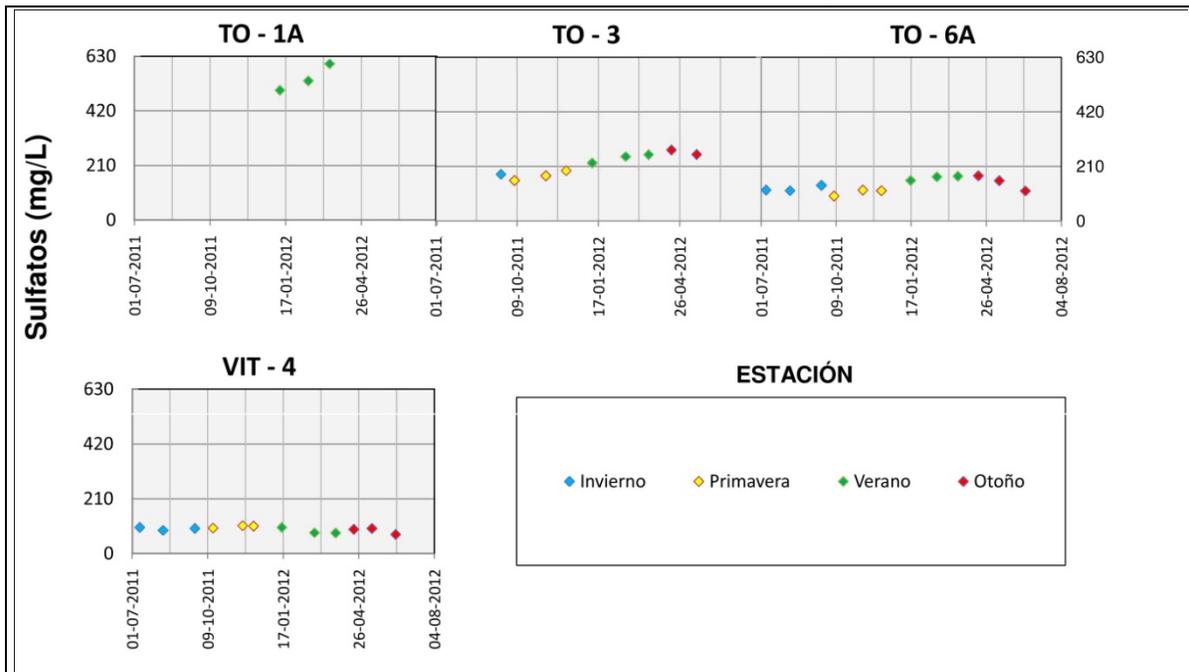
Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS**

Parámetro : **SULFATOS**

**Tabla 4.3.1(xiv): Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 545,00   | 51,73               | 499,00 | 601,00 |
| TO-3            | 9  | 217,67   | 42,66               | 156,00 | 273,00 |
| TO-6A           | 12 | 137,33   | 26,86               | 96,00  | 174,00 |
| VIT-4           | 12 | 93,00    | 10,71               | 73,00  | 107,00 |

**Gráfico 4.3.1(xiv): Sulfato v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

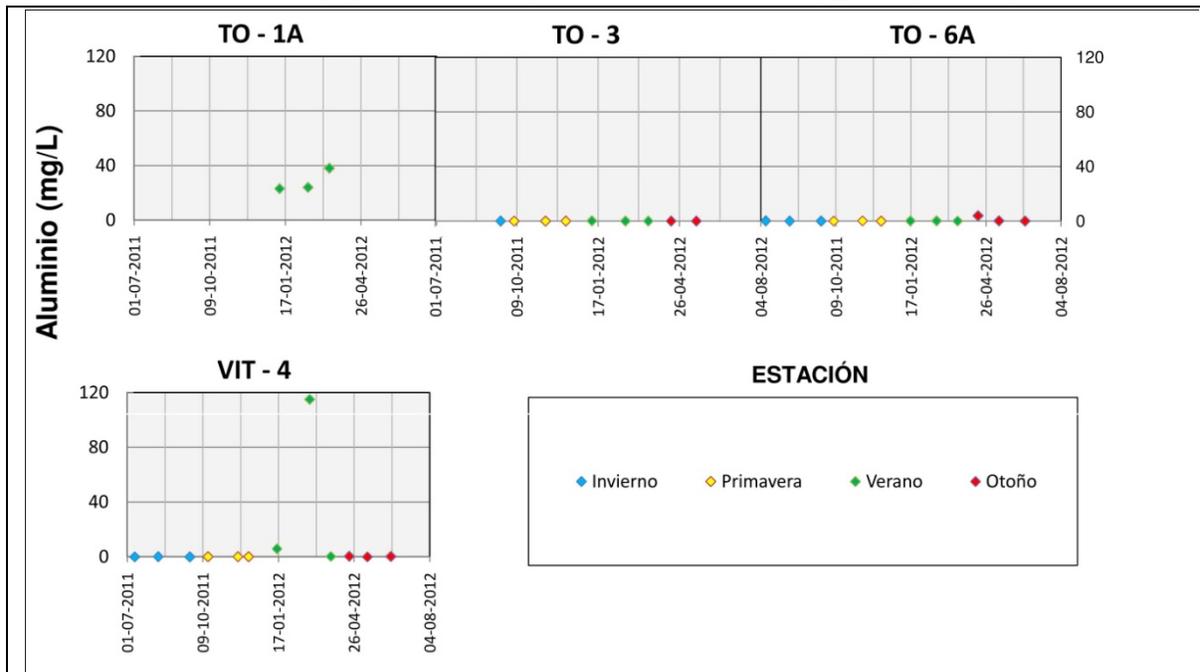
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de sulfatos se registran en la parte alta de la cuenca; posteriormente los niveles descienden aguas abajo.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **ALUMINIO**

**Tabla 4.3.1(xv): Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 28,33    | 8,39                | 23,00  | 38,00  |
| TO-3            | 9  | 0,08     | 0,04                | 0,04   | 0,12   |
| TO-6A           | 12 | 0,50     | 1,20                | 0,02   | 3,90   |
| VIT-4           | 12 | 11,15    | 34,49               | 0,05   | 115,00 |

**Gráfico 4.3.1(xv): Aluminio v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

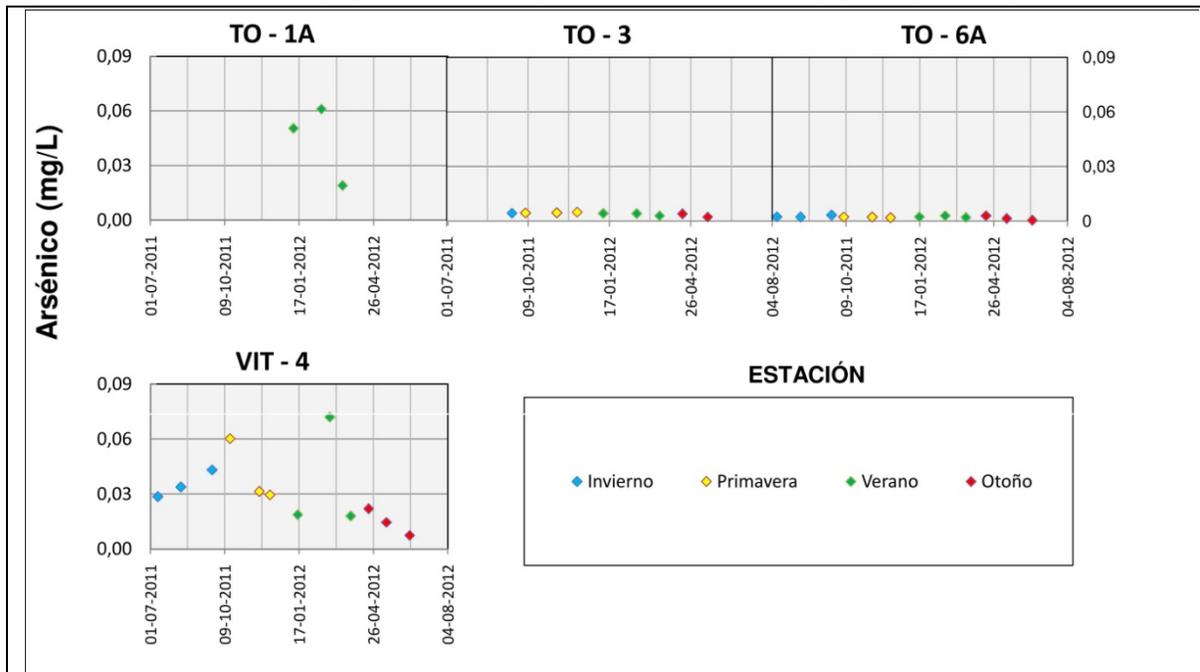
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de aluminio son mayores en la estación de verano.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **ARSÉNICO**

**Tabla 4.3.1(xvi): Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 0,04     | 0,02                | 0,02   | 0,06   |
| TO-3            | 9  | 0,004    | 0,001               | 0,002  | 0,005  |
| TO-6A           | 12 | 0,002    | 0,001               | 0,001  | 0,003  |
| VIT-4           | 12 | 0,032    | 0,019               | 0,008  | 0,072  |

**Gráfico 4.3.1(xvi): Arsénico v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

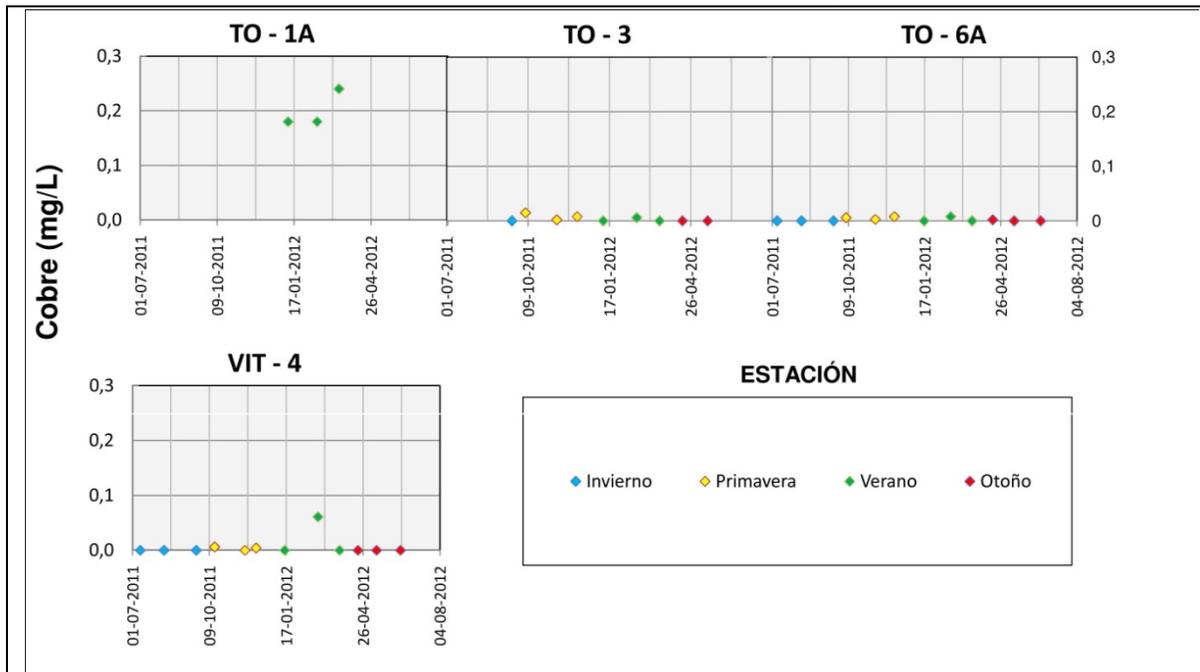
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de arsénico se mantienen relativamente constantes en la parte alta de la cuenca, sin embargo, en la parte baja de la cuenca (VIT-4) se observa un incremento de las concentraciones, sobre todo en primavera.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **COBRE**

**Tabla 4.3.1(xvii): Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 0,200    | 0,035               | 0,180  | 0,240  |
| TO-3            | 9  | 0,008    | 0,005               | 0,002  | 0,015  |
| TO-6A           | 12 | 0,005    | 0,003               | 0,002  | 0,008  |
| VIT-4           | 12 | 0,024    | 0,032               | 0,004  | 0,061  |

**Gráfico 4.3.1(xvii): Cobre v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

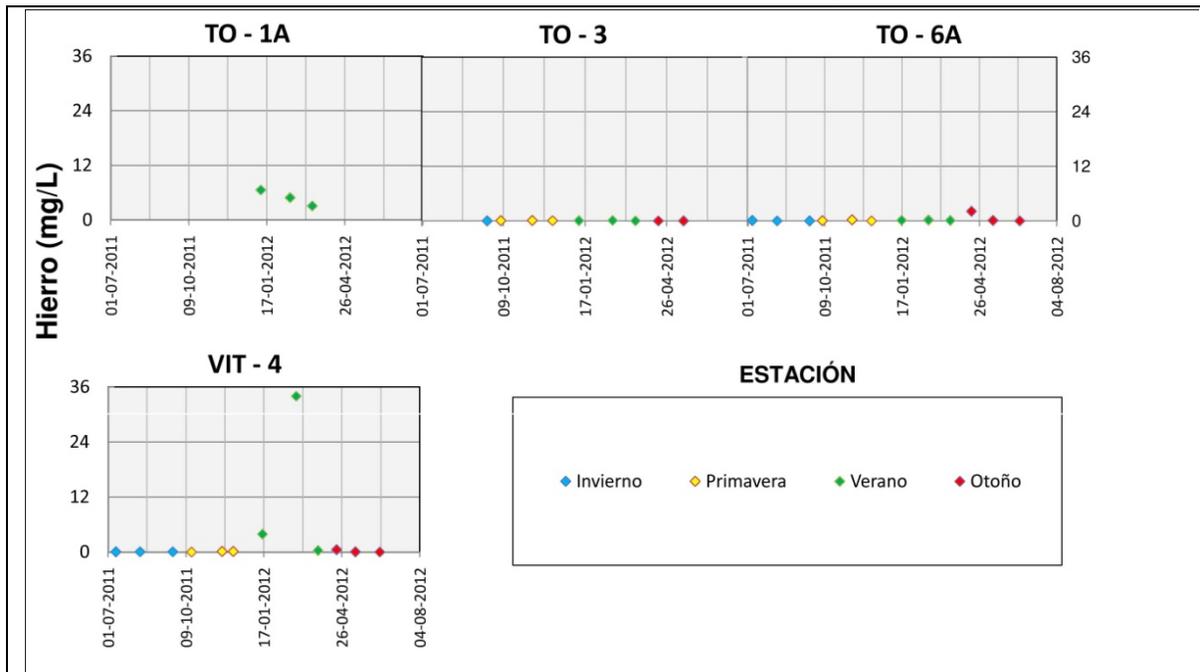
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de cobre son relativamente bajos (menores a 0,25 mg/l de concentración), salvo el monitoreo en verano del punto VIT-4 y TO-1A, donde se aprecian registros elevados.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **HIERRO**

**Tabla 4.3.1(xviii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 4,867    | 1,750               | 3,100  | 6,600  |
| TO-3            | 9  | 0,056    | 0,038               | 0,010  | 0,120  |
| TO-6A           | 12 | 0,283    | 0,607               | 0,020  | 2,100  |
| VIT-4           | 12 | 3,268    | 9,740               | 0,020  | 34,000 |

**Gráfico 4.3.1(xviii): Hierro v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

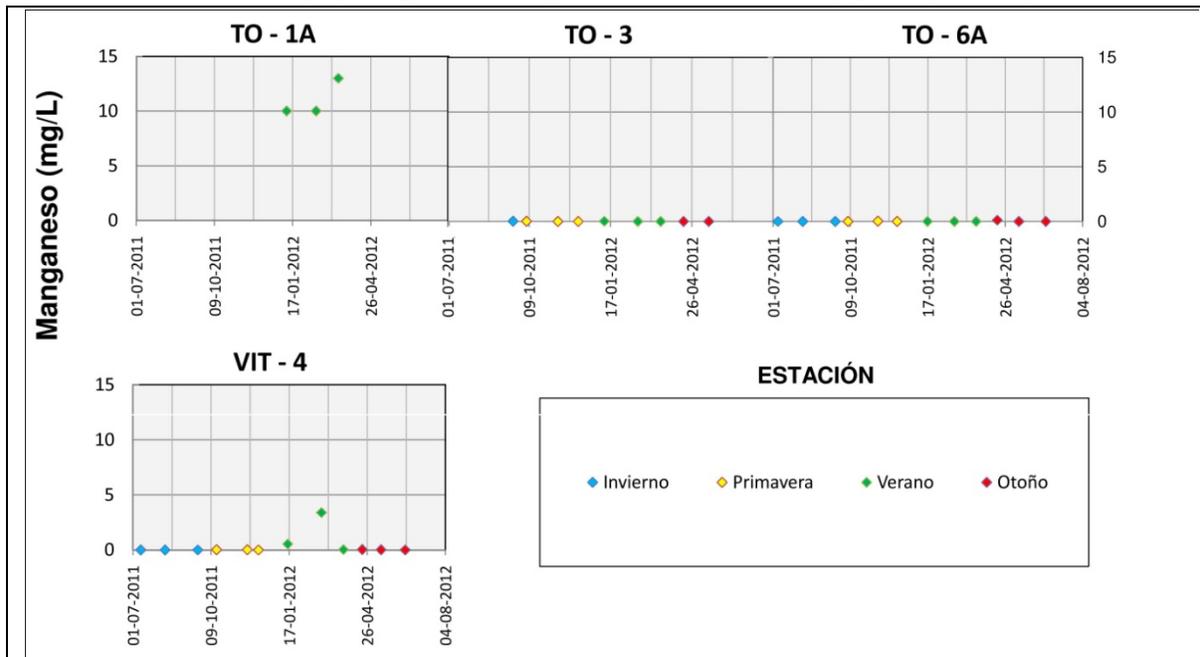
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de hierro se mantienen relativamente constantes (aún cuando se observan un valores que se escapan de la tendencia en **TO- 1A** y **VIT-4.**)

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **MANGANESO**

**Tabla 4.3.1(xix): Estadística Descriptiva Concentración Manganeseo (mg/l) - El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 3  | 11,00    | 1,73                | 10,00  | 13,00  |
| TO-3            | 9  | 0,016    | 0,011               | 0,004  | 0,029  |
| TO-6A           | 12 | 0,018    | 0,037               | 0,002  | 0,129  |
| VIT-4           | 12 | 0,342    | 0,975               | 0,003  | 3,400  |

**Gráfico 4.3.1(xix): Manganeseo v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

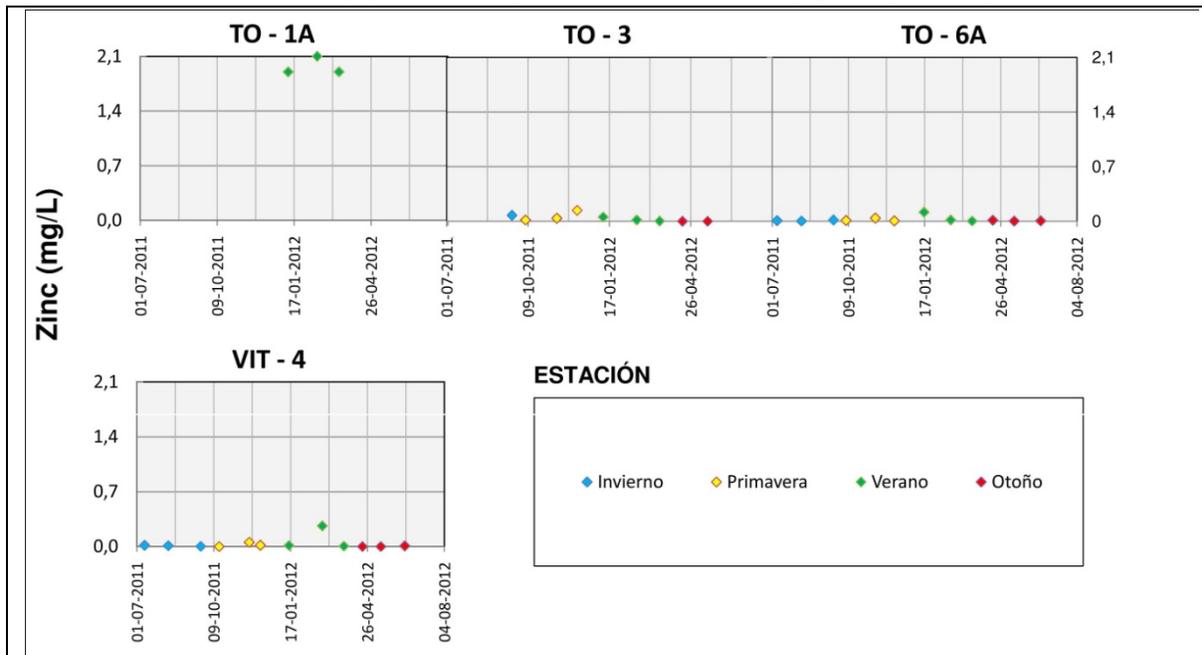
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de manganeseo se mantienen relativamente constantes en valores cercanos a cero. Aún cuando se observan valores que se escapan de la tendencia en TO-1A y VIT-4.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **ZINC**

**Tabla 4.3.1(xx): Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N    | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|------|----------|---------------------|--------|--------|
| TO-1A           | 1,97 | 0,12     | 1,90                | 2,10   | 1,97   |
| TO-3            | 9    | 0,044    | 0,047               | 0,002  | 0,141  |
| TO-6A           | 12   | 0,021    | 0,032               | 0,003  | 0,118  |
| VIT-4           | 12   | 0,043    | 0,084               | 0,003  | 0,264  |

**Gráfico 4.3.1(xx): Zinc v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de zinc son relativamente bajos, aunque se observan valores que se escapan de la tendencia en la estación de verano para los puntos **TO - 1A** y **VIT - 4**.

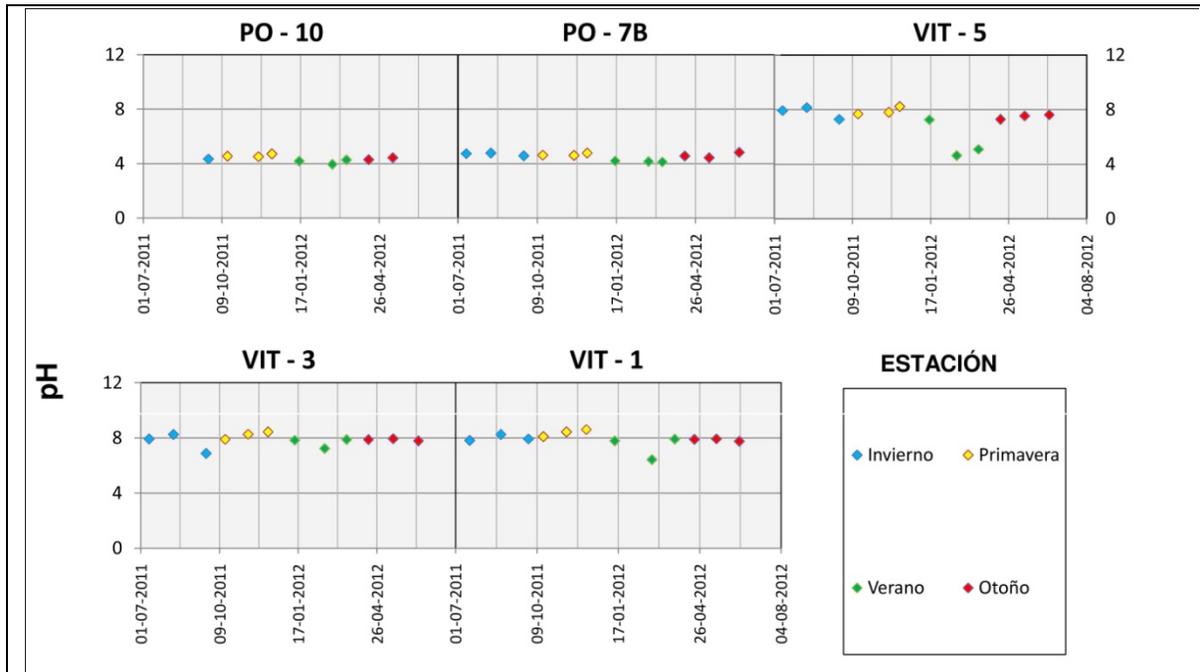
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **pH**

**Tabla 4.3.1(xxi): Estadística Descriptiva pH – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10           | 9  | 4,36     | 0,23                | 3,95   | 4,72   |
| PO-7B           | 12 | 4,54     | 0,25                | 4,13   | 4,83   |
| VIT-5           | 12 | 7,21     | 1,15                | 4,63   | 8,22   |
| VIT-3           | 12 | 7,85     | 0,43                | 6,87   | 8,43   |
| VIT-1           | 12 | 7,90     | 0,54                | 6,42   | 8,61   |

**Gráfico 4.3.1(xxi): pH v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

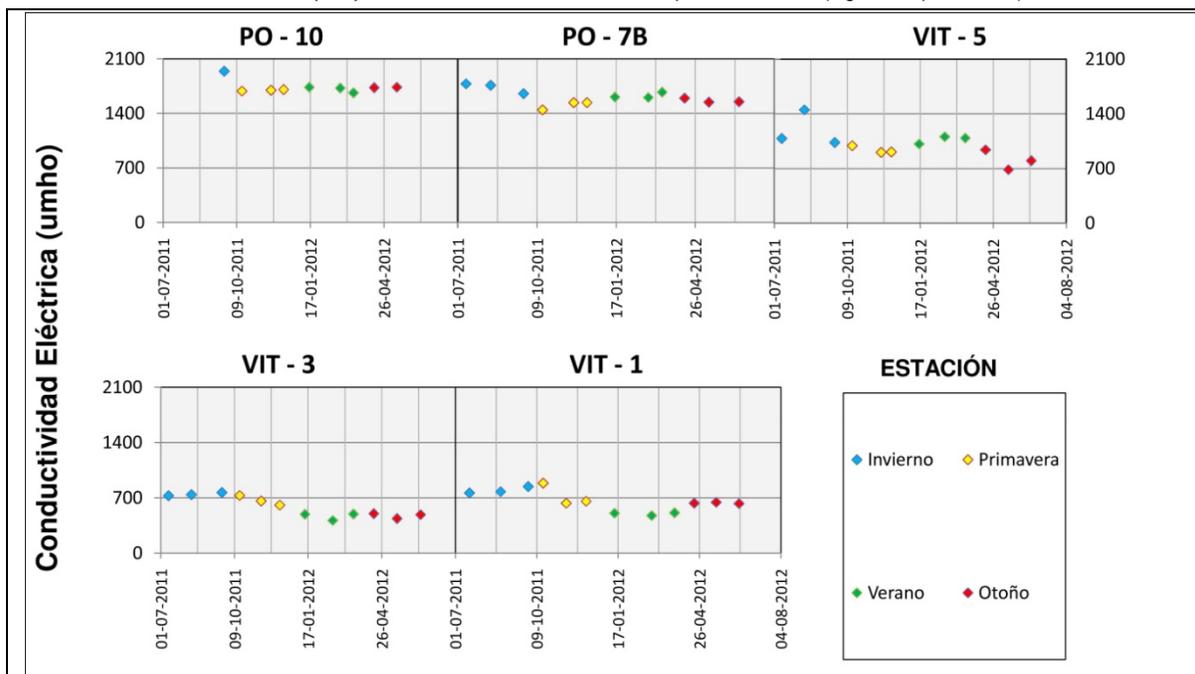
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de pH se encuentran en rangos de concentración levemente alcalinos. En general, los valores máximos se aprecian en primavera y los mínimos en verano.

Línea de Flujo: **POTRERILLOS** Parámetro : **Conductividad Eléctrica**

**Tabla 4.3.1(xxii): Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO   | MÁXIMO   |
|-----------------|----|----------|---------------------|----------|----------|
| PO-10           | 9  | 1.735,89 | 80,63               | 1.665,00 | 1.941,00 |
| PO-7B           | 12 | 1.607,67 | 96,93               | 1.445,00 | 1.781,00 |
| VIT-5           | 12 | 1.001,08 | 188,40              | 686,00   | 1.451,00 |
| VIT-3           | 12 | 588,42   | 131,17              | 415,00   | 767,00   |
| VIT-1           | 12 | 663,50   | 131,79              | 477,00   | 886,00   |

**Gráfico 4.3.1(xxii): Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, la conductividad eléctrica registra niveles más altos en la parte alta de la cuenca; posteriormente, los niveles descienden aguas abajo.
- Existe una estacionalidad en la parte alta de la cuenca con valores máximos en invierno. En la parte baja (**VIT-1**), las concentraciones máximas se observan a fines del primavera y mínimo en verano.

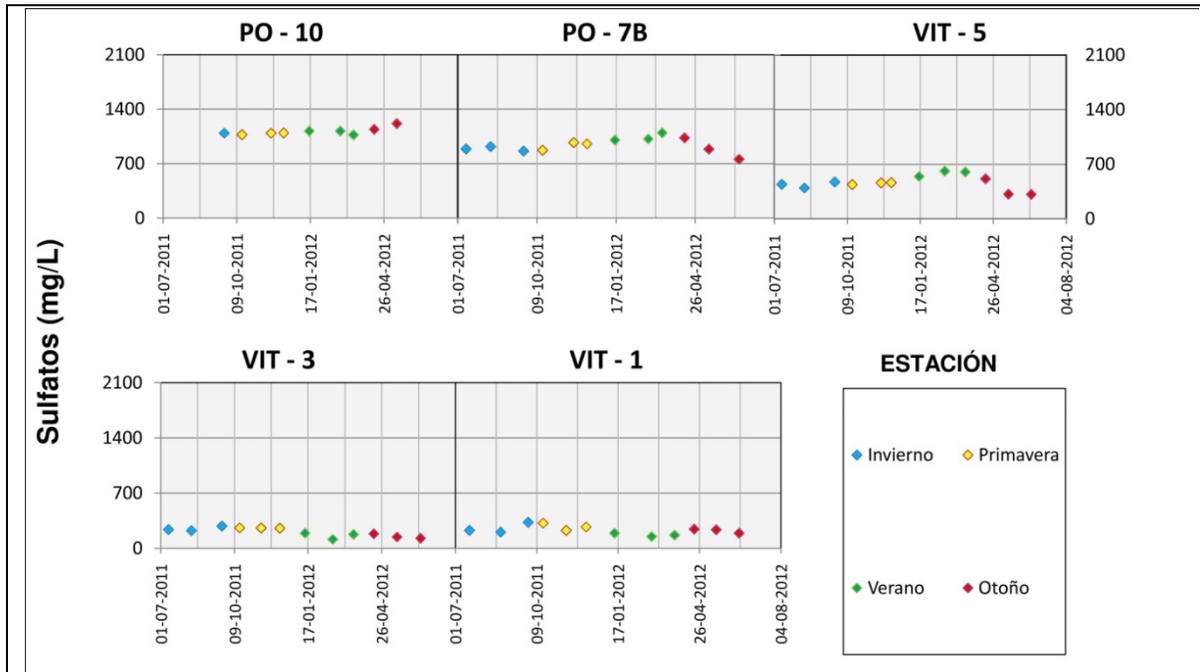
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **SULFATOS**

**Tabla 4.3.1(xxiii): Estadística Descriptiva Sulfatos – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10           | 9  | 1.112,67 | 44,69               | 1.069  | 1.215  |
| PO-7B           | 12 | 938,25   | 92,38               | 758    | 1.096  |
| VIT-5           | 12 | 463,75   | 95,05               | 313    | 610    |
| VIT-3           | 12 | 204,08   | 56,27               | 115    | 281    |
| VIT-1           | 12 | 229,92   | 55,46               | 150    | 330    |

**Gráfico 4.3.1(xxiii): Sulfatos v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de sulfatos se registran en la parte alta de la cuenca; posteriormente los niveles descienden aguas abajo.

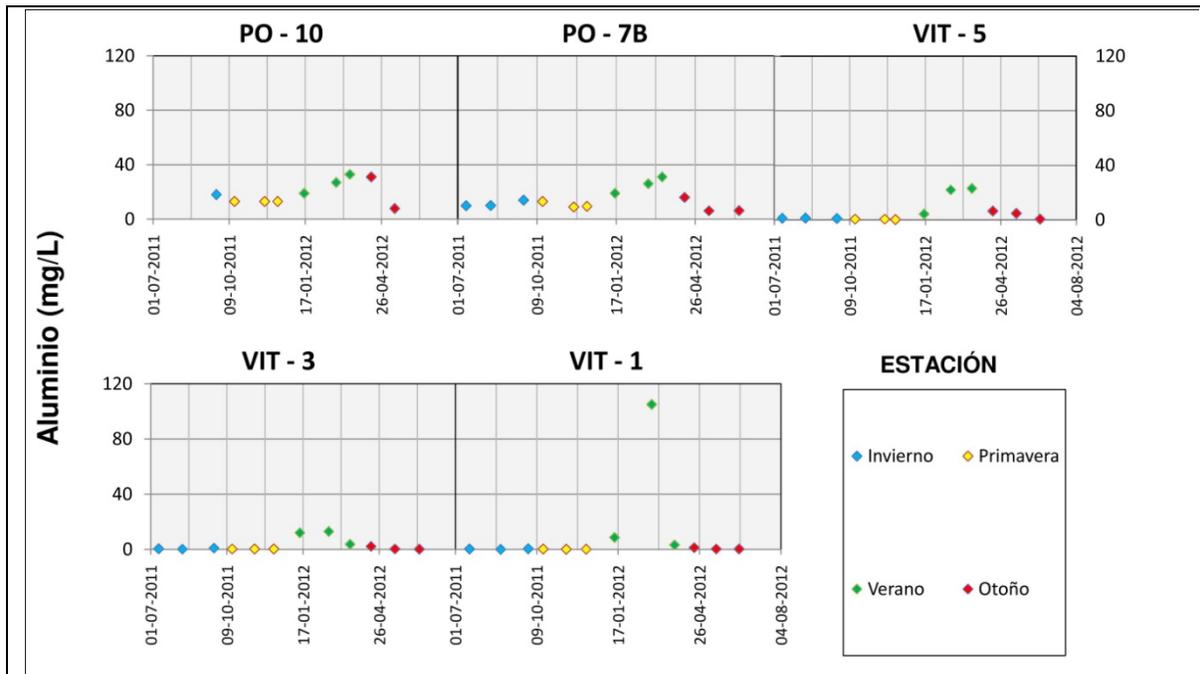
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **ALUMINIO**

**Tabla 4.3.1(xxiv): Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10           | 9  | 19,43    | 8,91                | 8      | 33     |
| PO-7B           | 12 | 14,14    | 7,76                | 6      | 31     |
| VIT-5           | 12 | 5,52     | 8,19                | 0      | 23     |
| VIT-3           | 12 | 2,83     | 4,64                | 0      | 13     |
| VIT-1           | 12 | 10,92    | 31,31               | 0      | 105    |

**Gráfico 4.3.1(xxiv): Aluminio v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de aluminio se mantienen relativamente por debajo de los 0,38 mg/l.

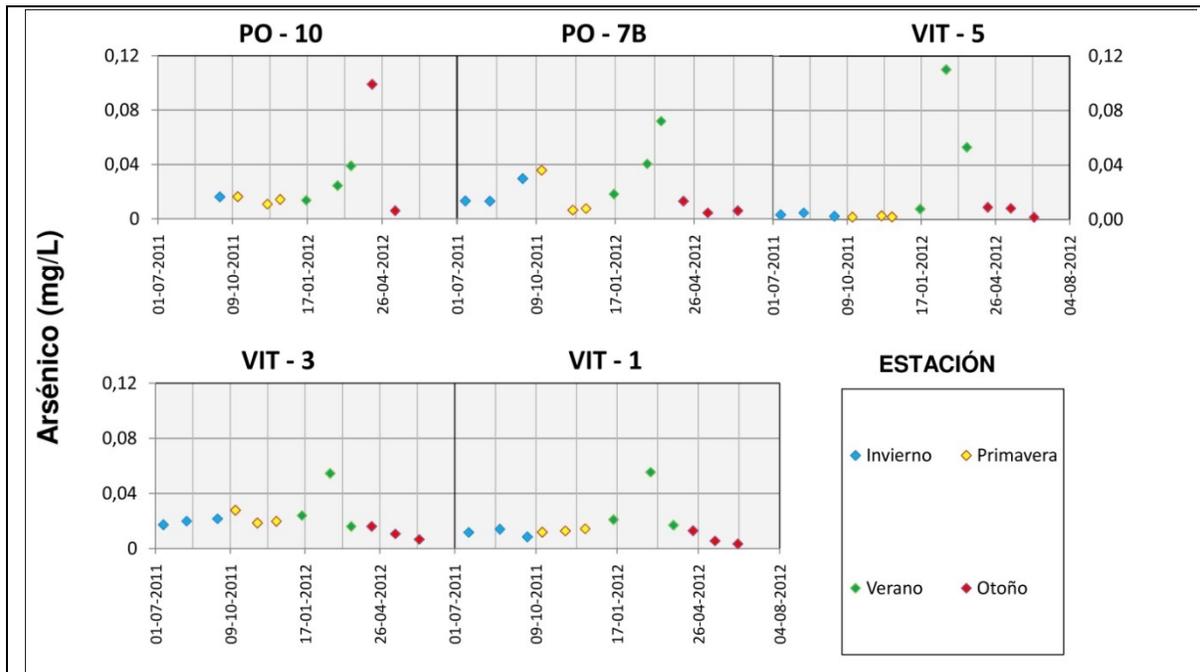
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **ARSÉNICO**

**Tabla 4.3.1(xxv): Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10           | 9  | 0,0267   | 0,0287              | 0,0060 | 0,0990 |
| PO-7B           | 12 | 0,0217   | 0,0199              | 0,0045 | 0,0720 |
| VIT-5           | 12 | 0,0173   | 0,0325              | 0,0016 | 0,1100 |
| VIT-3           | 12 | 0,0211   | 0,0119              | 0,0067 | 0,0545 |
| VIT-1           | 12 | 0,0158   | 0,0134              | 0,0034 | 0,0555 |

**Gráfico 4.3.1(xxv): Arsénico v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



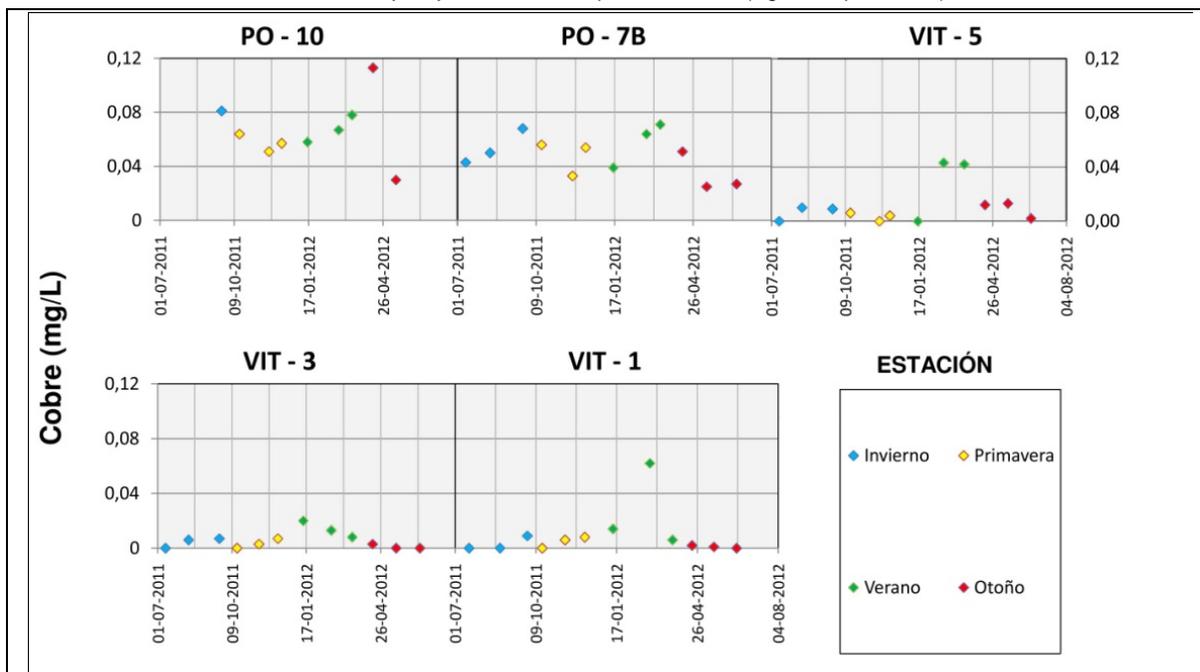
**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de arsénico tienden a incrementarse en verano.

Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

 Parámetro : **COBRE**
**Tabla 4.3.1(xxvi): Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10           | 9  | 0,0666   | 0,0230              | 0,0300 | 0,1130 |
| PO-7B           | 12 | 0,0484   | 0,0154              | 0,0250 | 0,0710 |
| VIT-5           | 12 | 0,0157   | 0,0156              | 0,0020 | 0,0430 |
| VIT-3           | 12 | 0,0084   | 0,0057              | 0,0030 | 0,0200 |
| VIT-1           | 12 | 0,0135   | 0,0200              | 0,0010 | 0,0620 |

**Gráfico 4.3.1(xxvi): Cobre v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de cobre son relativamente bajos (menores a 0,10 mg/l de concentración), salvo el monitoreo en otoño del punto PO-10, donde se aprecia un registro elevado.

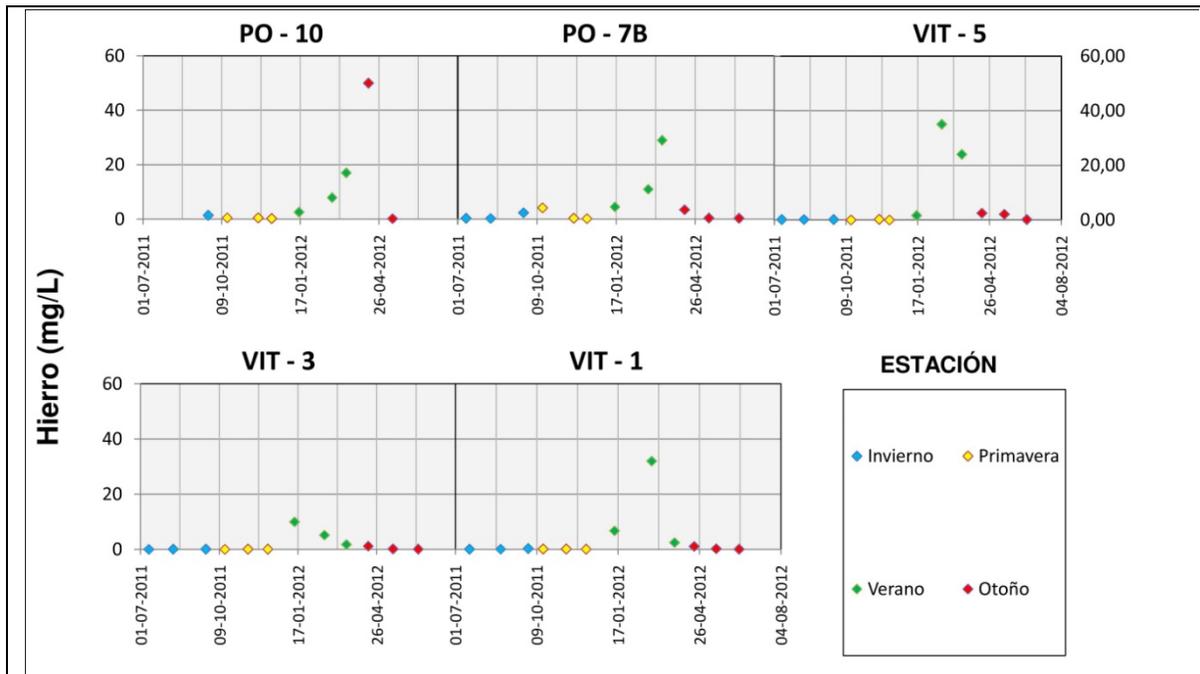
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **HIERRO**

**Tabla 4.3.1(xxvii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO  |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|---------|
| PO-10           | 9  | 8,9256   | 16,3697             | 0,2100 | 50,0000 |
| PO-7B           | 12 | 4,7042   | 8,2734              | 0,2100 | 29,0000 |
| VIT-5           | 12 | 6,5890   | 12,3836             | 0,1000 | 35,0000 |
| VIT-3           | 12 | 1,5625   | 3,0522              | 0,0200 | 10,0000 |
| VIT-1           | 12 | 3,6267   | 9,1418              | 0,0600 | 32,0000 |

**Gráfico 4.3.1(xxvii): Hierro v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de hierro se mantienen relativamente constantes en torno a los 0,3 mg/l (aún cuando se observan un valores que se escapan de la tendencia en verano.)

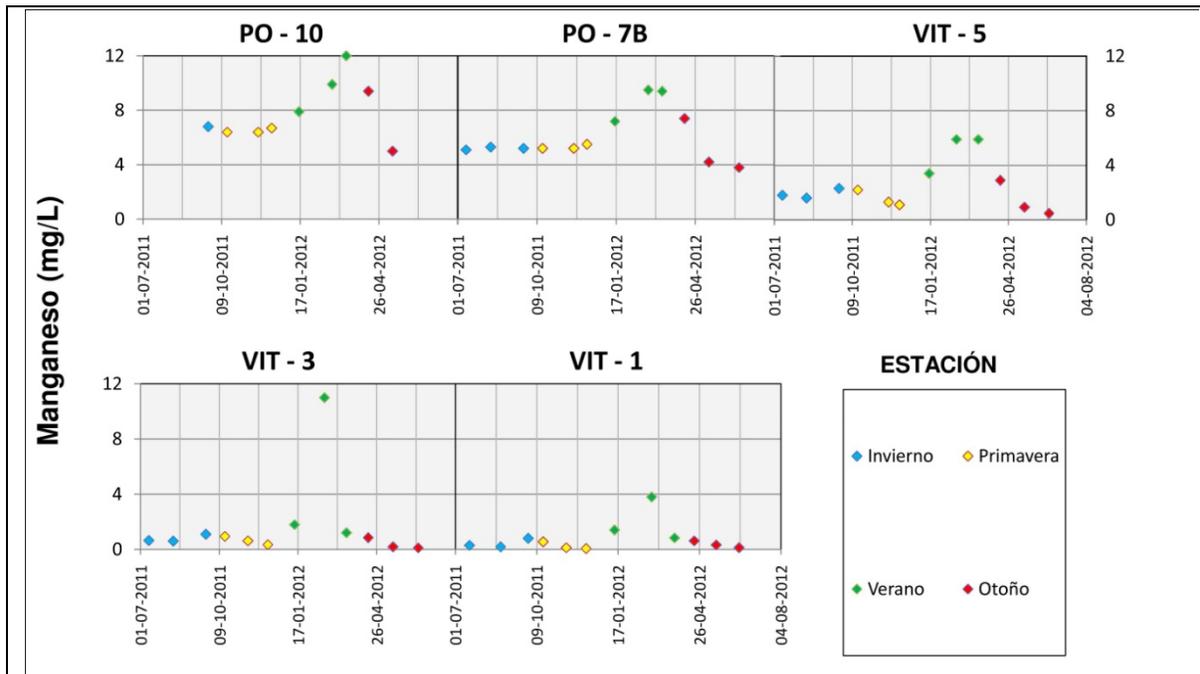
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **MANGANESO**

**Tabla 4.3.1(xxviii): Estadística Descriptiva Concentración Manganeseo (mg/l) – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO  |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|---------|
| PO-10           | 9  | 7,8333   | 2,1960              | 5,0000 | 12,0000 |
| PO-7B           | 12 | 6,0833   | 1,8751              | 3,8000 | 9,5000  |
| VIT-5           | 12 | 2,4838   | 1,7959              | 0,4760 | 5,9000  |
| VIT-3           | 12 | 1,6181   | 2,9914              | 0,1140 | 11,0000 |
| VIT-1           | 12 | 0,7617   | 1,0332              | 0,0600 | 3,8000  |

**Gráfico 4.3.1(xxviii): Manganeseo v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de manganeseo disminuyen desde la parte alta de la cuenca hacia la parte baja. Los máximos valores se observan como tendencia en verano.

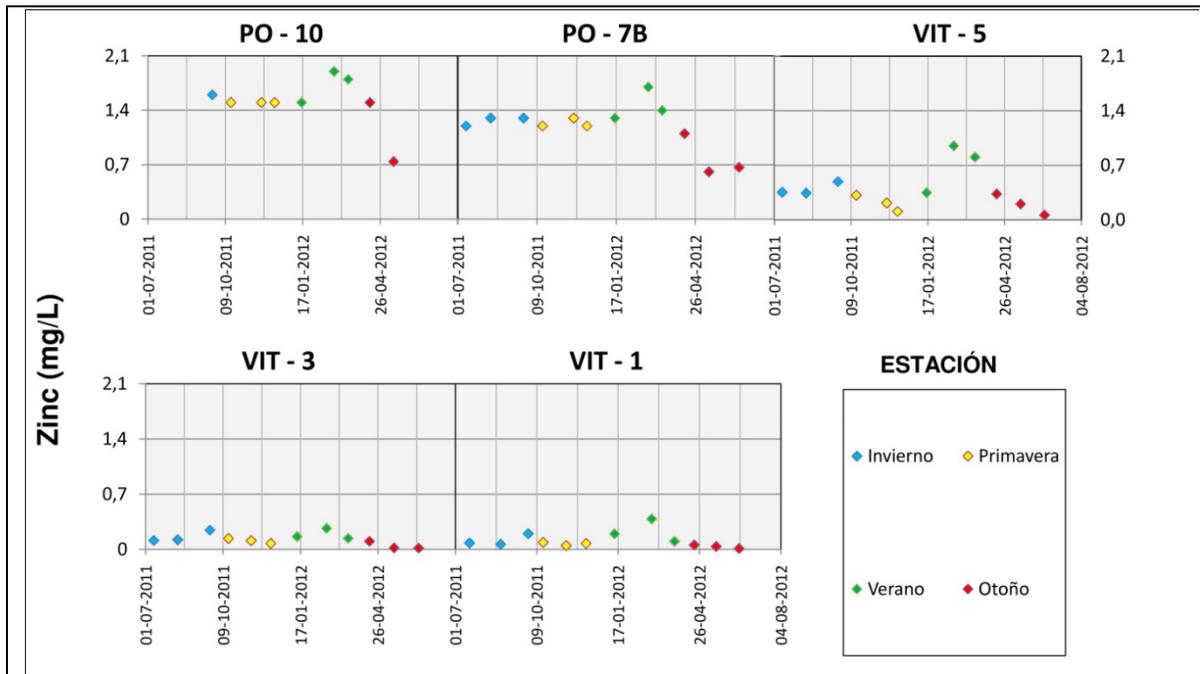
Línea de Flujo: **POTRERILLOS**

Parámetro : **ZINC**

**Tabla 4.3.1(xxix): Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – Potrerillos (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PO-10           | 9  | 1,5046   | 0,3232              | 0,7410 | 1,9000 |
| PO-7B           | 12 | 1,1896   | 0,2975              | 0,6080 | 1,7000 |
| VIT-5           | 12 | 0,3780   | 0,2626              | 0,0630 | 0,9500 |
| VIT-3           | 12 | 0,1263   | 0,0754              | 0,0170 | 0,2680 |
| VIT-1           | 12 | 0,1124   | 0,1035              | 0,0100 | 0,3860 |

**Gráfico 4.3.1(xxix): Zinc v/s tiempo – Potrerillos (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

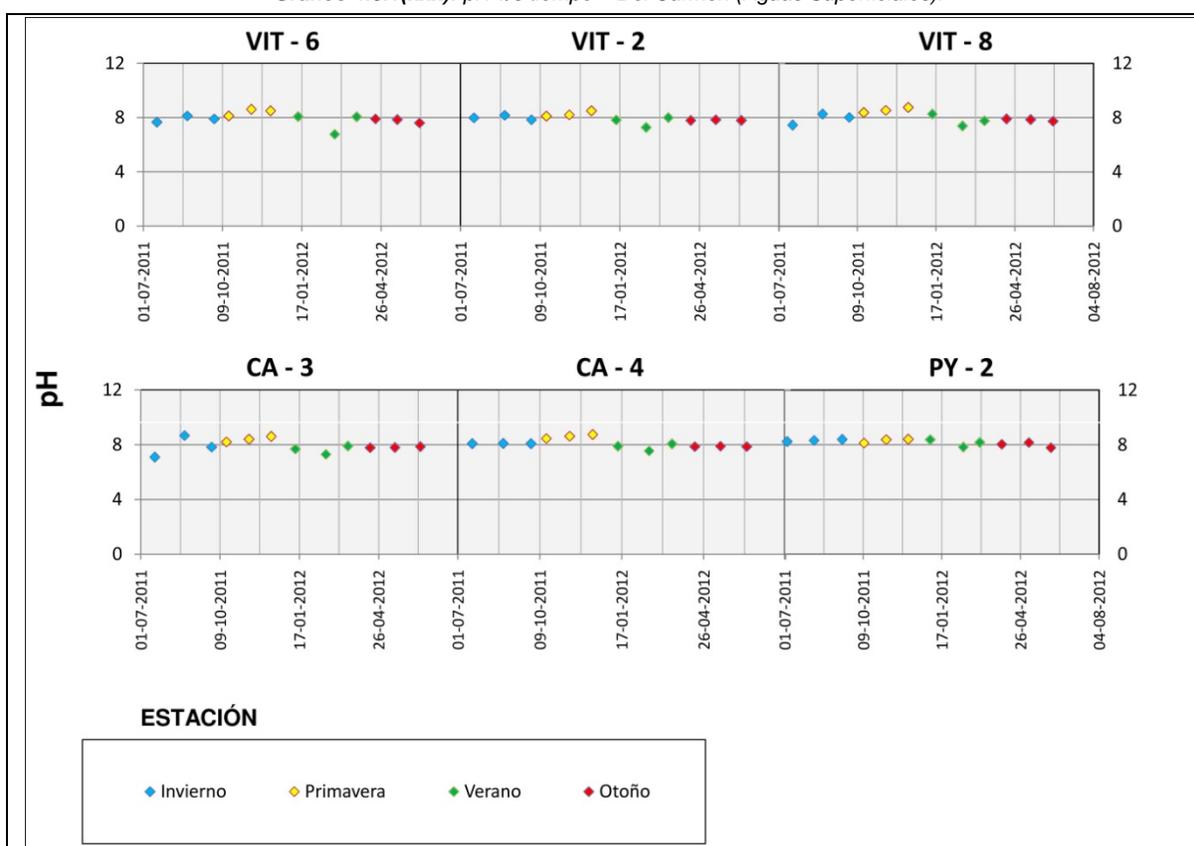
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de zinc son disminuyen su concentración.

Línea de Flujo: **DEL CARMEN** Parámetro : **pH**

**Tabla 4.3.1(xxx): Estadística Descriptiva pH – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 7,94     | 0,47                | 6,78   | 8,61   |
| VIT-2           | 12 | 7,95     | 0,30                | 7,27   | 8,50   |
| VIT-8           | 12 | 8,03     | 0,42                | 7,39   | 8,75   |
| CA-3            | 12 | 7,93     | 0,48                | 7,09   | 8,67   |
| CA-4            | 12 | 8,09     | 0,35                | 7,55   | 8,74   |
| PY-2            | 12 | 8,19     | 0,21                | 7,79   | 8,40   |

**Gráfico 4.3.1(xxx): pH v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de pH se encuentran en rangos de concentración levemente alcalinos. En general, los valores máximos se aprecian en Primavera y los mínimos en verano.

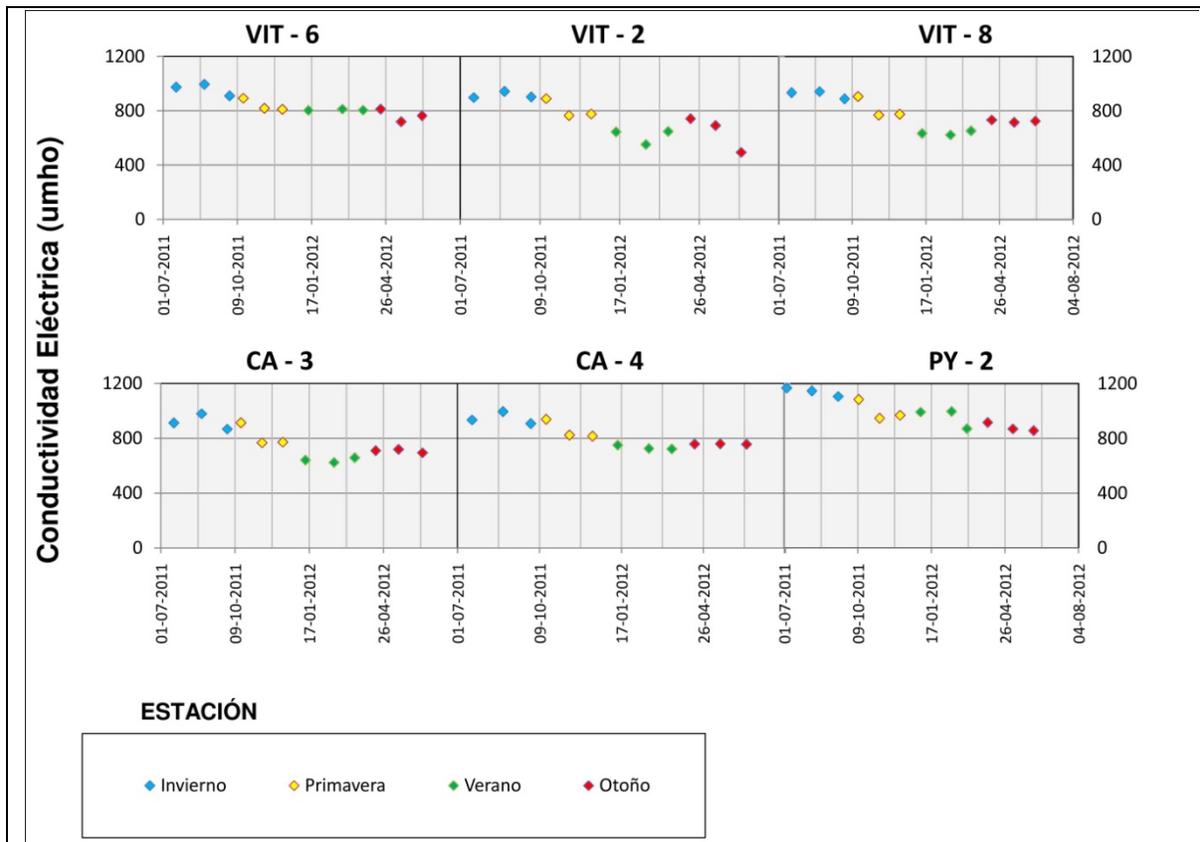
Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : **Conductividad Eléctrica**

**Tabla 4.3.1(xxxi): Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO   |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|----------|
| VIT-6           | 12 | 843,25   | 82,64               | 720,00 | 995,00   |
| VIT-2           | 12 | 745,33   | 145,56              | 494,00 | 943,00   |
| VIT-8           | 12 | 774,33   | 116,32              | 623,00 | 942,00   |
| CA-3            | 12 | 770,92   | 119,35              | 623,00 | 979,00   |
| CA-4            | 12 | 823,00   | 95,52               | 721,00 | 994,00   |
| PY-2            | 12 | 992,92   | 109,84              | 856,00 | 1.167,00 |

**Gráfico 4.3.1(xxxi): Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- Existe una estacionalidad en de la cuenca con valores máximos en invierno y mínimos en otoño.

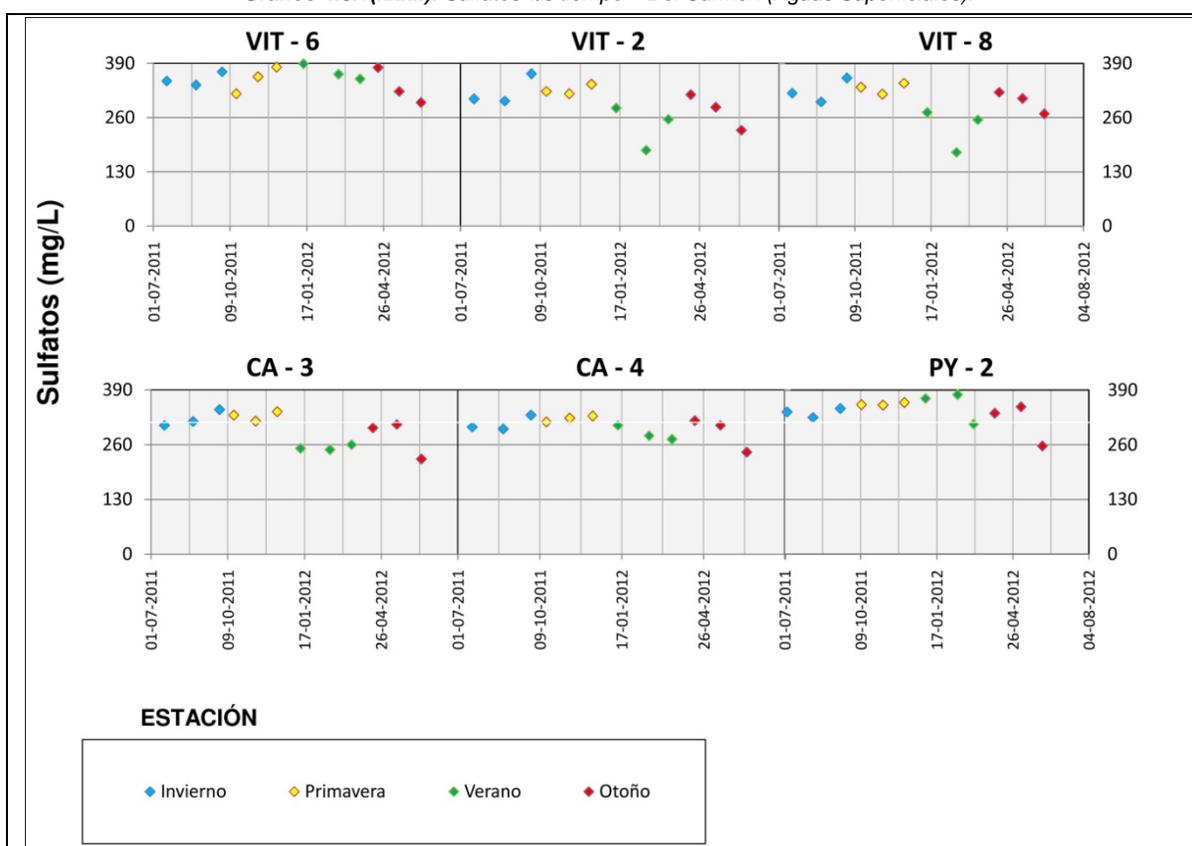
Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : SULFATOS

**Tabla 4.3.1(xxxii): Estadística Descriptiva Sulfatos – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 351,42   | 28,46               | 296,00 | 389,00 |
| VIT-2           | 12 | 291,75   | 49,86               | 182,00 | 365,00 |
| VIT-8           | 12 | 297,08   | 48,43               | 177,00 | 355,00 |
| CA-3            | 12 | 295,08   | 38,92               | 226,00 | 343,00 |
| CA-4            | 12 | 301,58   | 25,60               | 242,00 | 330,00 |
| PY-2            | 12 | 339,83   | 32,31               | 257,00 | 379,00 |

**Gráfico 4.3.1(xxxii): Sulfatos v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles más altos de concentración de sulfatos se registran en la parte alta de la cuenca para todas las estaciones; posteriormente los niveles descienden aguas abajo en los periodos de verano- otoño.

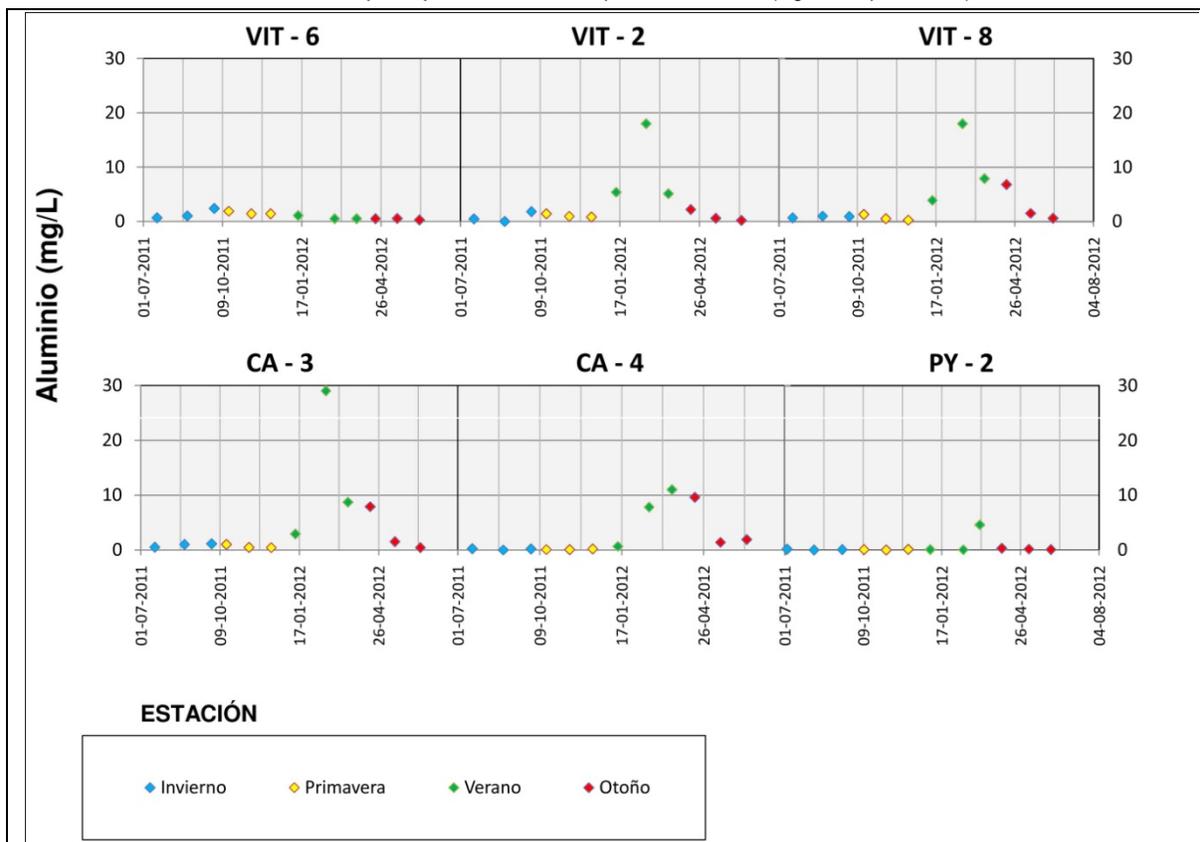
Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : ALUMINIO

**Tabla 4.3.1(xxxiii): Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 1,01     | 0,66                | 0,26   | 2,40   |
| VIT-2           | 12 | 3,35     | 5,17                | 0,18   | 18,00  |
| VIT-8           | 12 | 3,61     | 5,21                | 0,25   | 18,00  |
| CA-3            | 12 | 4,57     | 8,22                | 0,41   | 29,00  |
| CA-4            | 12 | 3,01     | 4,25                | 0,06   | 11,00  |
| PY-2            | 12 | 0,56     | 1,42                | 0,04   | 4,60   |

**Gráfico 4.3.1(xxxiii): Aluminio v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de aluminio se mantienen relativamente constantes excepto en verano, donde se registran valores que se escapan de la tendencia.

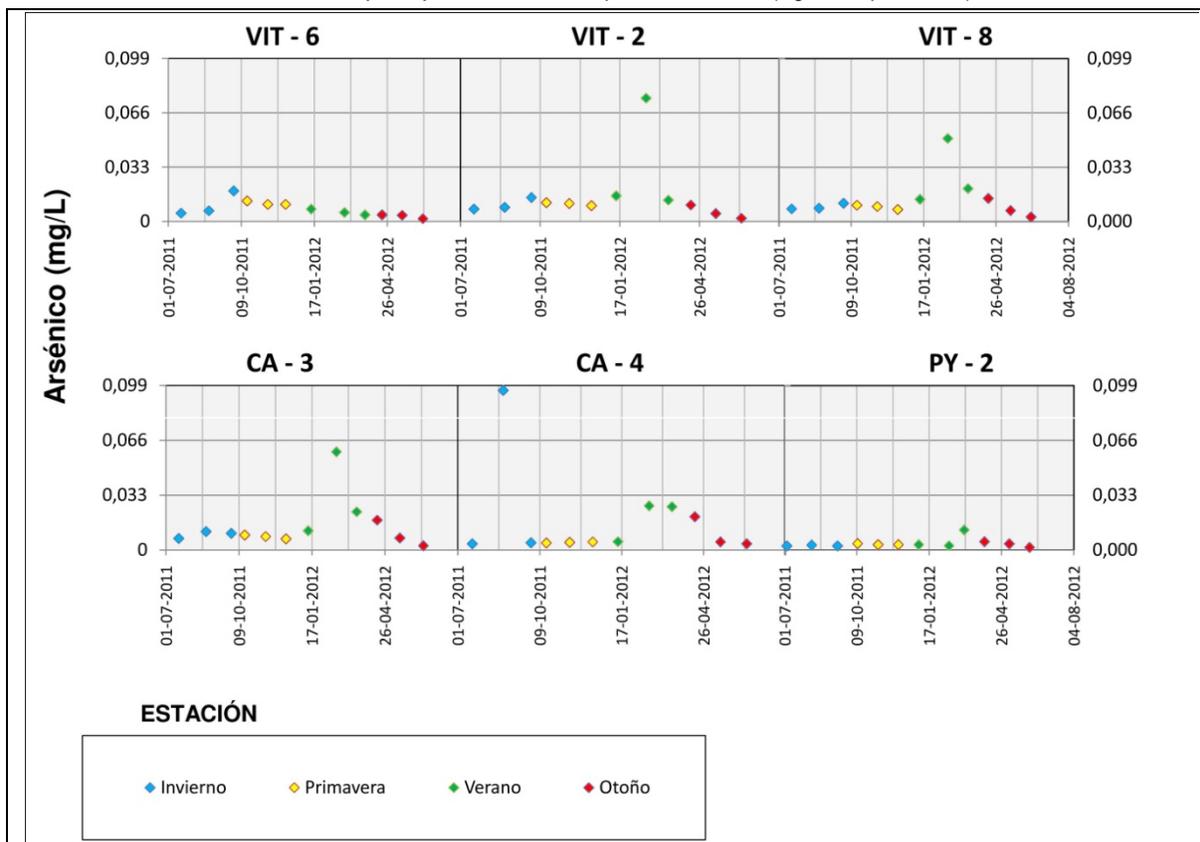
Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : ARSÉNICO

**Tabla 4.3.1(xxxiv): Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 0,007    | 0,005               | 0,002  | 0,019  |
| VIT-2           | 12 | 0,015    | 0,019               | 0,002  | 0,075  |
| VIT-8           | 12 | 0,013    | 0,012               | 0,003  | 0,051  |
| CA-3            | 12 | 0,014    | 0,015               | 0,003  | 0,059  |
| CA-4            | 12 | 0,017    | 0,026               | 0,004  | 0,096  |
| PY-2            | 12 | 0,004    | 0,003               | 0,002  | 0,012  |

**Gráfico 4.3.1(xxxiv): Arsénico v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

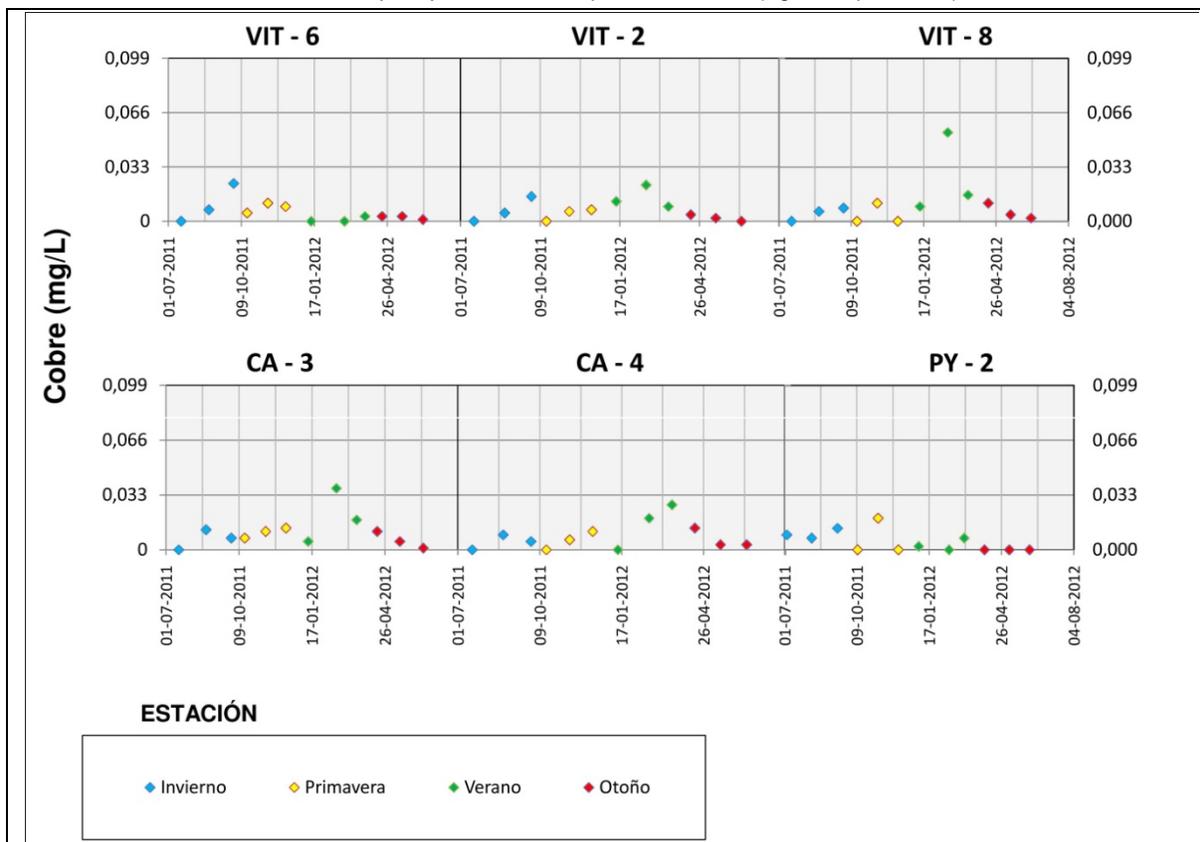
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de arsénico se mantienen relativamente constantes excepto para los periodos en verano y en CA -4 en invierno.

Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : COBRE

**Tabla 4.3.1(xxxv): Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 0,007    | 0,007               | 0,001  | 0,023  |
| VIT-2           | 12 | 0,009    | 0,006               | 0,002  | 0,022  |
| VIT-8           | 12 | 0,013    | 0,016               | 0,002  | 0,054  |
| CA-3            | 12 | 0,012    | 0,010               | 0,001  | 0,037  |
| CA-4            | 12 | 0,011    | 0,008               | 0,003  | 0,027  |
| PY-2            | 12 | 0,010    | 0,006               | 0,002  | 0,019  |

**Gráfico 4.3.1(xxxv): Cobre v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

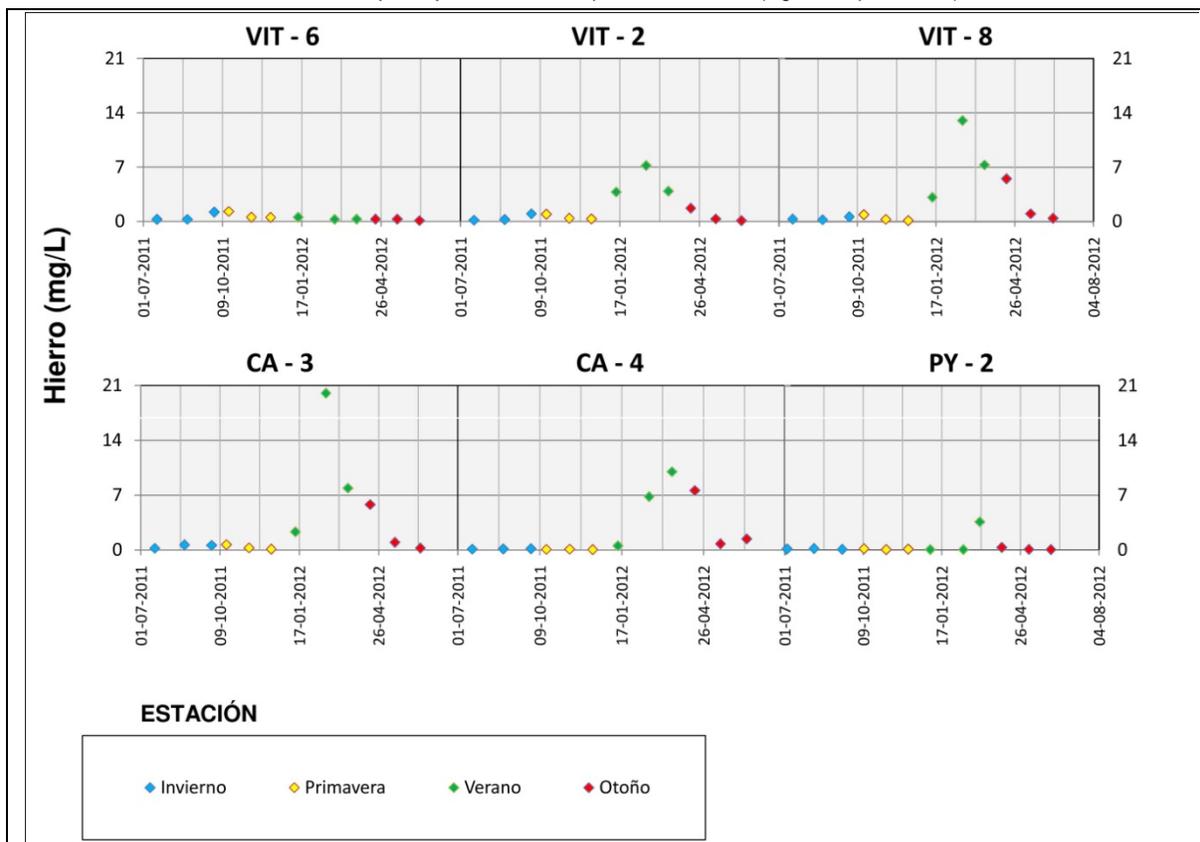
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de cobre son relativamente bajos (menores a 0,033 mg/l de concentración), salvo en el monitoreo en verano de los puntos **VIT-8** y **CA-3**, donde se aprecian un registro elevado.

Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : HIERRO

**Tabla 4.3.1(xxxvi): Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 0,494    | 0,377               | 0,120  | 1,300  |
| VIT-2           | 12 | 1,677    | 2,195               | 0,100  | 7,200  |
| VIT-8           | 12 | 2,725    | 3,995               | 0,110  | 13,000 |
| CA-3            | 12 | 3,309    | 5,817               | 0,100  | 20,000 |
| CA-4            | 12 | 2,311    | 3,603               | 0,050  | 10,000 |
| PY-2            | 12 | 0,402    | 1,011               | 0,040  | 3,600  |

**Gráfico 4.3.1(xxxvi): Hierro v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

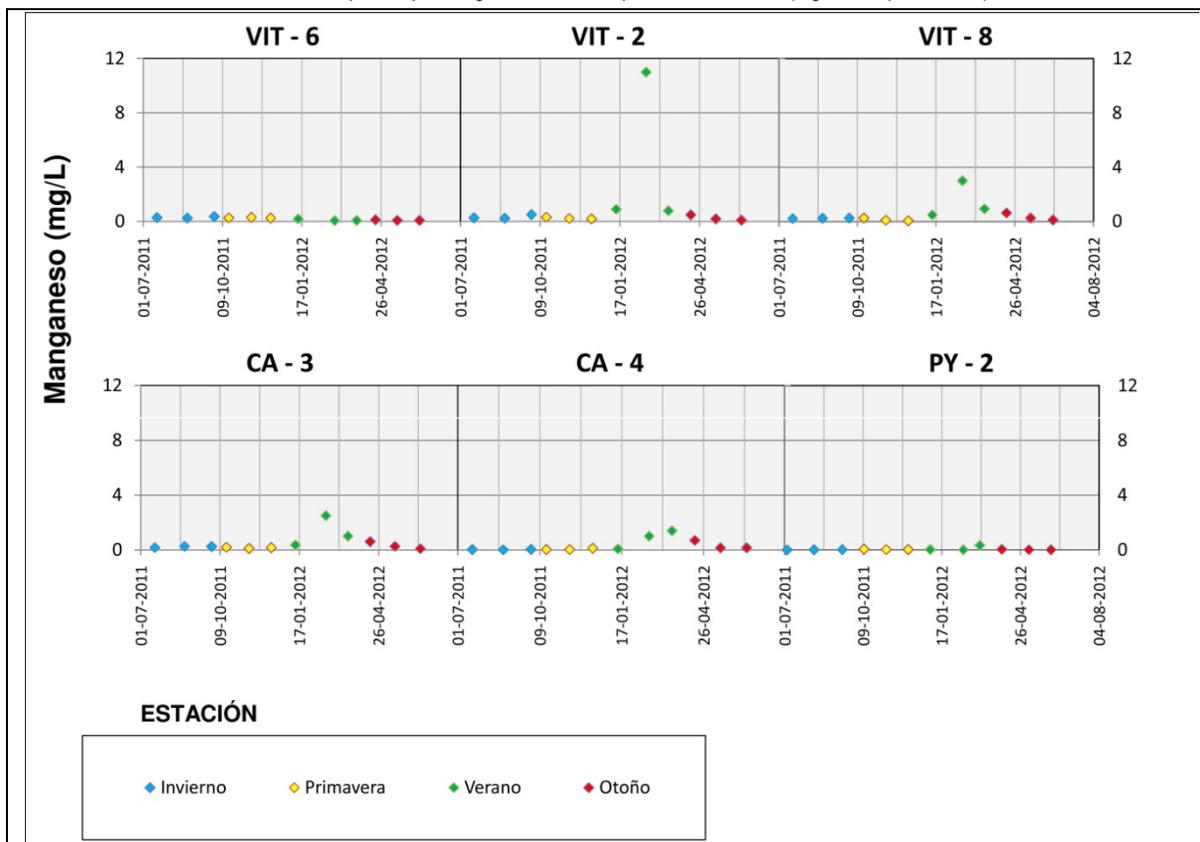
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de hierro se mantienen relativamente constantes, aún cuando se observan valores que se escapan de la tendencia en verano.

Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : MANGANESO

**Tabla 4.3.1(xxxvii): Estadística Descriptiva Concentración Manganeso (mg/l) — Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 0,193    | 0,105               | 0,064  | 0,363  |
| VIT-2           | 12 | 1,264    | 3,076               | 0,091  | 11,000 |
| VIT-8           | 12 | 0,541    | 0,815               | 0,045  | 3,000  |
| CA-3            | 12 | 0,497    | 0,680               | 0,092  | 2,500  |
| CA-4            | 12 | 0,310    | 0,463               | 0,016  | 1,400  |
| PY-2            | 12 | 0,053    | 0,093               | 0,007  | 0,345  |

**Gráfico 4.3.1(xxxvii): Manganeso v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

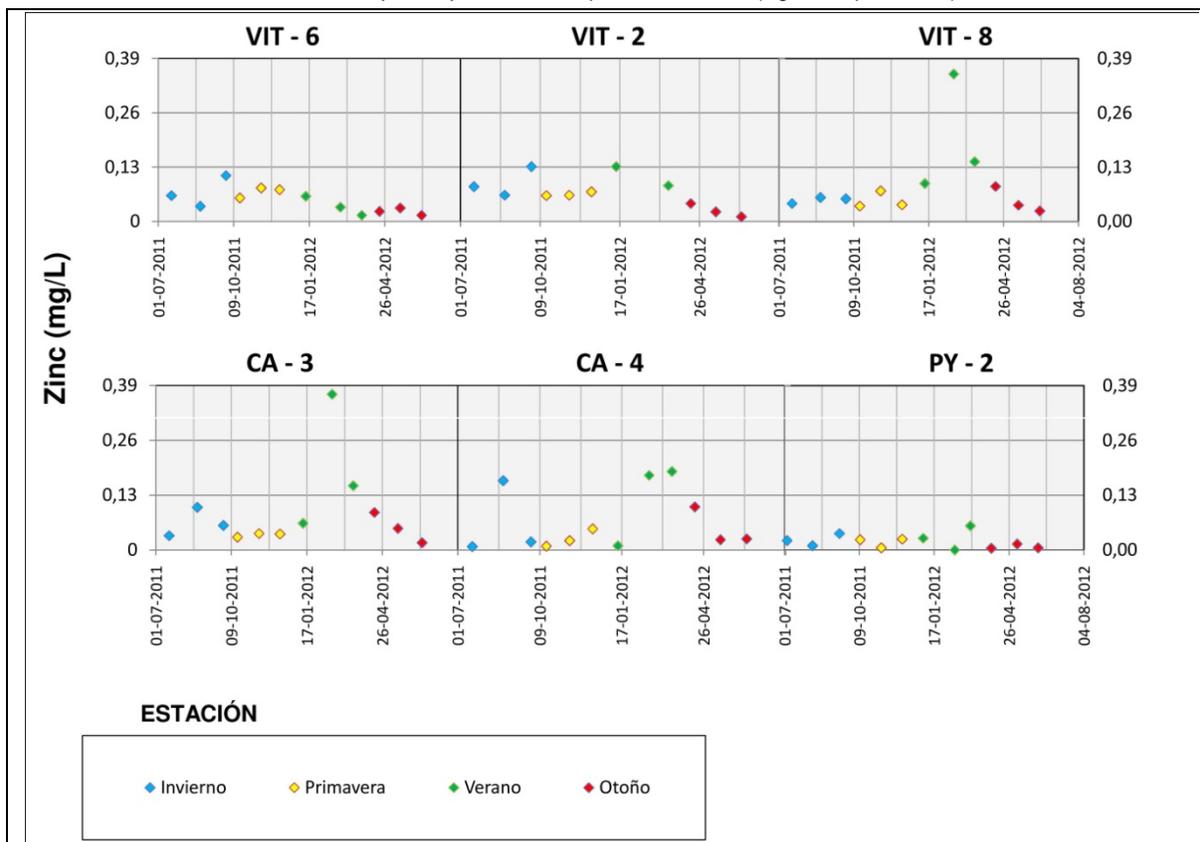
- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de manganeso se mantienen relativamente constantes en valores cercanos a cero. Aún cuando se observan valores que se escapan de la tendencia en la estación de verano.

Línea de Flujo: DEL CARMEN

Parámetro : ZINC

**Tabla 4.3.1(xxxviii): Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| VIT-6           | 12 | 0,050    | 0,029               | 0,015  | 0,110  |
| VIT-2           | 12 | 0,103    | 0,122               | 0,011  | 0,472  |
| VIT-8           | 12 | 0,087    | 0,090               | 0,025  | 0,353  |
| CA-3            | 12 | 0,087    | 0,096               | 0,017  | 0,369  |
| CA-4            | 12 | 0,066    | 0,071               | 0,008  | 0,186  |
| PY-2            | 12 | 0,021    | 0,016               | 0,004  | 0,057  |

**Gráfico 4.3.1(xxxviii): Zinc v/s tiempo – Del Carmen (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

- En términos generales, a lo largo de la línea de flujo, los niveles de concentración de zinc son relativamente bajos (menores a 0,15 mg/l de concentración).

### 4.3.2 Aguas Subterráneas

En la **Tabla 4.3.2** se indican las líneas de flujo en las que se presentan los resultados del monitoreo correspondiente a los parámetros indicadores de drenaje ácido natural.

**Tabla 4.3.2:** Índice resultado del monitoreo (Ficha Parámetros DAR – Aguas Subterráneas).

| LÍNEA DE FLUJO         | PARÁMETRO                   |
|------------------------|-----------------------------|
| Del Estrecho           | pH                          |
|                        | Conduc. Eléctrica (µmho/cm) |
|                        | Sulfatos (mg/l)             |
|                        | Aluminio (mg/l)             |
|                        | Arsénico (mg/l)             |
|                        | Cobre (mg/l)                |
|                        | Hierro (mg/l)               |
|                        | Hierro 2+ (mg/l)            |
|                        | Hierro 3+ (mg/l)            |
|                        | Manganeso (mg/l)            |
|                        | Zinc (mg/l)                 |
| El Toro/Tres Quebradas | pH                          |
|                        | Conduc. Eléctrica (µmho/cm) |
|                        | Sulfatos (mg/l)             |
|                        | Aluminio (mg/l)             |
|                        | Arsénico (mg/l)             |
|                        | Cobre (mg/l)                |
|                        | Hierro (mg/l)               |
|                        | Hierro 2+ (mg/l)            |
|                        | Hierro 3+ (mg/l)            |
|                        | Zinc (mg/l)                 |

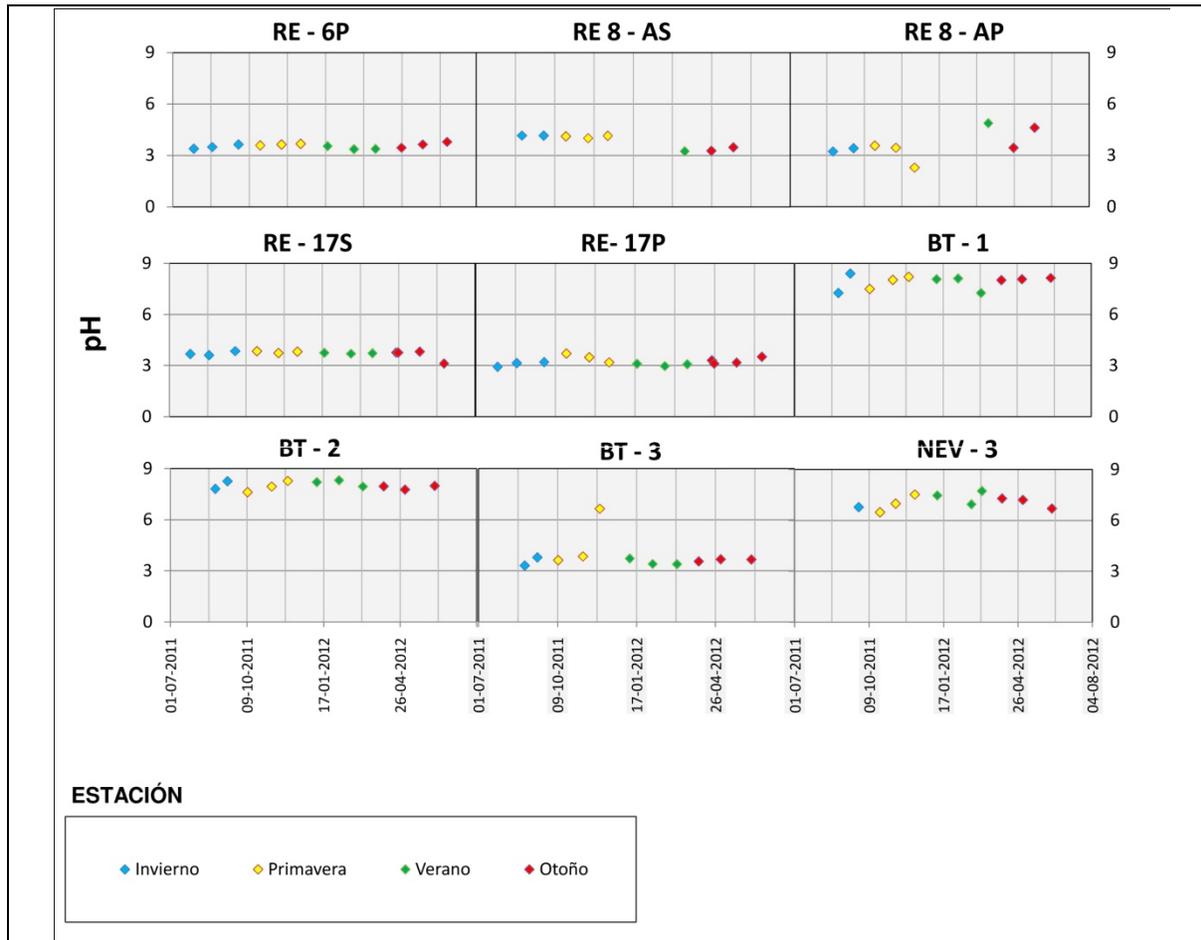
Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : pH

**Tabla 4.3.2(i): Estadística Descriptiva pH – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 3,55     | 0,14                | 3,36   | 3,79   |
| RE-8AS         | 8  | 3,82     | 0,42                | 3,24   | 4,16   |
| RE-8AP         | 8  | 3,61     | 0,81                | 2,29   | 4,87   |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 3,70     | 0,19                | 3,11   | 3,85   |
| RE-17P         | 13 | 3,22     | 0,22                | 2,92   | 3,70   |
| BT-1           | 11 | 7,91     | 0,39                | 7,25   | 8,39   |
| BT-2           | 11 | 8,01     | 0,23                | 7,61   | 8,31   |
| BT-3           | 11 | 3,88     | 0,94                | 3,31   | 6,65   |
| NEV-3          | 10 | 7,11     | 0,40                | 6,48   | 7,73   |

**Gráfico 4.3.2(i): pH v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**



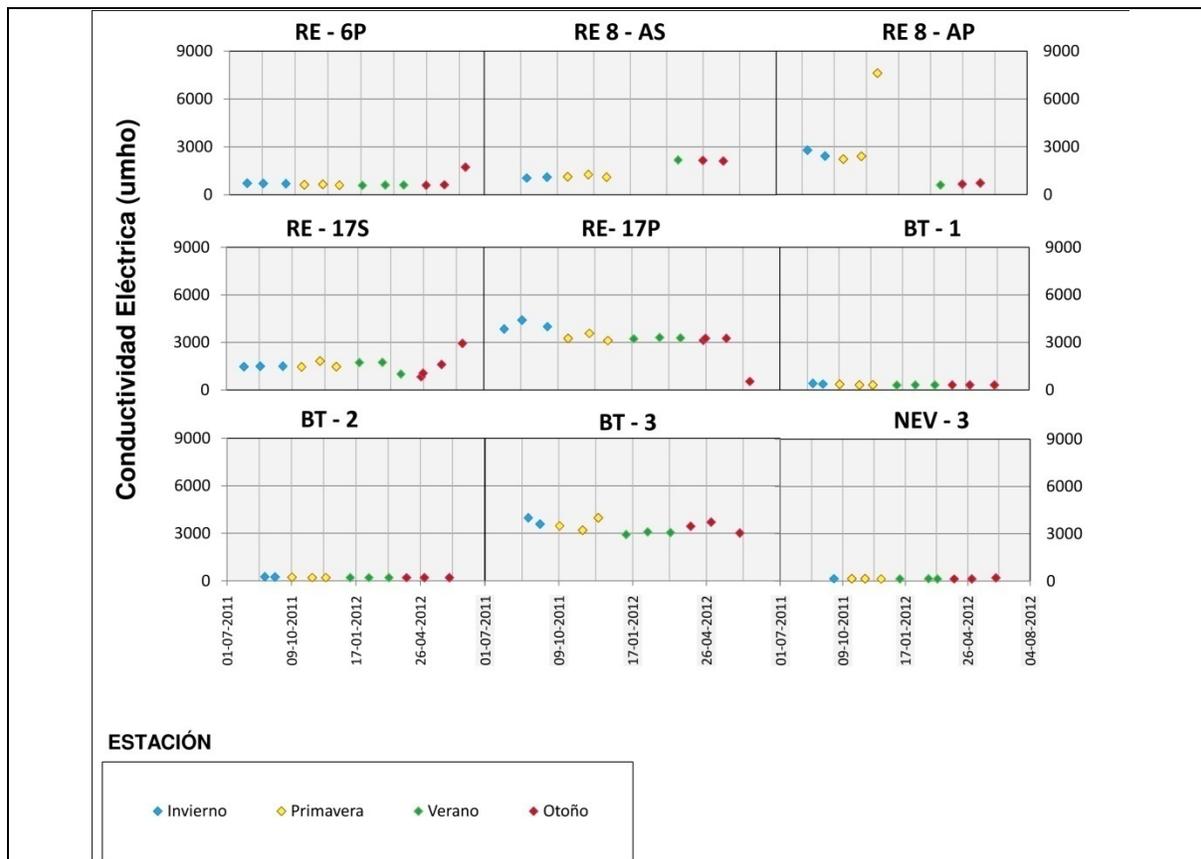
**Observaciones:**

- El pH se observa en niveles ácidos en la mayoría de los pozos, salvo en BT-1, BT-2 y NEV-3.
- Se observa una relativa homogeneidad de los valores en el tiempo.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

 Parámetro : **Conductividad Eléctrica**
**Tabla 4.3.2 (ii): Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO  | MÁXIMO  |
|----------------|----|----------|---------------------|---------|---------|
| RE-6P          | 12 | 725,83   | 316,93              | 583,00  | 1722,00 |
| RE-8AS         | 8  | 1508,00  | 531,54              | 1049,00 | 2180,00 |
| RE-8AP         | 8  | 2430,13  | 2278,62             | 604,00  | 7610,00 |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -       | -       |
| RE-17S         | 13 | 1546,77  | 512,86              | 831,00  | 2938,00 |
| RE-17P         | 13 | 3244,62  | 900,14              | 542,00  | 4409,00 |
| BT-1           | 11 | 329,18   | 34,01               | 302,00  | 405,00  |
| BT-2           | 11 | 219,91   | 19,84               | 204,00  | 263,00  |
| BT-3           | 11 | 3404,36  | 379,38              | 2923,00 | 3980,00 |
| NEV-3          | 10 | 153,60   | 19,35               | 140,00  | 206,00  |
| RE-6P          | 12 | 725,83   | 316,93              | 583,00  | 1722,00 |

**Gráfico 4.3.2(ii): Conductividad Eléctrica v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

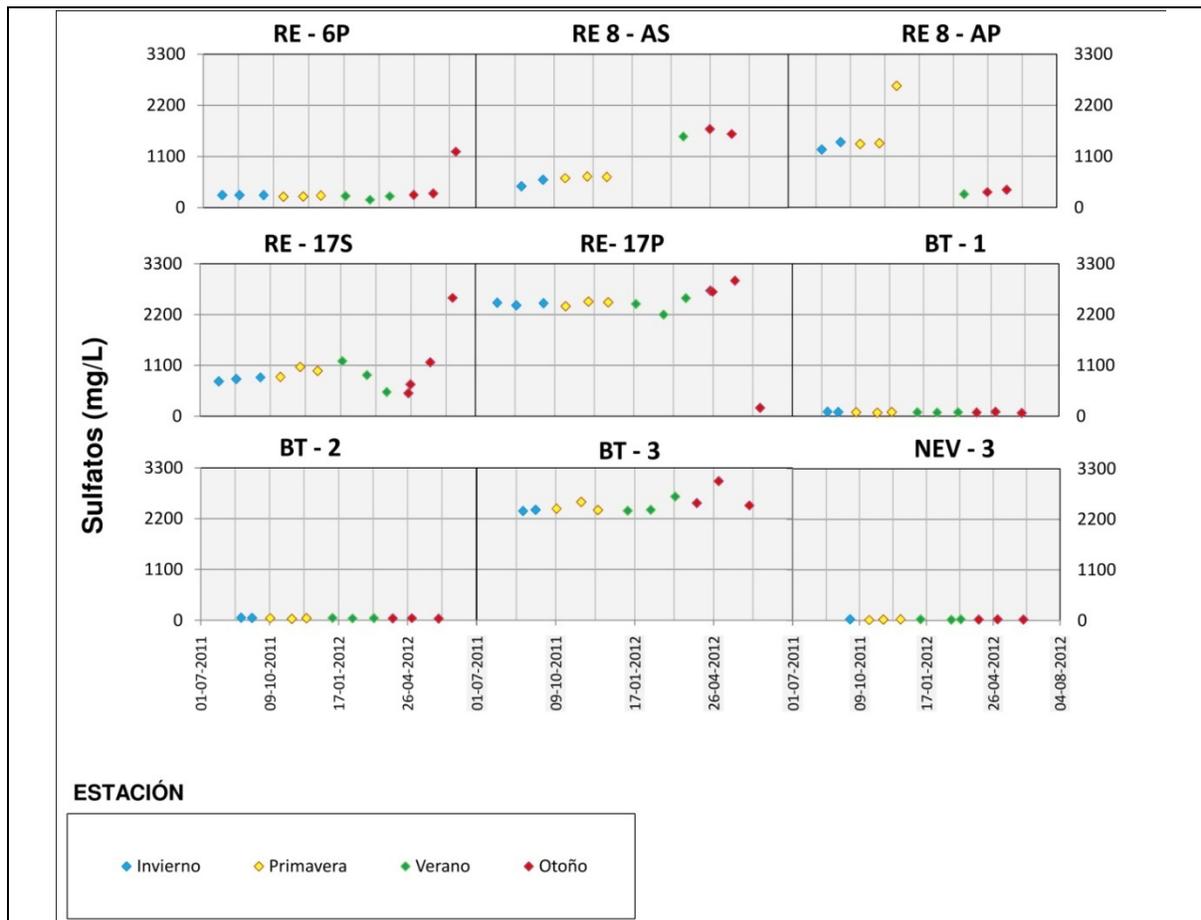
- Los pozos **BIT-1**, **BIT-2**, **NEV-3** registran bajos niveles de Conductividad Eléctrica. El resto de los pozos presenta un tendencia a aumentar los valores (en el tiempo), salvo para **BT-3** y **8 - AP**.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : SULFATOS

**Tabla 4.3.2(iii): Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO  | MÁXIMO  |
|----------------|----|----------|---------------------|---------|---------|
| RE-6P          | 12 | 331,25   | 277,01              | 170,00  | 1205,00 |
| RE-8AS         | 8  | 977,13   | 521,93              | 458,00  | 1688,00 |
| RE-8AP         | 8  | 1128,75  | 786,03              | 288,00  | 2619,00 |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -       | -       |
| RE-17S         | 13 | 987,38   | 519,95              | 498,00  | 2564,00 |
| RE-17P         | 13 | 2333,08  | 672,05              | 181,00  | 2934,00 |
| BT-1           | 11 | 83,64    | 8,27                | 71,00   | 95,00   |
| BT-2           | 11 | 44,09    | 6,98                | 29,00   | 53,00   |
| BT-3           | 11 | 2509,18  | 195,37              | 2366,00 | 3016,00 |
| NEV-3          | 10 | 22,20    | 4,52                | 13,00   | 27,00   |

**Gráfico 4.3.2(iii): Sulfatos v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

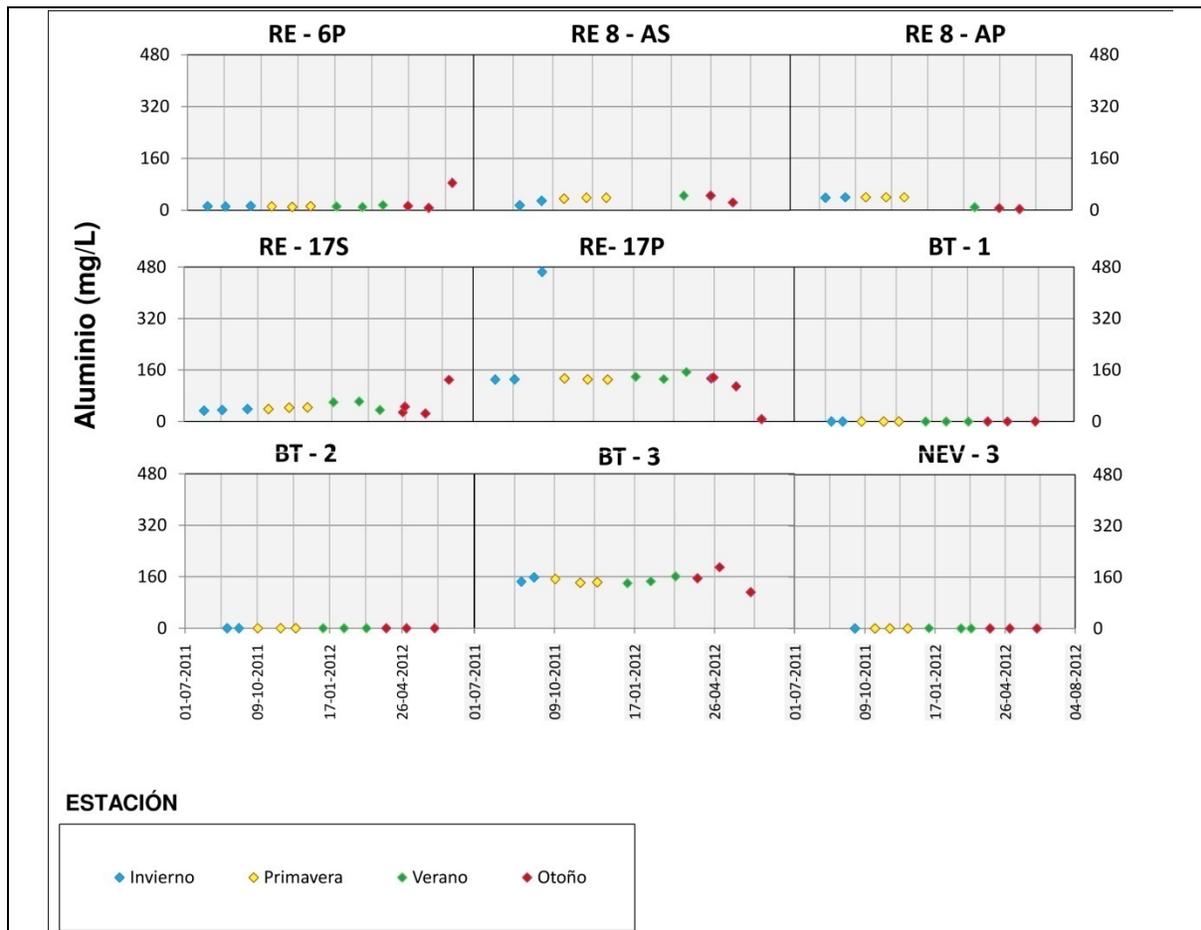
- Los pozos **BT-1**, **BT-2** y **NEV-3** registran concentraciones bajas de Sulfatos. El resto de los pozos presenta una relativa homogeneidad de concentración de sulfatos en el tiempo, salvo para **RE-17(P y S)**.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : ALUMINIO

**Tabla 4.3.2(iv): Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 17,48    | 21,06               | 7,10   | 84,00  |
| RE-8AS         | 8  | 33,63    | 10,42               | 15,00  | 45,00  |
| RE-8AP         | 8  | 27,15    | 17,27               | 3,40   | 40,00  |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 47,92    | 26,84               | 25,00  | 130,00 |
| RE-17P         | 13 | 148,71   | 101,63              | 7,20   | 465,00 |
| BT-1           | 11 | 0,06     | 0,06                | 0,02   | 0,19   |
| BT-2           | 11 | 0,13     | 0,13                | 0,02   | 0,31   |
| BT-3           | 11 | 149,45   | 18,79               | 112,00 | 190,00 |
| NEV-3          | 10 | 0,24     | 0,35                | 0,05   | 1,10   |

**Gráfico 4.3.2(iv): Aluminio v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

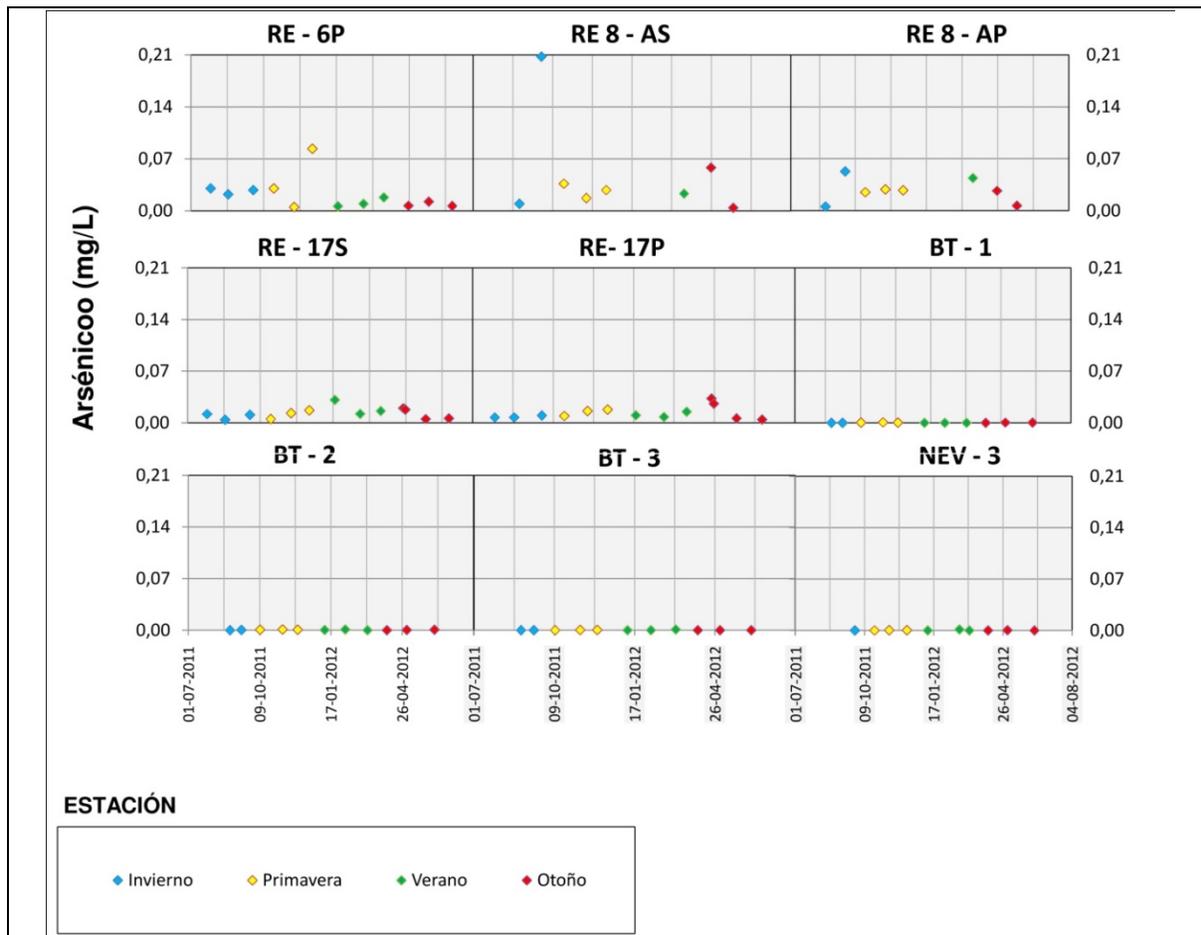
- Los pozos RE-6P, BT-1, BT-2 y NEV-3 registran bajos valores de Aluminio. El resto de los pozos presenta una relativa homogeneidad de concentración de aluminio en el tiempo, salvo para RE-17 (P y S).

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : ARSÉNICO

**Tabla 4.3.2(v): Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 0,0215   | 0,0218              | 0,0050 | 0,0835 |
| RE-8AS         | 8  | 0,0479   | 0,0666              | 0,0039 | 0,2075 |
| RE-8AP         | 8  | 0,0272   | 0,0162              | 0,0055 | 0,0530 |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 0,0131   | 0,0075              | 0,0041 | 0,0310 |
| RE-17P         | 13 | 0,0131   | 0,0084              | 0,0044 | 0,0330 |
| BT-1           | 11 | 0,0003   | 0,0002              | 0,0001 | 0,0007 |
| BT-2           | 11 | 0,0006   | 0,0002              | 0,0004 | 0,0008 |
| BT-3           | 11 | 0,0005   | 0,0005              | 0,0002 | 0,0010 |
| NEV-3          | 10 | 0,0004   | 0,0004              | 0,0001 | 0,0014 |

**Gráfico 4.3.2(v): Arsénico v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

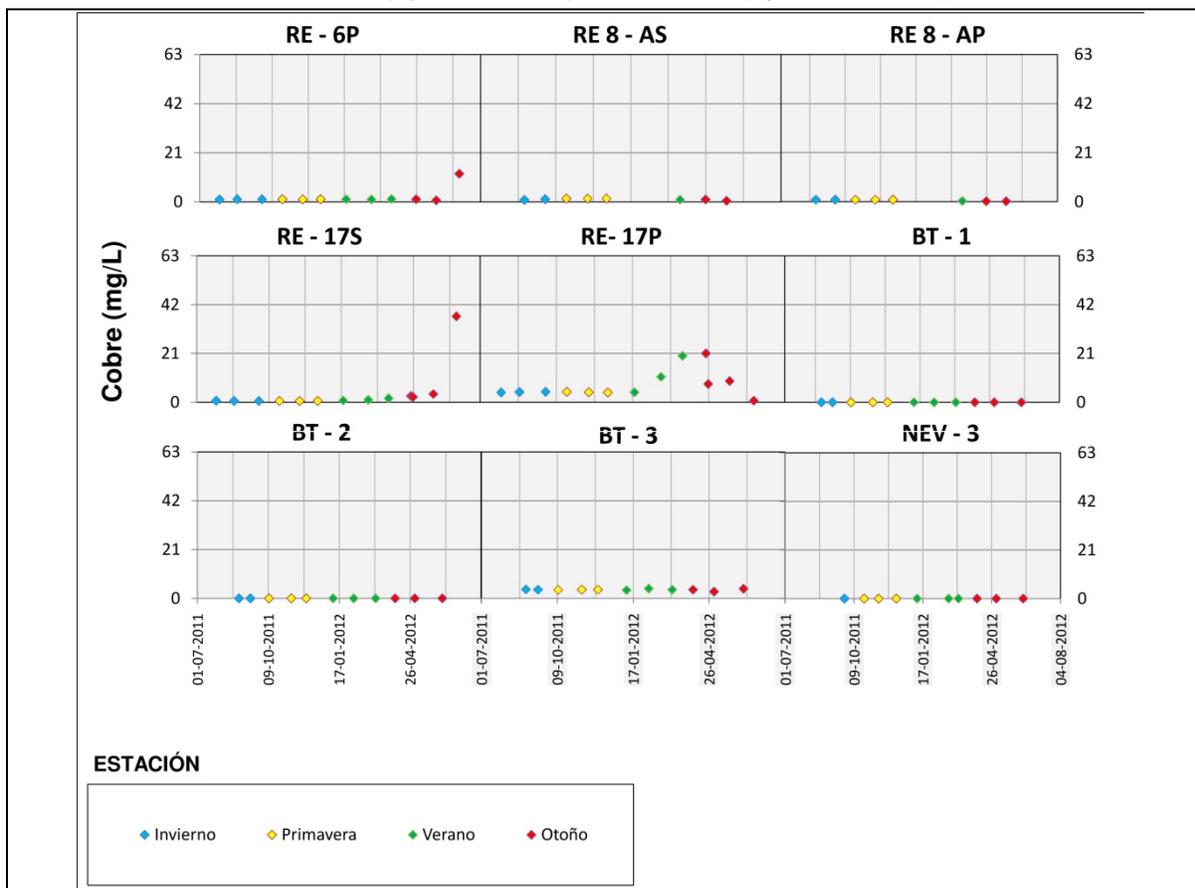
- El Arsénico presenta homogeneidad en los valores de concentración de Arsénico en todos los puntos de monitoreos.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : COBRE

**Tabla 4.3.2(vi): Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) –Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 1,954    | 3,166               | 0,653  | 12,000 |
| RE-8AS         | 8  | 1,065    | 0,336               | 0,446  | 1,400  |
| RE-8AP         | 8  | 0,676    | 0,352               | 0,199  | 0,950  |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 4,059    | 9,947               | 0,550  | 37,000 |
| RE-17P         | 13 | 7,699    | 6,253               | 0,691  | 21,000 |
| BT-1           | 11 | 0,007    | 0,004               | 0,001  | 0,011  |
| BT-2           | 11 | 0,003    | 0,003               | 0,001  | 0,007  |
| BT-3           | 11 | 3,764    | 0,332               | 2,900  | 4,200  |
| NEV-3          | 10 | 0,008    | 0,012               | 0,003  | 0,032  |

**Gráfico 4.3.2(vi): Cobre v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

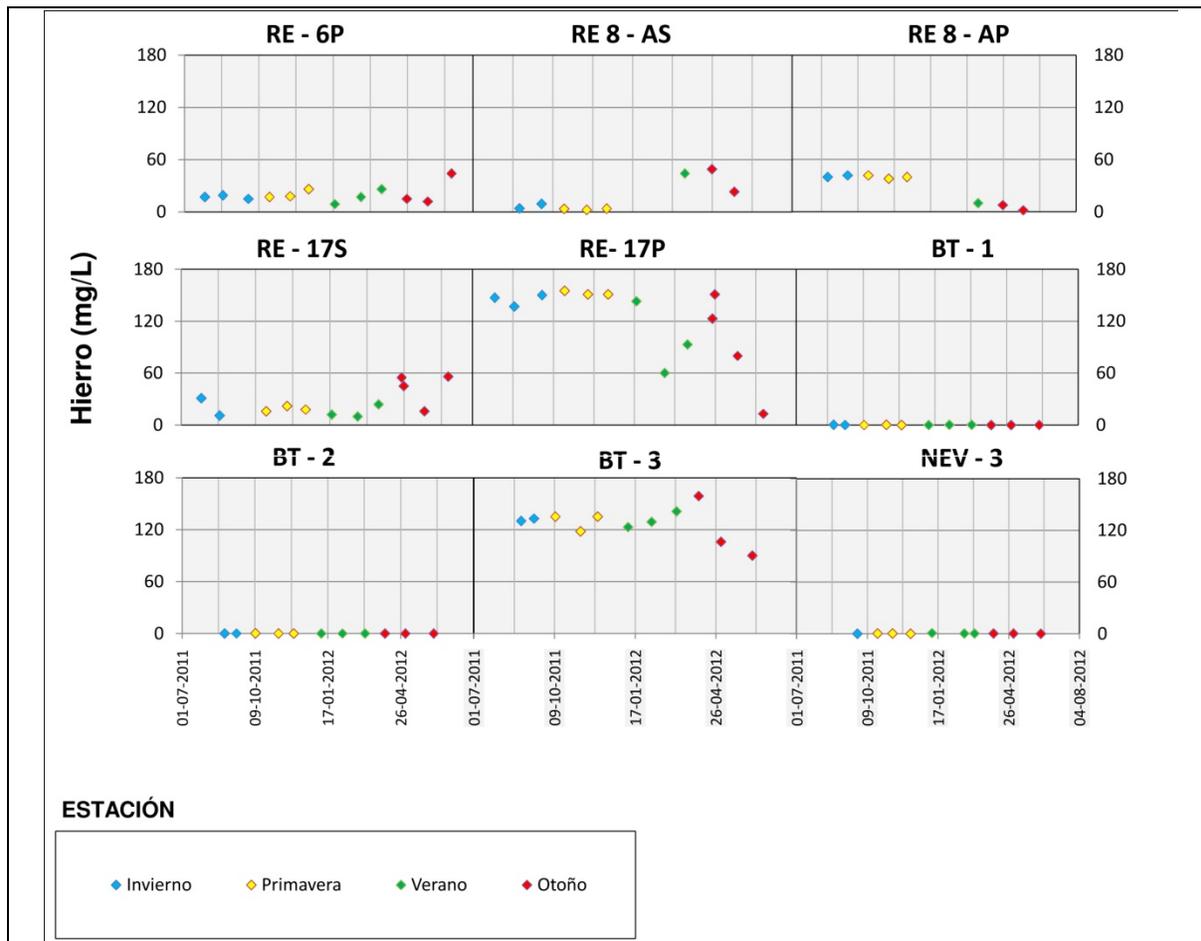
- Los pozos BT-1, BT-2 y NEV-3 registran bajas concentraciones de cobre. El resto de los pozos presenta una relativa homogeneidad de concentración de cobre en el tiempo, salvo para RE-17 (P y S), en donde se aprecia un aumento en las concentraciones en otoño.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : HIERRO

**Tabla 4.3.2(vii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 19,58    | 9,11                | 9,00   | 44,00  |
| RE-8AS         | 8  | 17,30    | 19,27               | 2,40   | 49,00  |
| RE-8AP         | 8  | 27,71    | 17,70               | 1,90   | 42,00  |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 26,00    | 16,08               | 10,00  | 56,00  |
| RE-17P         | 13 | 119,54   | 44,66               | 13,00  | 155,00 |
| BT-1           | 11 | 0,07     | 0,05                | 0,01   | 0,18   |
| BT-2           | 11 | 0,08     | 0,12                | 0,01   | 0,34   |
| BT-3           | 11 | 127,18   | 18,18               | 90,00  | 159,00 |
| NEV-3          | 10 | 0,31     | 0,28                | 0,03   | 0,98   |

**Gráfico 4.3.2(vii): Hierro v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

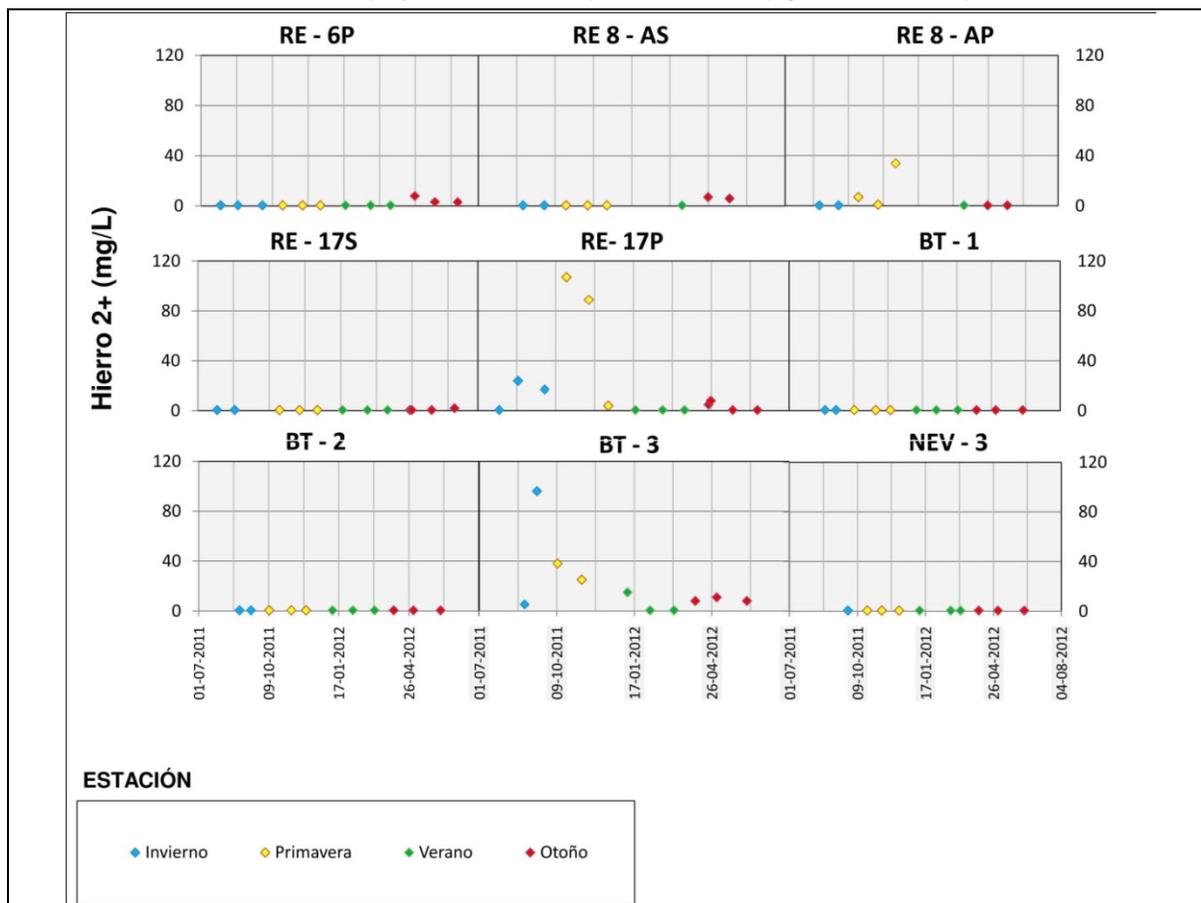
- Los pozos BT-1, BT-2 y NEV-3 registran concentraciones casi nulas. El resto de los pozos presenta una distribución homogénea de concentración, salvo en otoño, donde las concentraciones tienden a aumentar.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : HIERRO 2+

**Tabla 4.3.2(viii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro 2+ (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 1,57     | 2,27                | 0,50   | 8,00   |
| RE-8AS         | 8  | 1,98     | 2,76                | 0,50   | 7,00   |
| RE-8AP         | 8  | 5,56     | 11,71               | 0,50   | 34,00  |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 0,62     | 0,42                | 0,50   | 2,00   |
| RE-17P         | 13 | 19,77    | 35,66               | 0,50   | 107,00 |
| BT-1           | 11 | 0,50     | 0,00                | 0,50   | 0,50   |
| BT-2           | 11 | 0,50     | 0,00                | 0,50   | 0,50   |
| BT-3           | 11 | 31,13    | 43,99               | 0,50   | 135,00 |
| NEV-3          | 10 | 0,50     | 0,00                | 0,50   | 0,50   |

**Gráfico 4.3.2(viii): Hierro 2+ v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

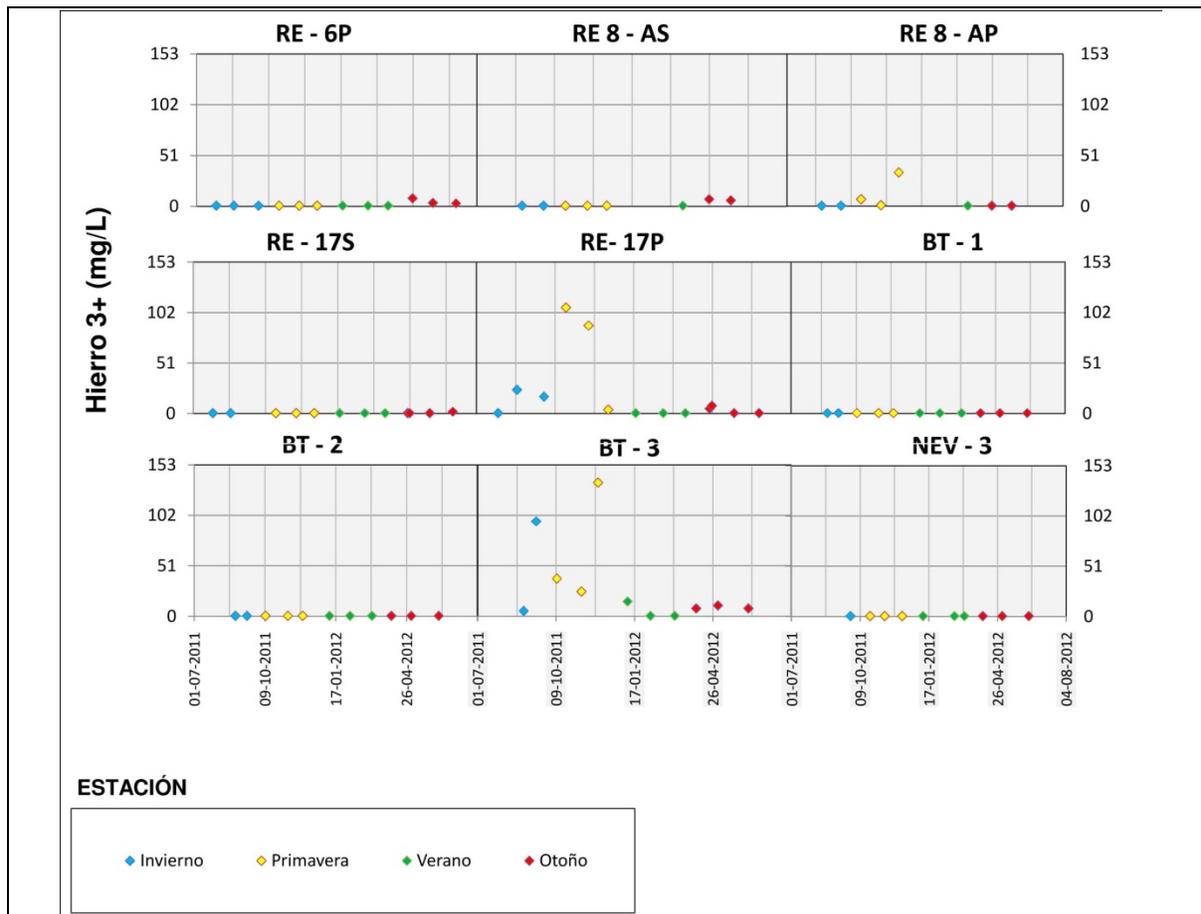
- Los pozos BT-1, BT-2 y NEV-3 registran concentraciones casi nulas. El resto de los pozos presenta una distribución homogénea de concentración, salvo en primavera e invierno, donde las concentraciones tienden a aumentar.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : HIERRO 3+

**Tabla 4.3.2(ix): Estadística Descriptiva Concentración Hierro 3+ (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 21,42    | 14,86               | 7,00   | 65,00  |
| RE-8AS         | 8  | 18,40    | 19,68               | 2,10   | 44,00  |
| RE-8AP         | 8  | 22,29    | 17,65               | 0,50   | 42,00  |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 28,15    | 17,58               | 10,00  | 66,00  |
| RE-17P         | 13 | 99,92    | 44,38               | 12,00  | 147,00 |
| BT-1           | 11 | 0,50     | 0,00                | 0,50   | 0,50   |
| BT-2           | 11 | 0,50     | 0,00                | 0,50   | 0,50   |
| BT-3           | 11 | 96,23    | 44,64               | 0,50   | 151,00 |
| NEV-3          | 10 | 0,50     | 0,00                | 0,50   | 0,50   |

**Gráfico 4.3.2(ix): Hierro 3+ v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

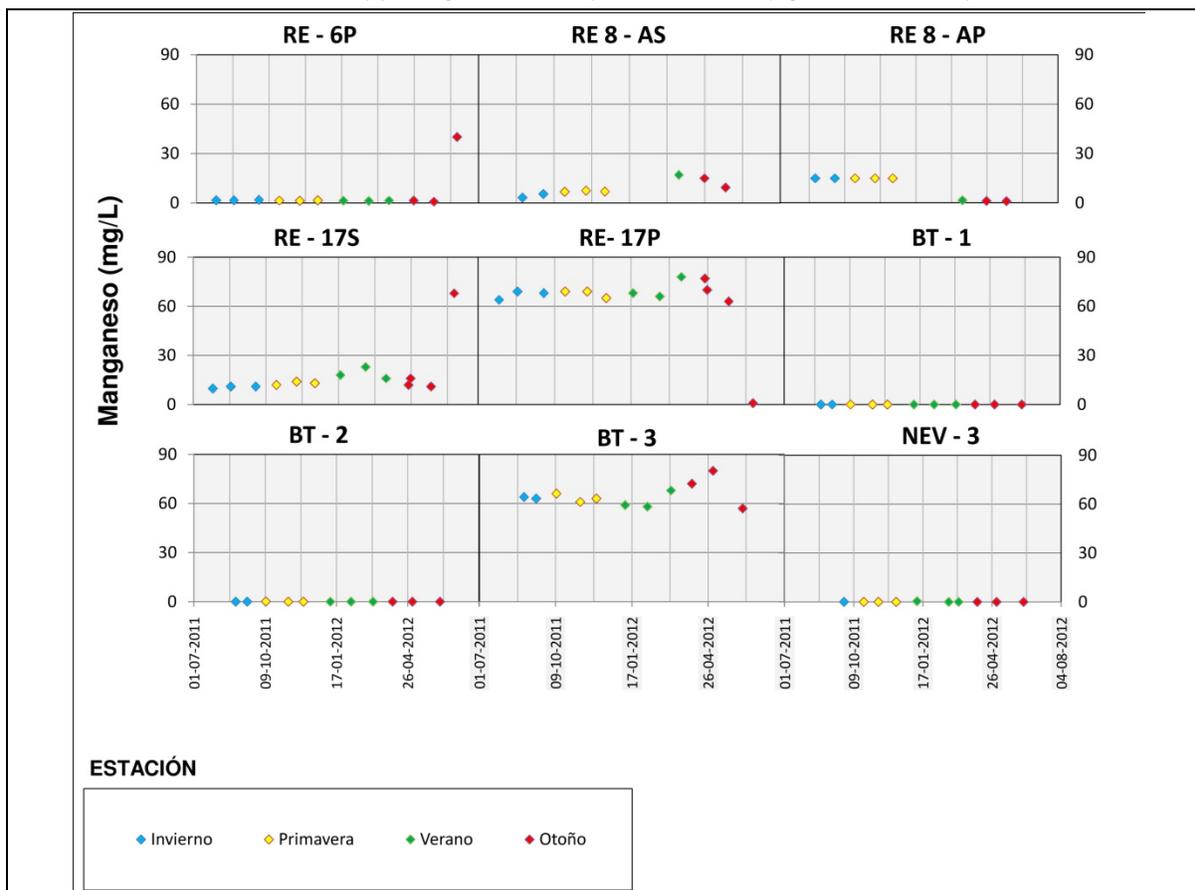
- Los pozos BT-1, BT-2 y NEV-3 registran concentraciones casi nulas. El resto de los pozos presenta una distribución homogénea de concentración, salvo en invierno y primavera, donde las concentraciones tienden a aumentar.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : MANGANESO

**Tabla 4.3.2(x): Estadística Descriptiva Concentración Manganeseo (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 4,635    | 11,140              | 0,815  | 40,000 |
| RE-8AS         | 8  | 8,875    | 4,757               | 3,200  | 17,000 |
| RE-8AP         | 8  | 9,837    | 7,127               | 0,994  | 15,000 |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 18,054   | 15,443              | 9,700  | 68,000 |
| RE-17P         | 13 | 63,598   | 19,386              | 0,771  | 78,000 |
| BT-1           | 11 | 0,013    | 0,012               | 0,002  | 0,026  |
| BT-2           | 11 | 0,042    | 0,076               | 0,001  | 0,156  |
| BT-3           | 11 | 64,636   | 6,757               | 57,000 | 80,000 |
| NEV-3          | 10 | 0,085    | 0,153               | 0,002  | 0,460  |

**Gráfico 4.3.2(x): Manganeseo v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

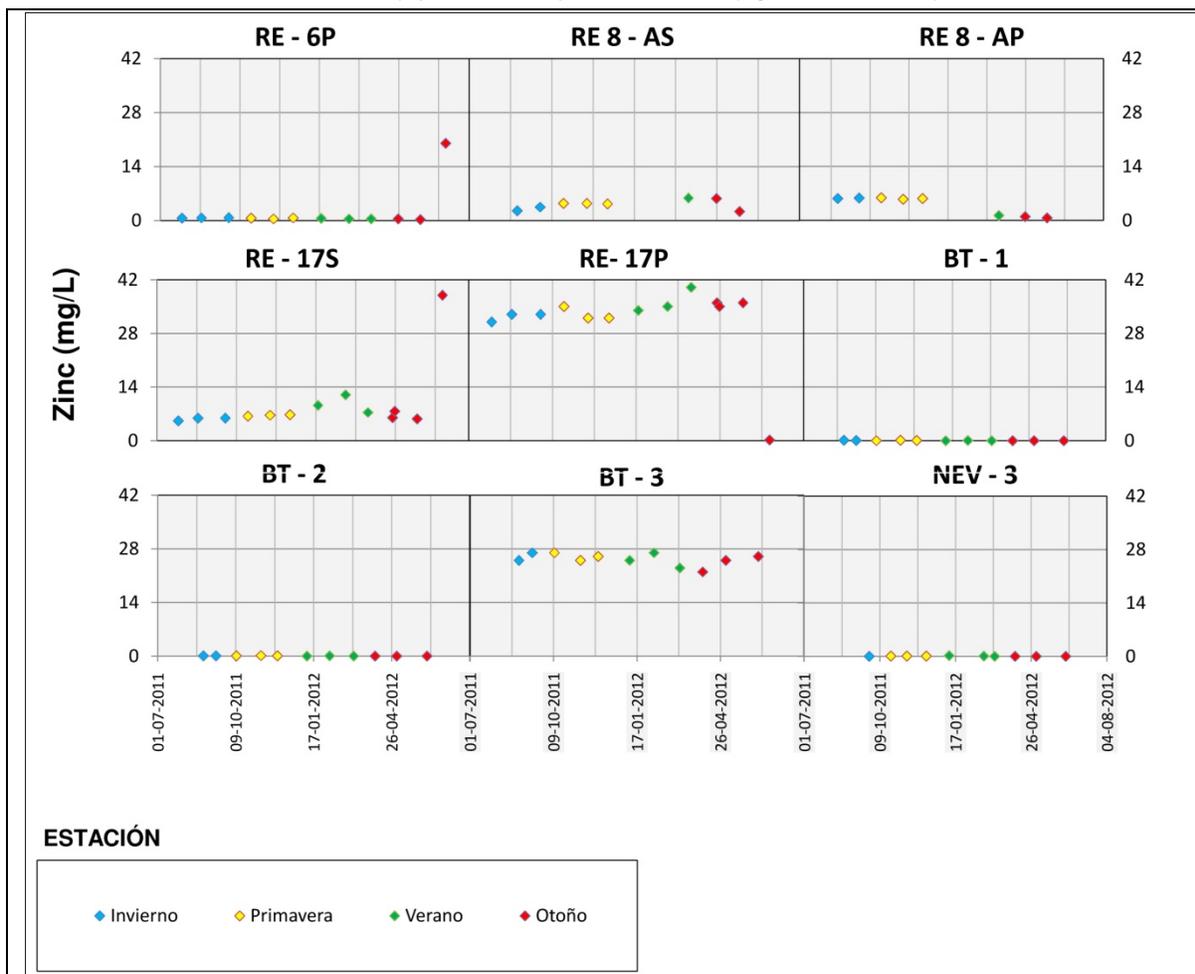
- Los pozos **BT-1**, **BT-2** y **NEV-3** registran concentraciones de manganeseo cercanas a cero. El resto de los pozos presenta una relativa homogeneidad de concentración de manganeseo en el tiempo, salvo para **RE-17P** y **BT-3**, en donde el nivel de concentración de Mn aumenta considerablemente.

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO

Parámetro : ZINC

**Tabla 4.3.2(xi): Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| RE-6P          | 12 | 2,153    | 5,622               | 0,225  | 20,000 |
| RE-8AS         | 8  | 4,113    | 1,300               | 2,300  | 5,800  |
| RE-8AP         | 8  | 3,945    | 2,459               | 0,670  | 5,900  |
| RE-15 (Well-1) | -  | -        | -                   | -      | -      |
| RE-17S         | 13 | 9,454    | 8,766               | 5,200  | 38,000 |
| RE-17P         | 13 | 31,708   | 9,746               | 0,206  | 40,000 |
| BT-1           | 11 | 0,043    | 0,039               | 0,001  | 0,108  |
| BT-2           | 11 | 0,047    | 0,047               | 0,003  | 0,150  |
| BT-3           | 11 | 25,273   | 1,618               | 22,000 | 27,000 |
| NEV-3          | 10 | 0,048    | 0,055               | 0,004  | 0,186  |

**Gráfico 4.3.2(xi): Zinc v/s tiempo – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

**Observaciones:**

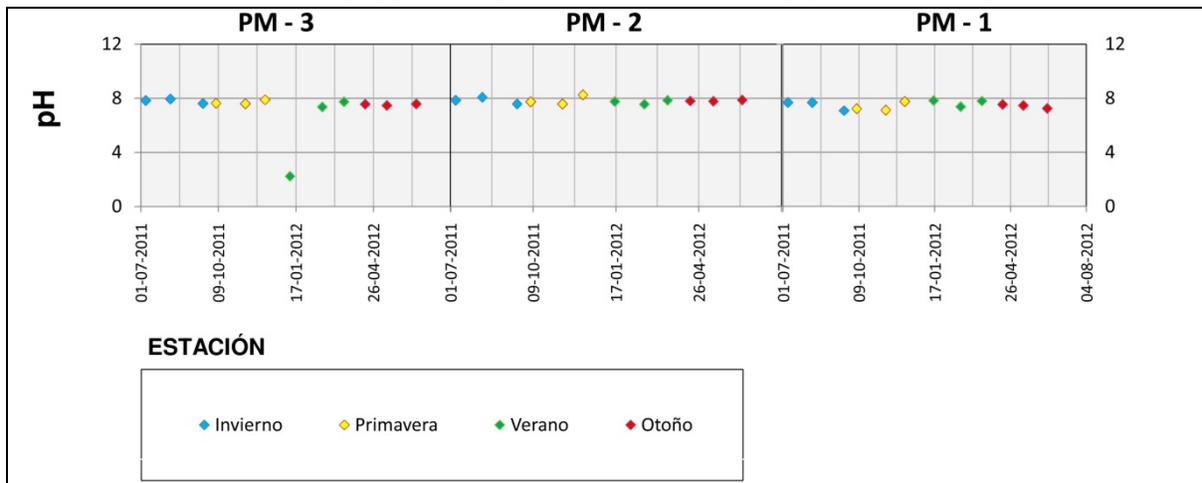
- En general los pozos registran bajas concentraciones de zinc, salvo el RE-17P y BT-3.

Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS Parámetro : pH

**Tabla 4.3.2(xii): Estadística Descriptiva pH – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 7,20     | 1,58                | 2,22   | 7,93   |
| PM-2           | 12 | 7,81     | 0,20                | 7,55   | 8,25   |
| PM-1           | 12 | 7,48     | 0,27                | 7,09   | 7,82   |

**Gráfico 4.3.2(xii): pH v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

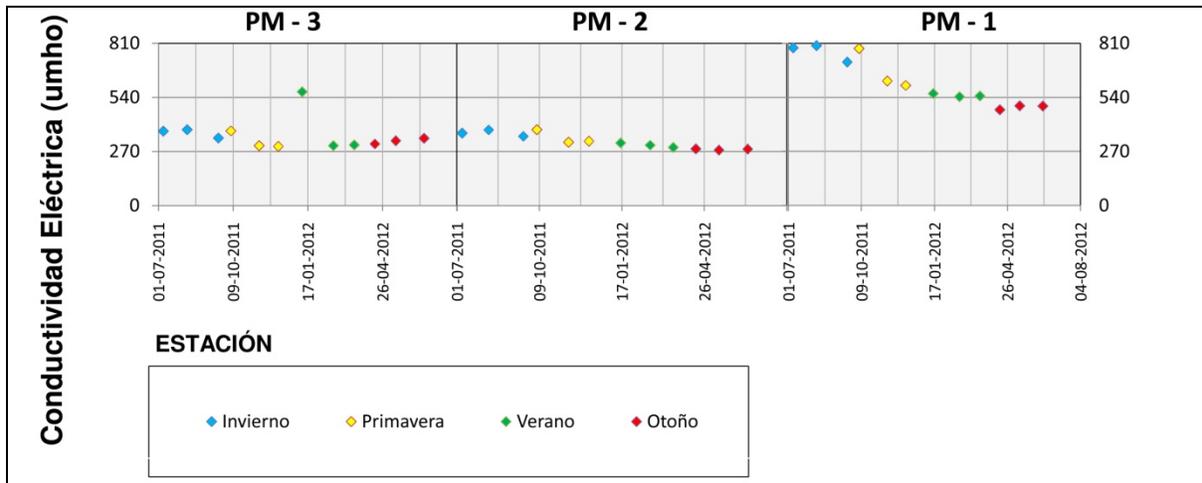
- Se observa valores relativamente estables dentro del rango de los niveles neutros y ligeramente alcalinos. Se aprecia una leve estacionalidad, reflejada en el comportamiento sinusoidal que muestran las gráficas.

Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS Parámetro : **Conductividad Eléctrica**

**Tabla 4.3.2(xiii): Estadística Descriptiva Conductividad Eléctrica – Del Estrecho (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 349,29   | 75,58               | 295,00 | 568,50 |
| PM-2           | 12 | 320,58   | 37,13               | 277,00 | 379,00 |
| PM-1           | 12 | 619,00   | 121,16              | 478,00 | 798,00 |

**Gráfico 4.3.2(xiii): Conductividad Eléctrica v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

- En PM-1 en la parte baja de la "línea de flujo" se registran mayores niveles de Conductividad Eléctrica.
- Se observa una cierta estacionalidad que se conserva en la "línea de flujo", con máximas concentraciones en invierno y mínimas en verano.

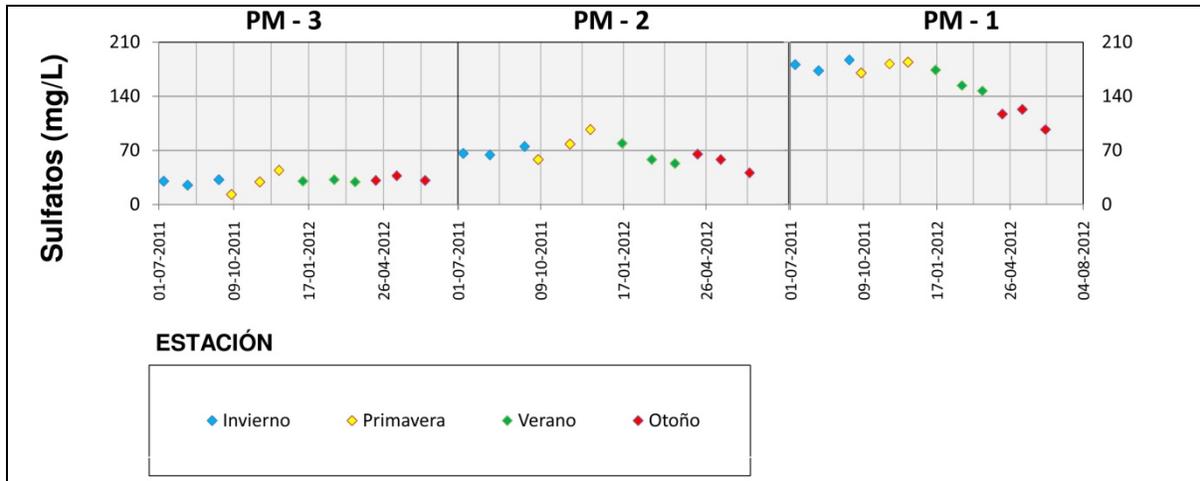
Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS

Parámetro : SULFATOS

**Tabla 4.3.2(xiv): Estadística Descriptiva Concentración Sulfatos (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 30,25    | 7,20                | 13,00  | 44,00  |
| PM-2           | 12 | 66,00    | 14,60               | 41,00  | 97,00  |
| PM-1           | 12 | 157,42   | 30,16               | 97,00  | 187,00 |

**Gráfico 4.3.2(xiv): Sulfatos v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

- A medida que se desciende en la “línea de flujo” se registran mayores concentraciones de sulfatos.
- Se observa una cierta estacionalidad que se conserva en la “línea de flujo”, con máximas concentraciones en primavera y mínimas en otoño.

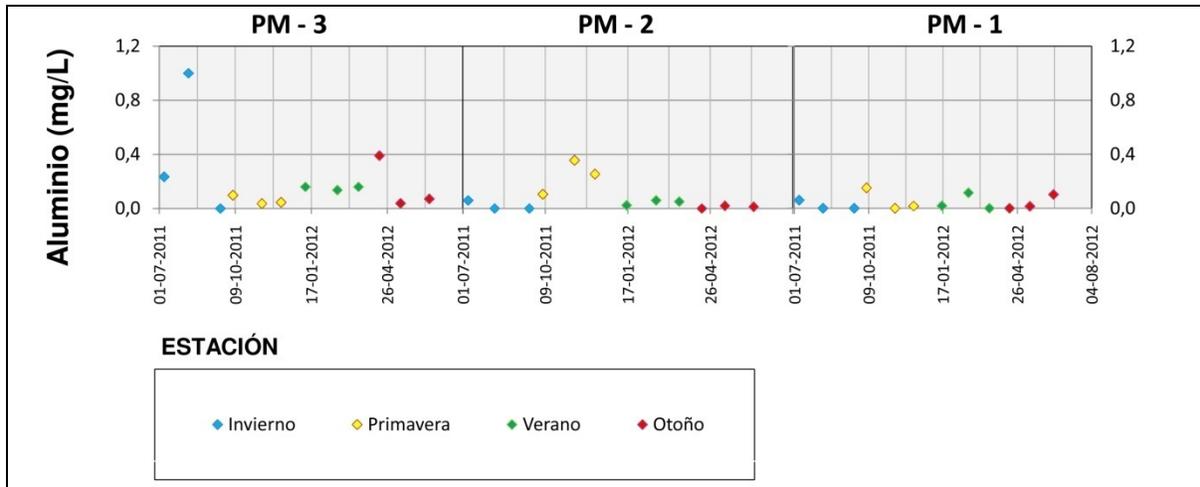
Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS

Parámetro : ALUMINIO

**Tabla 4.3.2(xv): Estadística Descriptiva Concentración Aluminio (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 0,22     | 0,28                | 0,04   | 1,00   |
| PM-2           | 12 | 0,10     | 0,12                | 0,01   | 0,36   |
| PM-1           | 12 | 0,07     | 0,05                | 0,02   | 0,15   |

**Gráfico 4.3.2(xv): Aluminio v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

- A medida que se desciende en la “línea de flujo” se registran menores concentraciones de aluminio.
- No se observa una estacionalidad marcada en los distintos puntos de monitoreos.

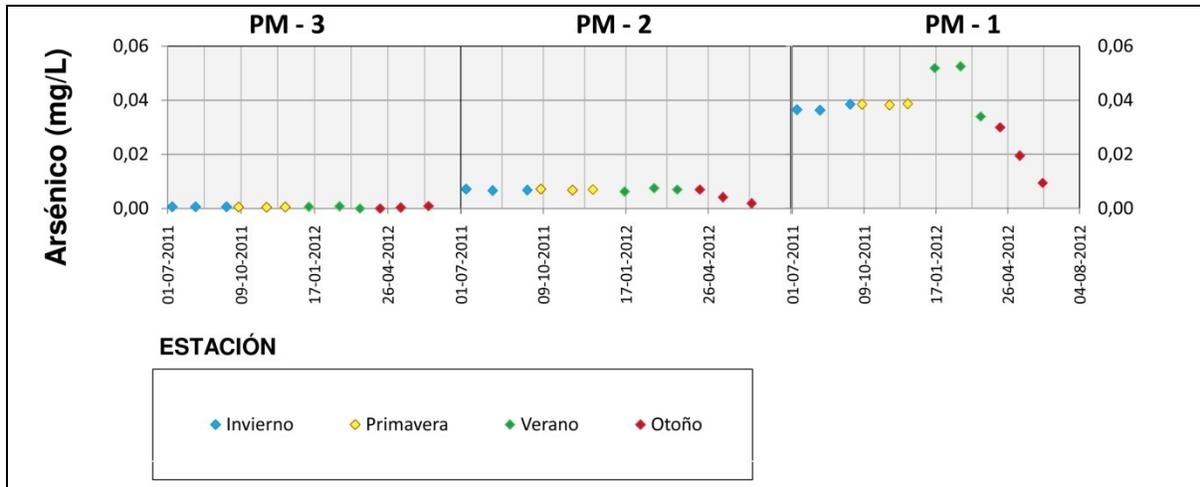
Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS

Parámetro : ARSÉNICO

**Tabla 4.3.2(xvi): Estadística Descriptiva Concentración Arsénico (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 0,0006   | 0,0002              | 0,0004 | 0,0009 |
| PM-2           | 12 | 0,0063   | 0,0016              | 0,0019 | 0,0075 |
| PM-1           | 12 | 0,0354   | 0,0118              | 0,0100 | 0,0525 |

**Gráfico 4.3.2(xvi): Arsénico v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

- A medida que se desciende en la “línea de flujo” se registran mayores concentraciones de arsénico.
- No se observa una estacionalidad en los resultados a lo largo de la línea de flujo.

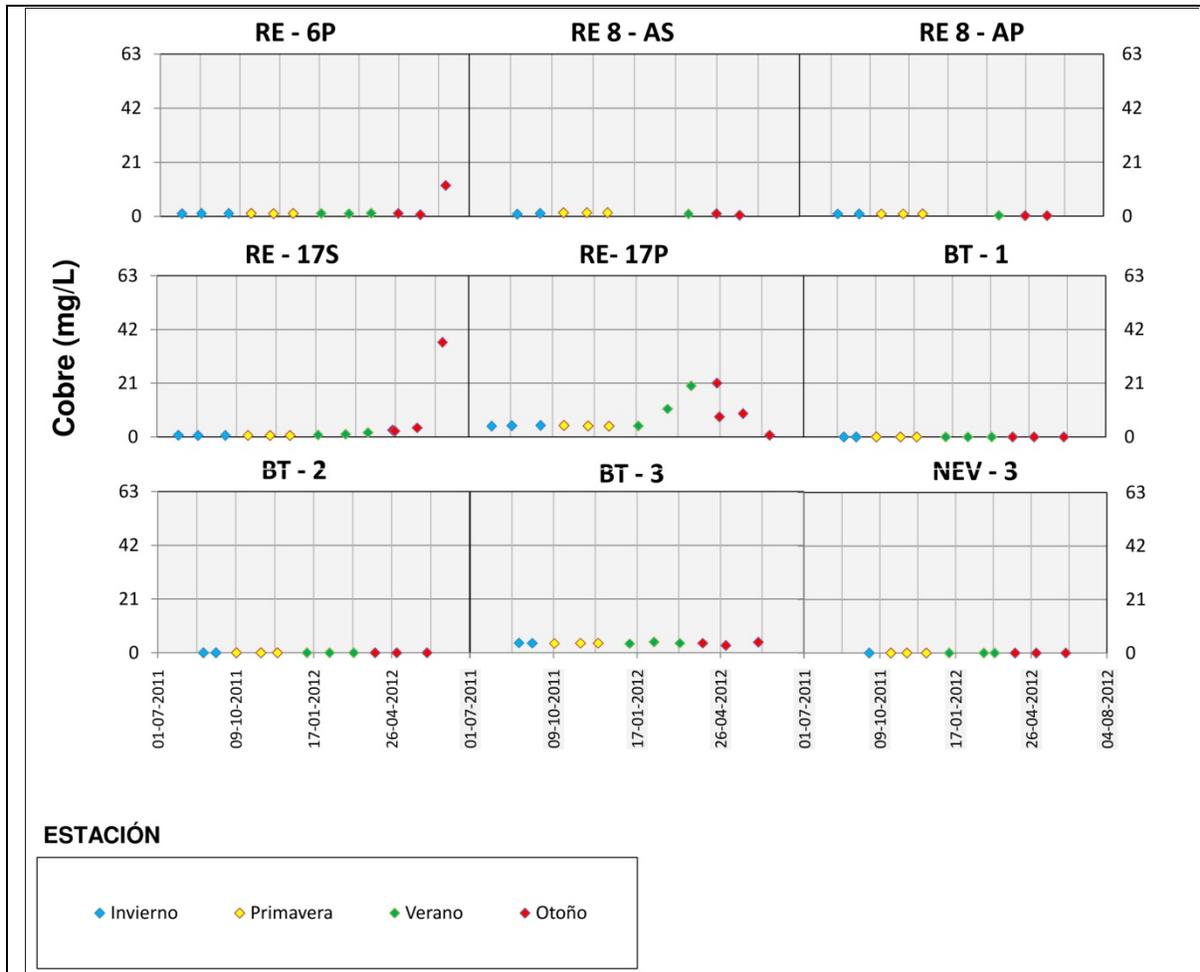
Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS

Parámetro : COBRE

**Tabla 4.3.2(xvii): Estadística Descriptiva Concentración Cobre (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 0,007    | 0,004               | 0,002  | 0,016  |
| PM-2           | 12 | 0,006    | 0,003               | 0,001  | 0,010  |
| PM-1           | 12 | 0,007    | 0,004               | 0,001  | 0,012  |

**Gráfico 4.3.2(xvii): Cobre v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

- No se aprecia un patrón de comportamiento a lo largo de la línea de flujo, sin embargo los valores no muestran una gran variabilidad.

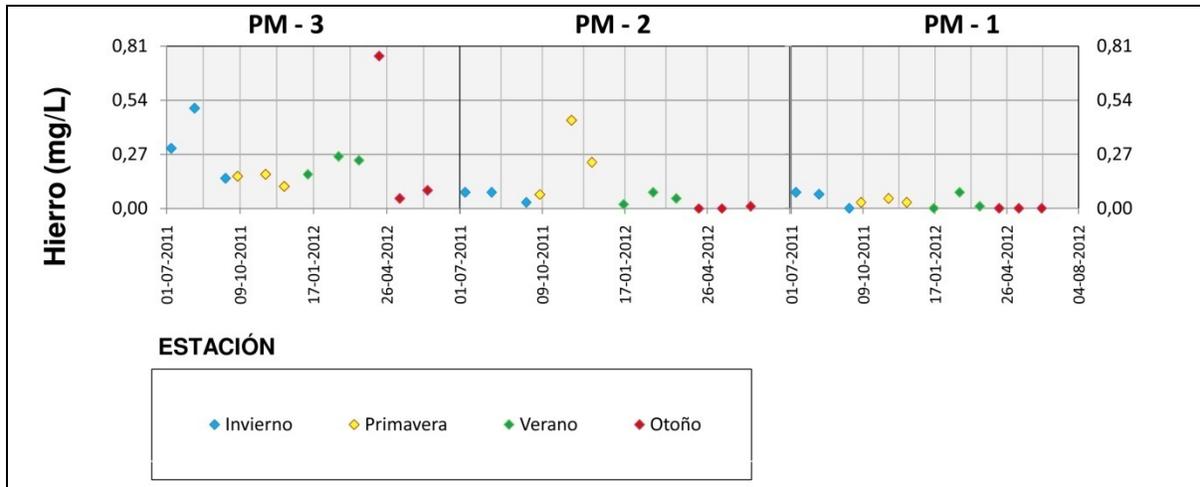
Línea de Flujo: EL TORO/TRES QUEBRADAS

Parámetro : HIERRO

**Tabla 4.3.2(xviii): Estadística Descriptiva Concentración Hierro (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 0,25     | 0,20                | 0,08   | 0,76   |
| PM-2           | 12 | 0,11     | 0,13                | 0,01   | 0,44   |
| PM-1           | 12 | 0,05     | 0,03                | 0,01   | 0,08   |

**Gráfico 4.3.2(xviii): Hierro v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

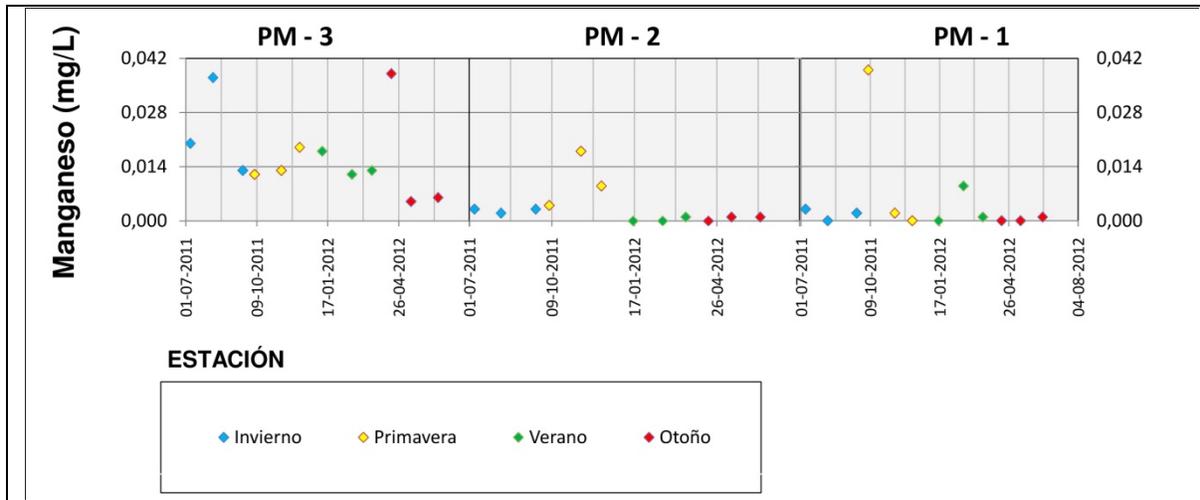
- A medida que se desciende en la “línea de flujo” se registran menores concentraciones de hierro.
- Se observa una cierta estacionalidad que se conserva en la “línea de flujo”, con máximas concentraciones en primavera (PM-2) e invierno (PM-3).

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **MANGANESO**

**Tabla 4.3.2(xix): Estadística Descriptiva Concentración Manganeseo (mg/l) - El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 0,017    | 0,011               | 0,005  | 0,038  |
| PM-2           | 12 | 0,005    | 0,006               | 0,001  | 0,018  |
| PM-1           | 12 | 0,008    | 0,014               | 0,001  | 0,039  |

**Gráfico 4.3.2(xix): Manganeseo v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

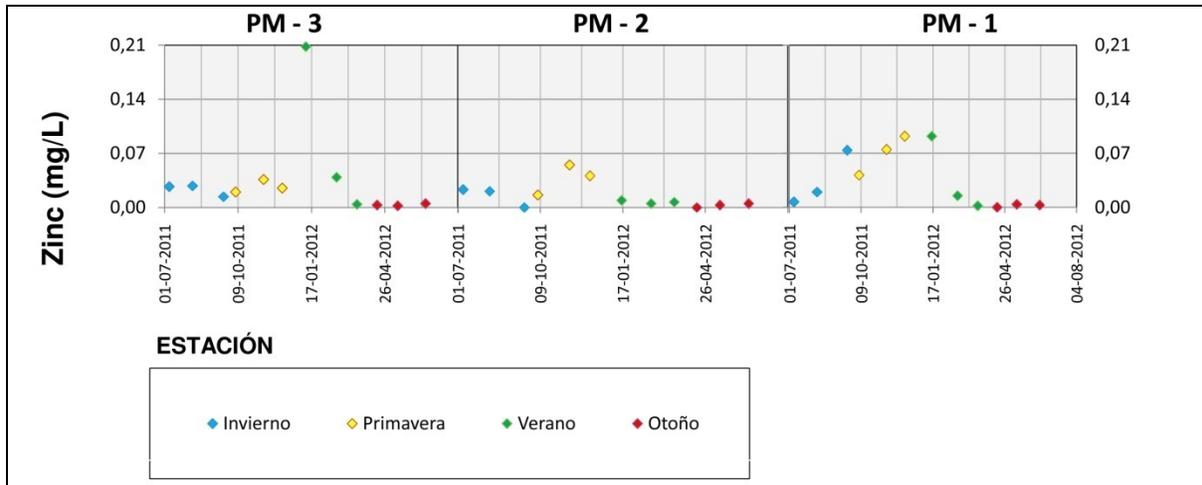
- Se observa una cierta estacionalidad que se conserva en la “línea de flujo”, con máximas concentraciones en primavera.

Línea de Flujo: **EL TORO/TRES QUEBRADAS** Parámetro : **ZINC**

**Tabla 4.3.2(xx): Estadística Descriptiva Concentración Zinc (mg/l) – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**

| POZO MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| PM-3           | 12 | 0,034    | 0,056               | 0,002  | 0,208  |
| PM-2           | 12 | 0,019    | 0,017               | 0,003  | 0,055  |
| PM-1           | 12 | 0,039    | 0,037               | 0,002  | 0,092  |

**Gráfico 4.3.2(xx): Zinc v/s tiempo – El Toro/Tres Quebradas (Aguas Subterráneas).**



**Observaciones:**

- Se observan niveles de concentración de zinc poco homogéneas en el tiempo, no se visualiza un patrón de comportamiento claro, aunque tiende a aumentar en Primavera.

#### 4.4 *Indicadores Aguas Servidas*

A continuación se presentan las fichas correspondientes a los parámetros asociados a los parámetros indicadores de aguas servidas.

**Tabla 4.4:** Índice resultado del monitoreo (Ficha Parámetros Aguas Servidas)

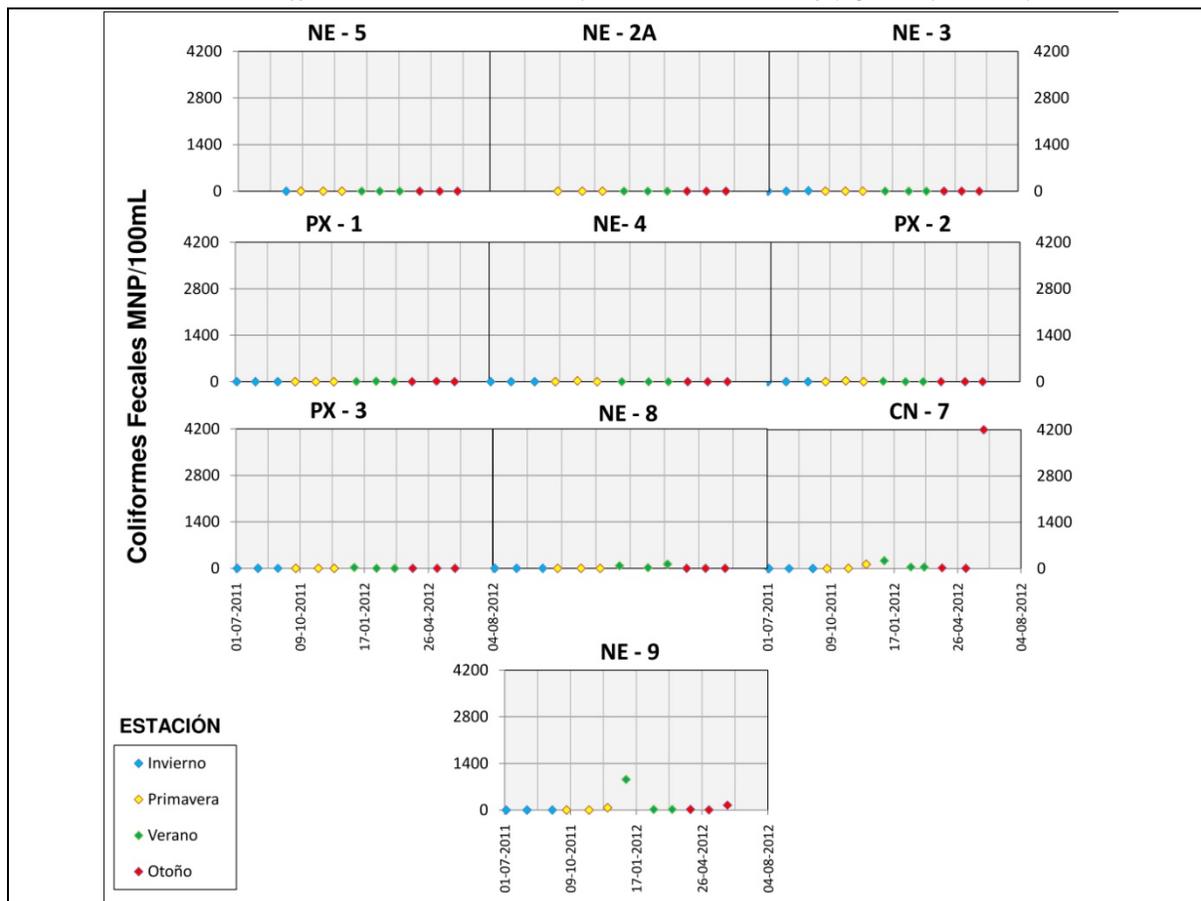
| LÍNEA DE FLUJO       | PARÁMETRO                |
|----------------------|--------------------------|
| Del Estrecho/Chollay | Coliformes Fecales (NMP) |
|                      | Coliformes Totales (NMP) |

Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : COLIFORMES FECALES

**Tabla 4.4(i): Estadística Descriptiva Coliformes Fecales (NMP) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | -        | -                   | 0      | 0      |
| NE-2A           | 9  | -        | -                   | 0      | 0      |
| NE-3            | 12 | 13       | -                   | 13     | 13     |
| PX-1            | 12 | 9        | 7                   | 2      | 16     |
| NE-4            | 12 | 13       | 15                  | 2      | 23     |
| PX-2            | 12 | 17       | 8                   | 11     | 23     |
| PX-3            | 12 | 13       | 15                  | 2      | 23     |
| NE-8            | 12 | 57       | 59                  | 2      | 130    |
| CN-7            | 12 | 523      | 1381                | 4      | 4200   |
| NE-9            | 12 | 136      | 298                 | 4      | 920    |

**Gráfico 4.4(i): Coliformes Fecales v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

**Observaciones:**

- Casi la totalidad de los niveles de Coliformes Fecales registrados se encuentra por debajo del límite de detección (representado con el "2" NMP).
- Se observan eventos con valores registrados principalmente en **CN-7** y **NE-9** con niveles máximos en Otoño y Verano.

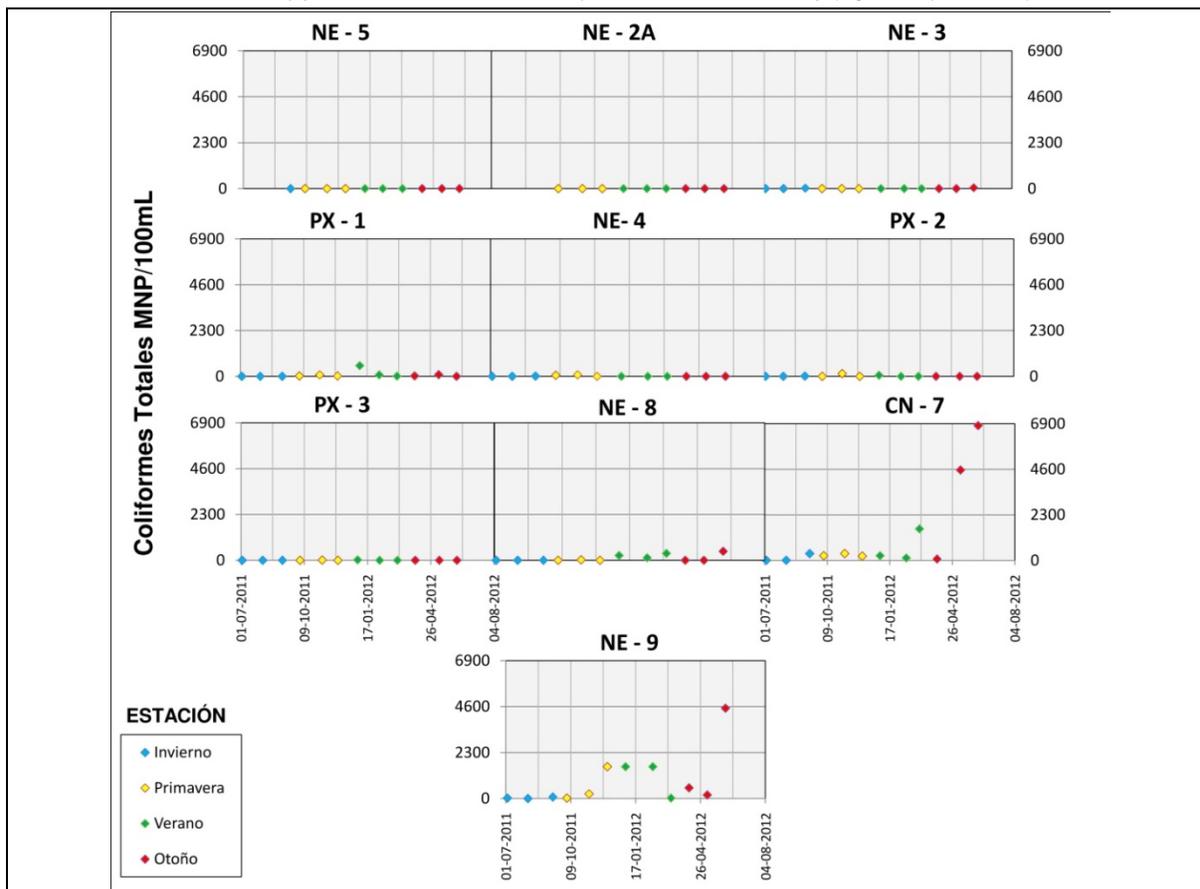
Línea de Flujo: DEL ESTRECHO/CHOLLAY

Parámetro : COLIFORMES TOTALES

**Tabla 4.4(ii): Estadística Descriptiva Coliformes Totales (NMP) – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**

| PTOS. MONITOREO | N  | PROMEDIO | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------|----|----------|---------------------|--------|--------|
| NE-5            | 10 | -        | -                   | 0      | 0      |
| NE-2A           | 9  | -        | -                   | 0      | 0      |
| NE-3            | 12 | 34       | 16                  | 23     | 45     |
| PX-1            | 12 | 107      | 177                 | 13     | 540    |
| NE-4            | 12 | 35       | 36                  | 4      | 79     |
| PX-2            | 12 | 61       | 64                  | 4      | 130    |
| PX-3            | 12 | 13       | 11                  | 2      | 23     |
| NE-8            | 12 | 171      | 180                 | 2      | 450    |
| CN-7            | 12 | 1216     | 2180                | 7      | 6800   |
| NE-9            | 12 | 869      | 1329                | 4      | 4520   |

**Gráfico 4.4(ii): Coliformes Totales v/s tiempo – Del Estrecho/Chollay (Aguas Superficiales).**



**Observaciones:**

- Casi la totalidad de los niveles de Coliformes Totales registrados se encuentra por debajo del límite de detección (representado con el "-2" NMP).
- Se observan eventos con valores registrados principalmente en **NE-8, CN-7 y NE-9** con niveles máximos en otoño.

## 5 Análisis de los Resultados

El análisis de los datos obtenidos a partir de los resultados de los monitoreos expuestos anteriormente, permite formular el análisis para el período Julio 2011 a Junio 2012, el cual se expone a continuación.

### 5.1 Caudales

De los resultados expuestos se observa que, en general, los ríos que comprenden las subcuencas de interés responden a un régimen hidrológico pluvio-nival característico de los ríos cordilleranos; lo cual es indicativo de una coherencia general de los resultados del monitoreo.

Los ríos se caracterizan por presentar caudales máximos en la época de deshielo, lo que ocurre en general a comienzos de la primavera. Luego, a partir de ahí, niveles en descenso paulatino, hasta llegar a niveles mínimos en invierno. El desfase del momento en que se registran los caudales máximos (entre ríos) puede ser explicado por diferencias meteorológicas locales y diferencias en la exposición de las laderas, que determinan el comienzo y/o retardo del derretimiento de las nieves.

En la naciente de los ríos monitoreados es habitual encontrar agua nieve principalmente en los meses de junio, julio y agosto, debido a la altura de la parte alta de la cuenca por sobre la isoterma cero. Por lo anterior, y debido a que el área aportante en este sector es significativamente reducida, los caudales de la naciente son bajos en la parte alta de las cuencas de los ríos Del Estrecho, El Toro y Potrerillos.

Aguas abajo, el nivel de los caudales aumenta paulatinamente debido al aumento de las áreas de captación y a la disminución de agua nieve.

### 5.2 Niveles

El comportamiento general de los niveles de los pozos agrupados en la cuenca alta del río Del Estrecho puede ser explicado a través de los siguientes factores:

- **Ubicación línea de flujo:** los pozos ubicados aguas arriba en la línea de flujo (a mayor altura) presentan en general un nivel mayor (más profundo), debido a la menor recarga que existe en la parte alta de la cuenca; proceso contrario al que se observa a medida que se desciende en la línea de flujo (aguas abajo).
- **Distancia al cauce:** mientras mayor es la distancia de los pozos respecto al cauce principal (superficial) de la cuenca mayor es la profundidad del nivel registrado y viceversa.

Para el caso de los pozos ubicados en las subcuencas del río El Toro y el río Tres Quebradas, puesto que éstos se encuentran a una mayor distancia en la línea de flujo, existen mayores

diferencias observadas entre los niveles que en el caso anterior. Éstos se especifican a continuación para cada pozo:

- **PM-3:** Ubicado en la línea de flujo del río El Toro (antes de pasar a ser el río Tres Quebradas) registra niveles de aguas subterráneas relativamente constantes y menos profundo que el resto de los pozos de la cuenca.
- **PM-2:** Responde a una recarga retardada en verano producida por el derretimiento de las nieves, con un descenso pronunciado de los niveles en primavera.
- **PM-1:** Presenta altos niveles de profundidad sin observarse diferencias significativas entre las estaciones, lo cual podría evidenciar una cierta desconexión con las aguas superficiales.

### 5.3 Indicadores de Drenaje Ácido Natural

#### 5.3.1 Aguas Superficiales

##### a) Línea de Flujo Del Estecho/Chollay

Los valores elevados de metales en los períodos de deshielos que presenta el río Del Estrecho dan cuenta de la influencia de los Drenajes Ácidos de Rocas (DAR) natural en la calidad de las aguas, principalmente en la parte alta de la cuenca, donde se localizan la zona mineralizada (minerales sulfurados asociados a los yacimientos de Pascua)<sup>4</sup>. Estas aguas pueden ser caracterizadas teóricamente como “aguas con productos de oxidación de sulfuro”<sup>5</sup> donde la concentración de los metales aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso y zinc, junto a los sulfatos, son los principales parámetros descriptores de la calidad de las aguas debido a la movilidad (transporte) de éstos en el agua, la cual es provocada por la acidez de las escorrentías (deshielo) en la zona mineralizada.

La variación de la concentración por cada uno de estos parámetros se analiza a continuación de manera particular, para lo cual se han elaborado gráficos de barras por cada parámetro de manera tal de complementar y/o evidenciar los comportamientos de los parámetros a analizar.

Los gráficos tipos y su función se especifican a continuación para el análisis de los parámetros indicadores de drenaje ácido natural:

- **Gráfico concentración promedio estacional (mg/l):** Permite observar de manera general la variación espacial de las concentraciones y, si presenta o no, una clara estacionalidad.

<sup>4</sup> MINMIN y otros (2002), Guía Metodológica sobre Drenaje Ácido en la Industria Minera, Acuerdo marco producción limpia sector gran minería buenas prácticas y gestión ambiental.

<sup>5</sup> A diferencia de la mayoría de las aguas naturales, donde los parámetros que caracterizan la calidad de éstas se asocian a compuestos orgánicos, sujetos a condiciones de neutralidad (sistema de alcalinidad del carbonato) posibilitando gran parte de la vida animal.

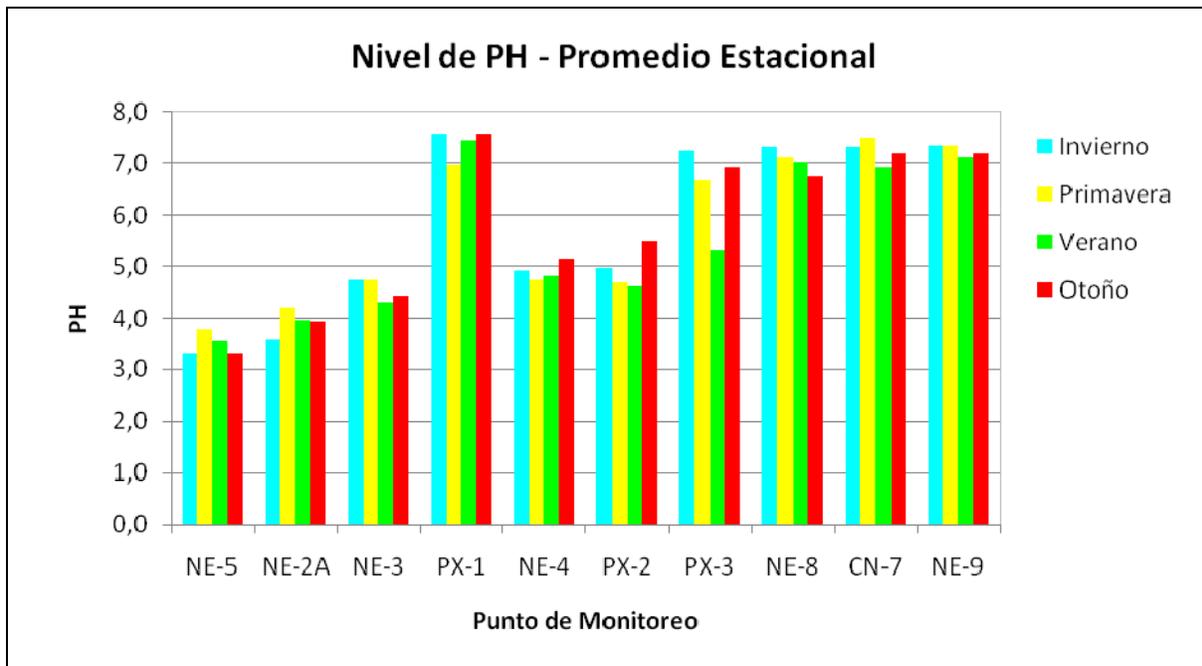
- **Gráfico carga másica promedio estacional (g/s)<sup>6</sup>:** Permite observar de manera general los aportes de masa que experimentan los parámetros a lo largo de la línea de flujo (no presentado para el caso pH y Conductividad Eléctrica).

A continuación se presentan los gráficos señalados, para los distintos parámetros analizados.

**pH**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de pH a lo largo del río se observa en niveles ácidos debido a la influencia natural de generación de DAR (en NE-5 y NE-2A) luego, debido en parte a la influencia de la Quebrada Barriales y otros afluentes, las aguas gradualmente se tienden a neutralizar aguas abajo.
- **Variación Temporal:** la estacionalidad de los niveles de pH se divide en dos comportamientos a lo largo de la línea de flujo, ya evidenciados en parte a través de su variación espacial: (i) En la parte alta (NE-5, NE-2Ay NE-3), debido a la influencia de los procesos naturales de generación de DAR en la zona mineralizada, se observan niveles ácidos relativamente homogéneos entre estaciones (salvo en invierno en donde la acidez aumenta debido a la baja en el caudal del río). (ii) Después de la afluencia de la Quebrada Barriales (a partir de NE-4) se observa una estacionalidad caracterizada por niveles levemente más altas de pH (más neutros) registrados en otoño y en invierno (excepto CN-7).

**Gráfico 5.3.1(i):** Promedio estacional de nivel de pH (Del Estecho/Chollay).

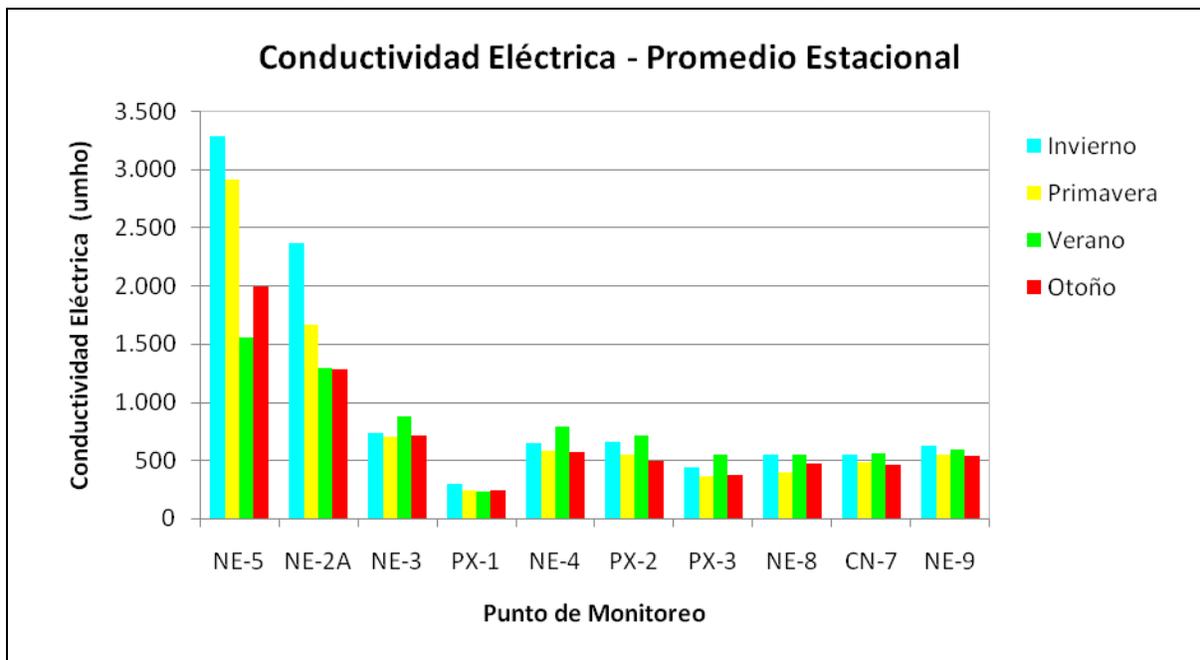


<sup>6</sup> La carga másica es el producto entre la concentración y el caudal. Debido a esto no se registran valores en el punto PX-3 ya que este no registra medición de caudales.

## CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

- **Variación Espacial:** la variación de la conductividad eléctrica a lo largo del río responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones de metales disueltos se registran en la parte alta de la cuenca, provocando el aumento de la conductividad eléctrica. Posteriormente, los niveles de conductividad eléctrica disminuyen gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo.
  
- **Variación Temporal:** presenta una estacionalidad marcada en la parte alta de la cuenca (NE-5 y NE-2A), debido a la influencia de la zona mineralizada, caudales mínimos que aumentan la concentración de iones disueltos. La estacionalidad aguas abajo se atenúa significativamente por efecto de la dilución. A partir de CN-7 se observa una disminución de la estacionalidad influenciada por la afluencia del río Blanco.

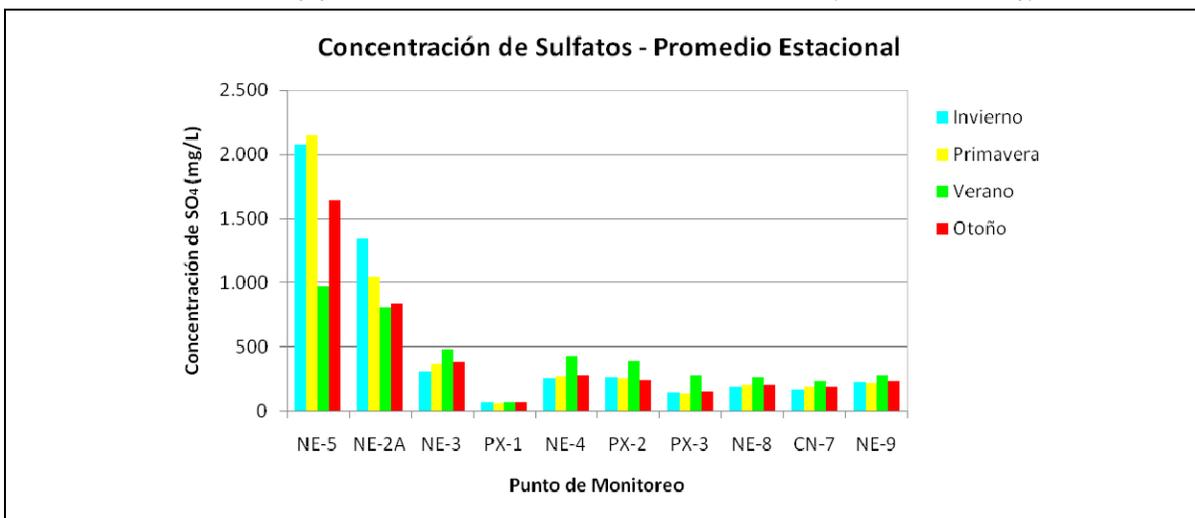
**Gráfico 5.3.1(ii):** Promedio estacional de Conductividad Eléctrica (Del Estecho/Chollay).



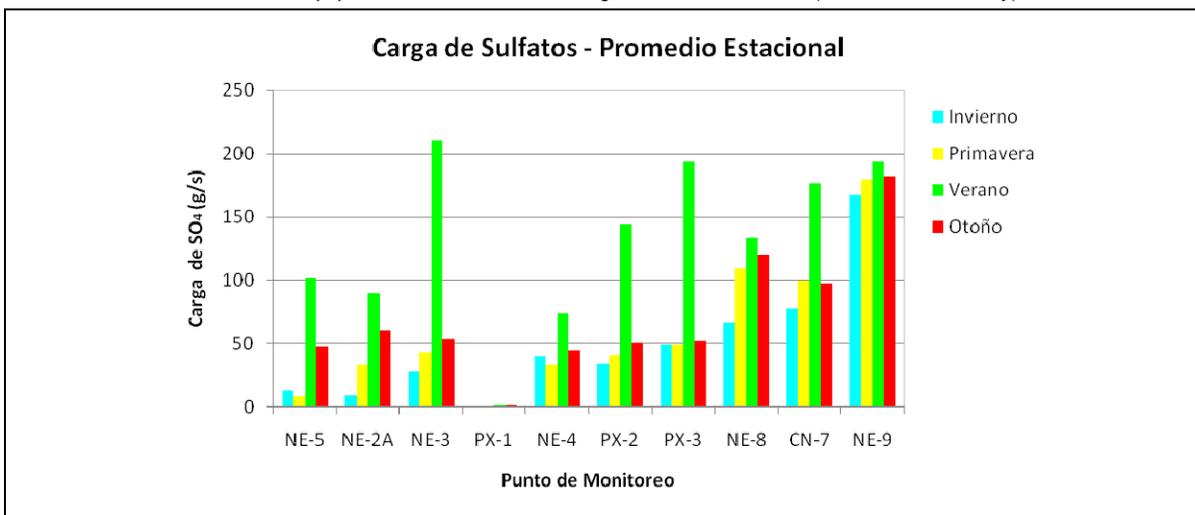
**SULFATOS**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de sulfatos a lo largo del río responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca, disminuyendo gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo.
- **Variación Temporal:** presenta una estacionalidad marcada en la parte alta de la cuenca (NE-5 y NE-2A), debido a la influencia de la zona mineralizada, con las máximas concentraciones en invierno (caudales mínimos que aumentan la concentración) y primavera (deshielo que inicia el proceso de lavado de rocas), y mínimas en verano. La estacionalidad aguas abajo se atenúa significativamente por efecto de la dilución. A partir de NE-8 se observa un cambio de estacionalidad leve influenciado por la afluencia del río Blanco, con máximos en verano fundamentalmente.

**Gráfico 5.3.1(iii)a:** Promedio estacional de concentración de Sulfatos (Del Estecho/Chollay).



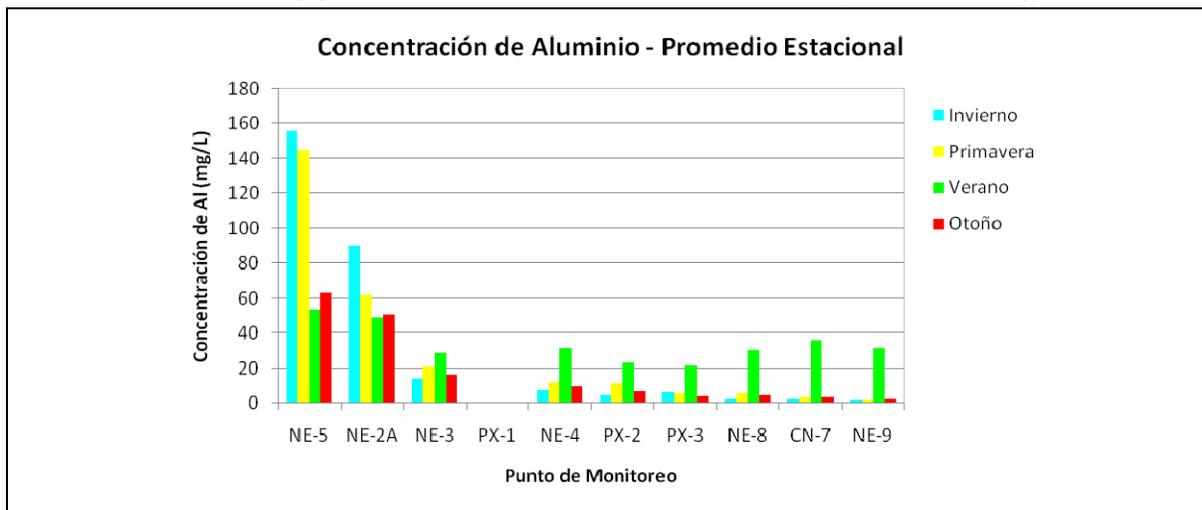
**Gráfico 5.3.1(iii)b:** Promedio estacional carga másica de Sulfatos (Del Estecho/Chollay).



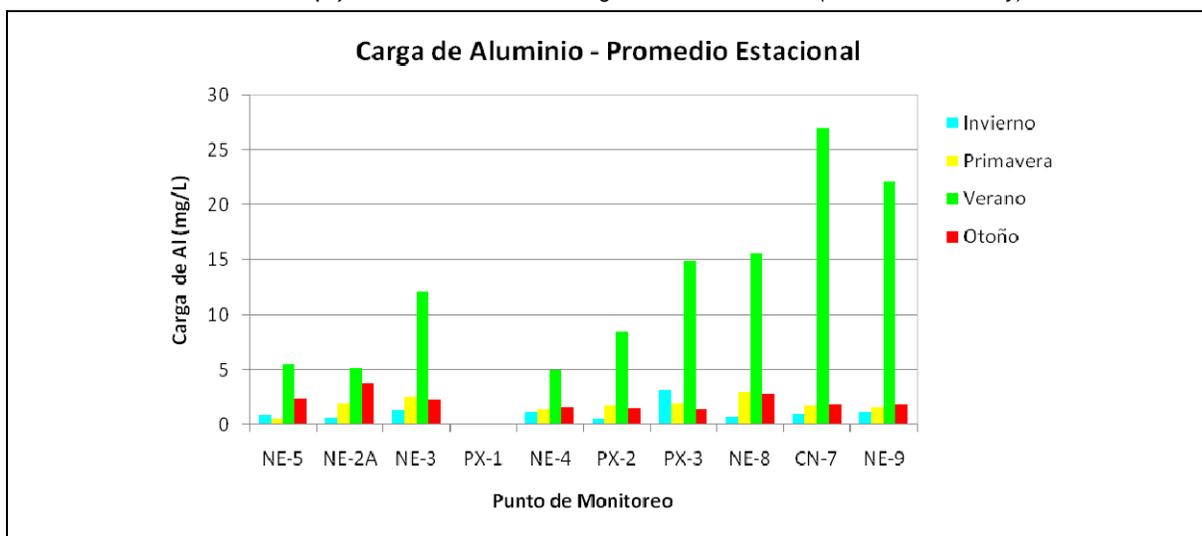
## ALUMINIO

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de aluminio a lo largo del río responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca disminuyendo fuertemente aguas abajo – a partir de NE-3 - debido al aumento de los caudales en la línea de flujo. Se observa un aumento de las concentraciones en a partir del punto NE-8, la cual se puede explicar a la influencia del río Blanco.
  
- **Variación Temporal:** presenta una estacionalidad marcada en la parte alta de la cuenca (NE-5 y NE-2A), debido a la influencia de la zona mineralizada, con las máximas concentraciones en verano (caudales mínimos que aumentan la concentración), y mínimas en invierno. La estacionalidad aguas abajo se atenúa significativamente por efecto de la dilución. A partir de NE-8 se observan máximos en verano fundamentalmente, la cual se puede explicar por la influencia que ejerce la concentración proveniente del río Blanco.

**Gráfico 5.3.1(iv)a:** Promedio estacional de concentración de Aluminio (Del Estecho/Chollay).



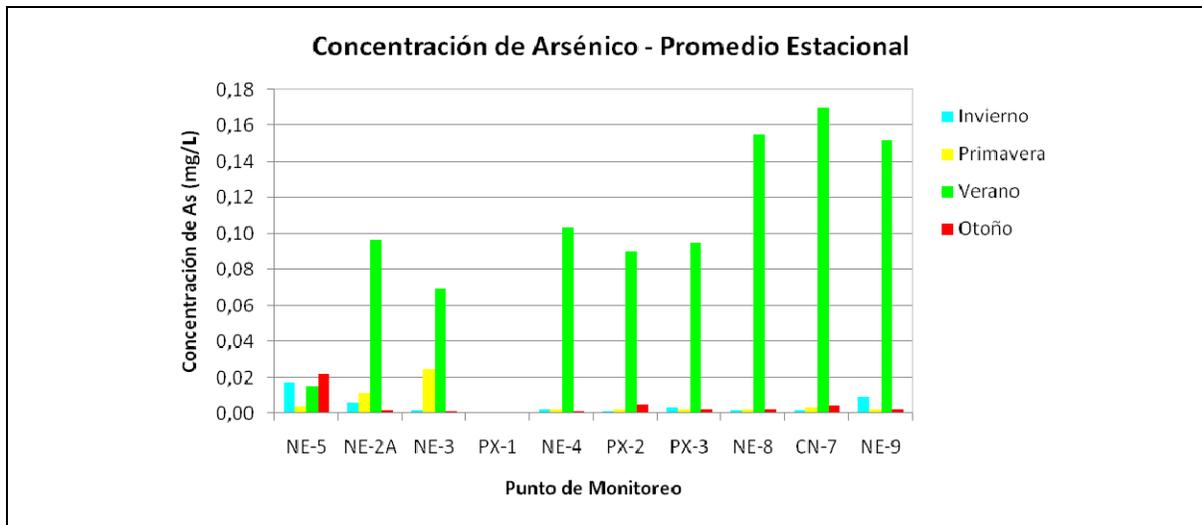
**Gráfico 5.3.1(iv)b:** Promedio estacional carga másica de Aluminio (Del Estecho/Chollay).



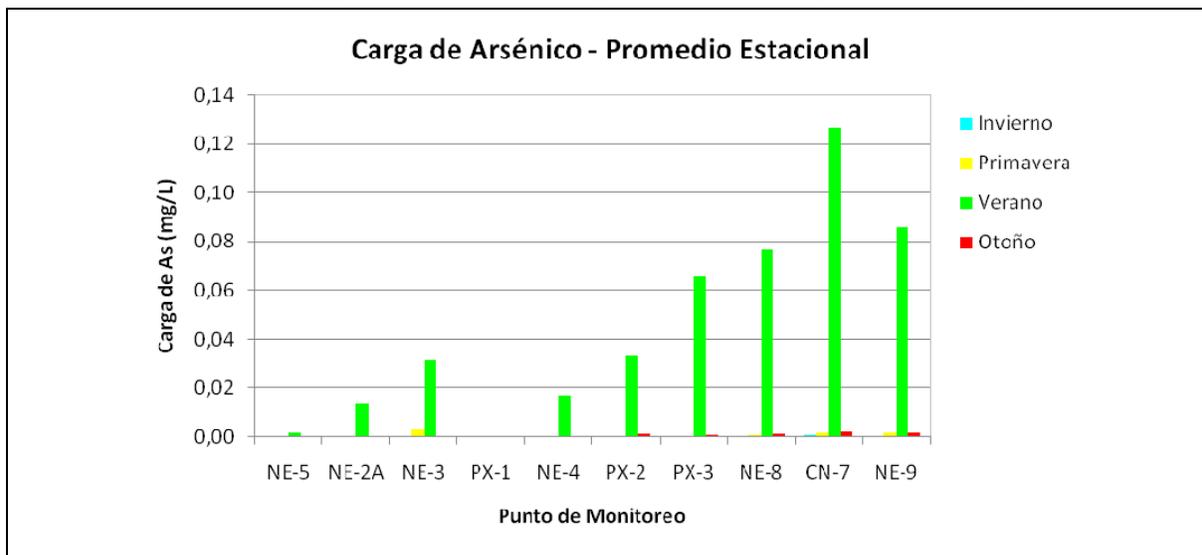
**ARSÉNICO**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de arsénico a lo largo del río no sigue un patrón claro (ver **Gráfico 6.3.1(v)a**) debido fundamentalmente a las bajas concentraciones registradas. De todas formas, es posible distinguir las mayores concentraciones en la parte superior de la cuenca, aunque como se dijo, las variaciones son menores.
- **Variación Temporal:** Se aprecia un comportamiento estacional claro, donde las máximas concentraciones se presentan en verano (caudales mínimos que aumentan la concentración) y otoño y las mínimas en invierno y primavera.

**Gráfico 5.3.1(v)a:** Promedio estacional de concentración de Arsénico (Del Estecho/Chollay).



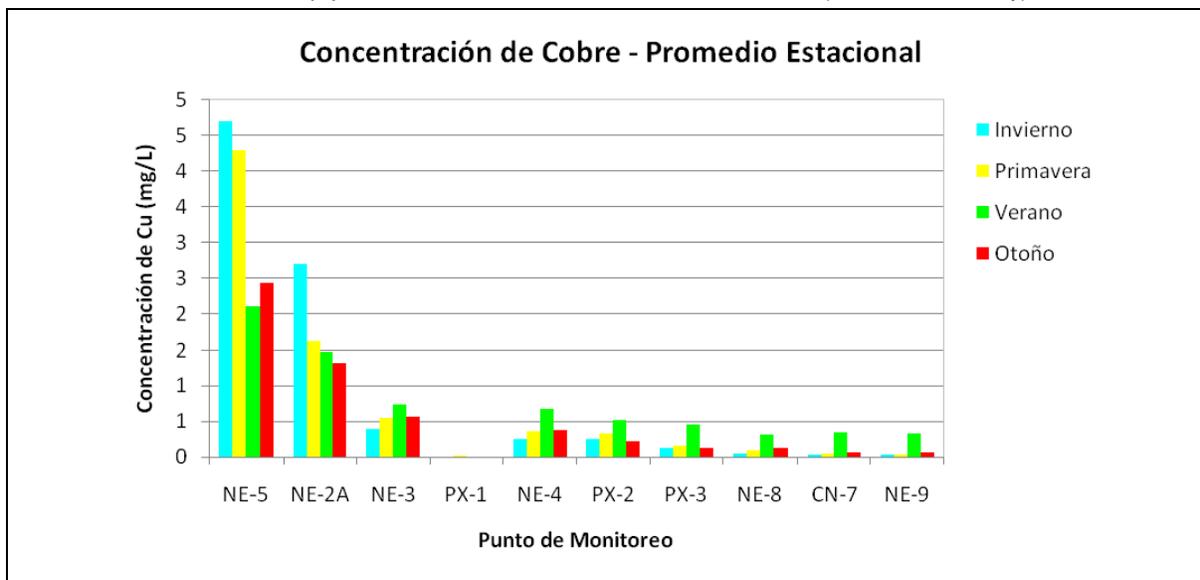
**Gráfico 5.3.1(v)b:** Promedio estacional carga másica de Arsénico (Del Estecho/Chollay).



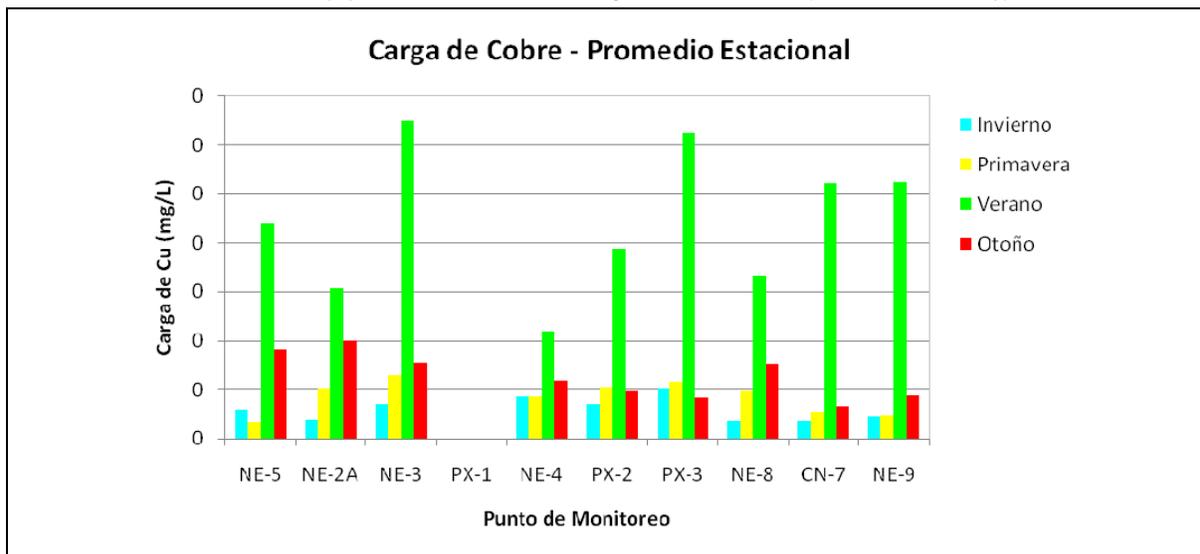
**COBRE**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de cobre a lo largo del río responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca disminuyendo gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo.
- **Variación Temporal:** presenta una estacionalidad marcada en la parte alta de la cuenca (NE-5 y NE-2A), debido a la influencia de la zona mineralizada, con las máximas concentraciones en invierno y con concentraciones menores en verano. La estacionalidad aguas abajo se atenúa significativamente por efecto de la dilución, aunque sigue manteniendo la tendencia de la parte superior.

**Gráfico 5.3.1(vi)a:** Promedio estacional de concentración de Cobre (Del Estecho/Chollay).



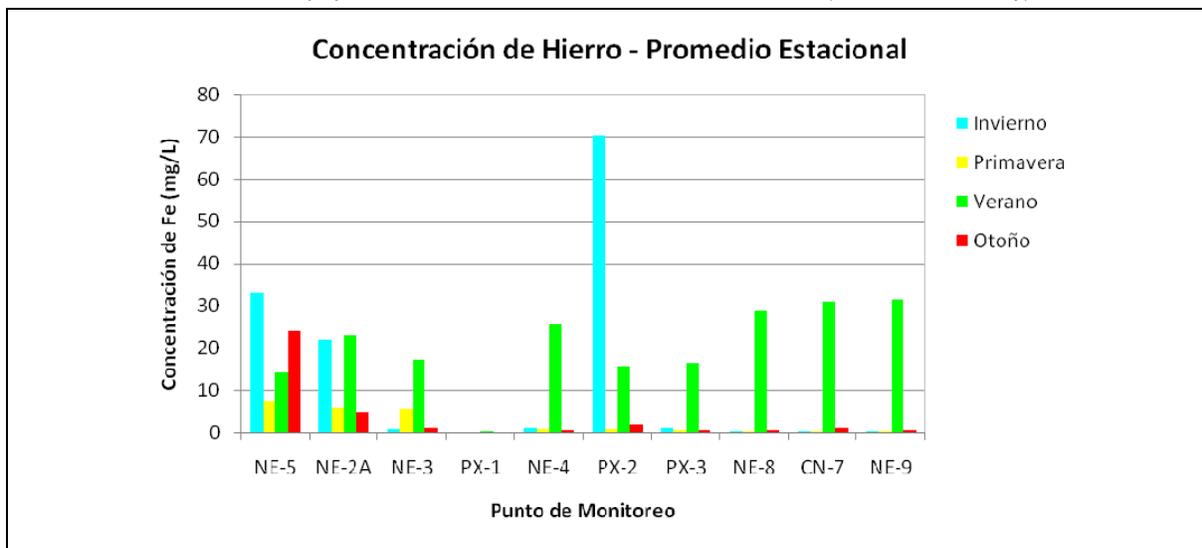
**Gráfico 5.3.1(vi)b:** Promedio estacional carga másica de Cobre (Del Estecho/Chollay).



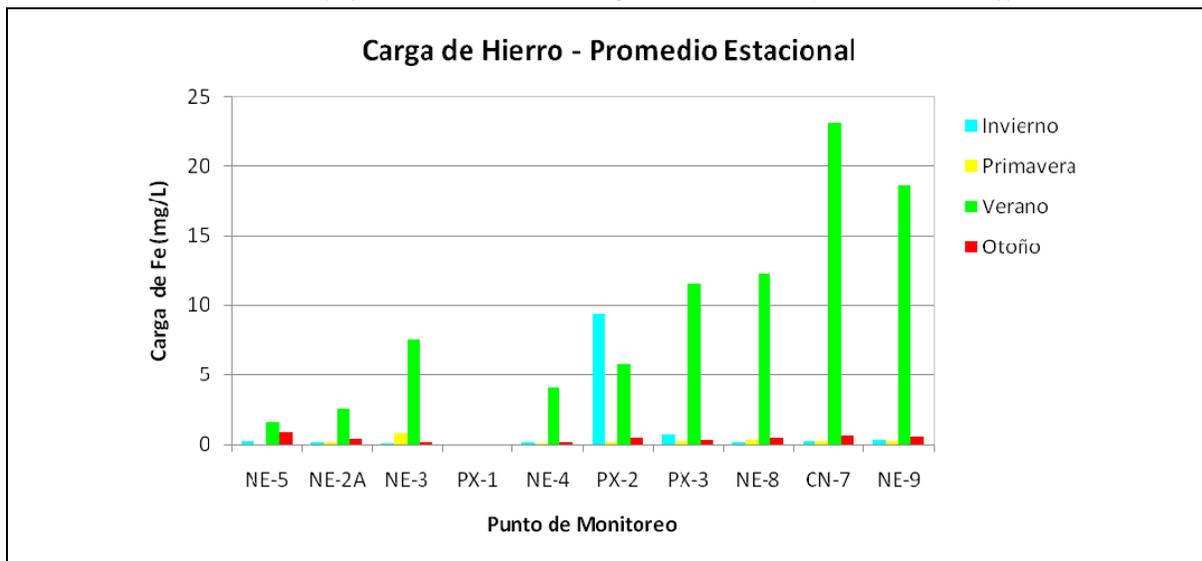
**HIERRO**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de hierro a lo largo del río en términos generales responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca disminuyendo gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo (ver **Gráfico 6.3.1(vii)a**). En la parte baja de la cuenca, se aprecia un aumento en las concentraciones a partir de NE-8, las cuales se pueden deber a la influencia que ejercen las concentraciones de minerales del río Blanco.
- **Variación Temporal:** no presenta un comportamiento estacional claro, salvo en la parte alta de la cuenca (NE-5) donde las máximas concentraciones se presentan en invierno (caudales mínimos que aumentan la concentración) y las mínimas en primavera.

**Gráfico 5.3.1(vii)a:** Promedio estacional de concentración de Hierro (Del Estecho/Chollay).



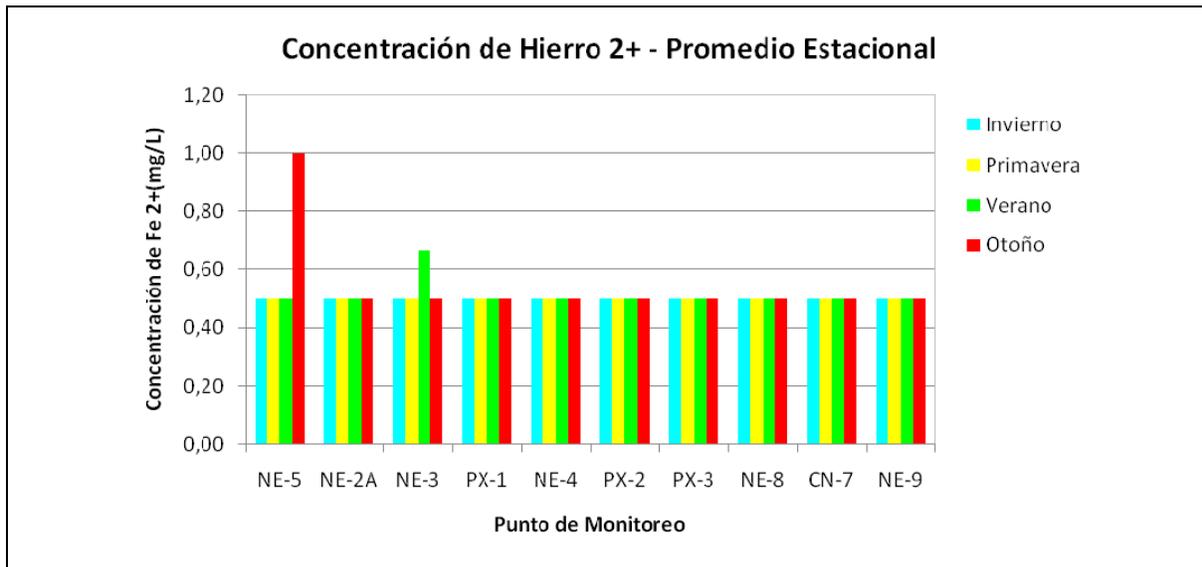
**Gráfico 5.3.1(vii)b:** Promedio estacional carga másica de Hierro (Del Estecho/Chollay).



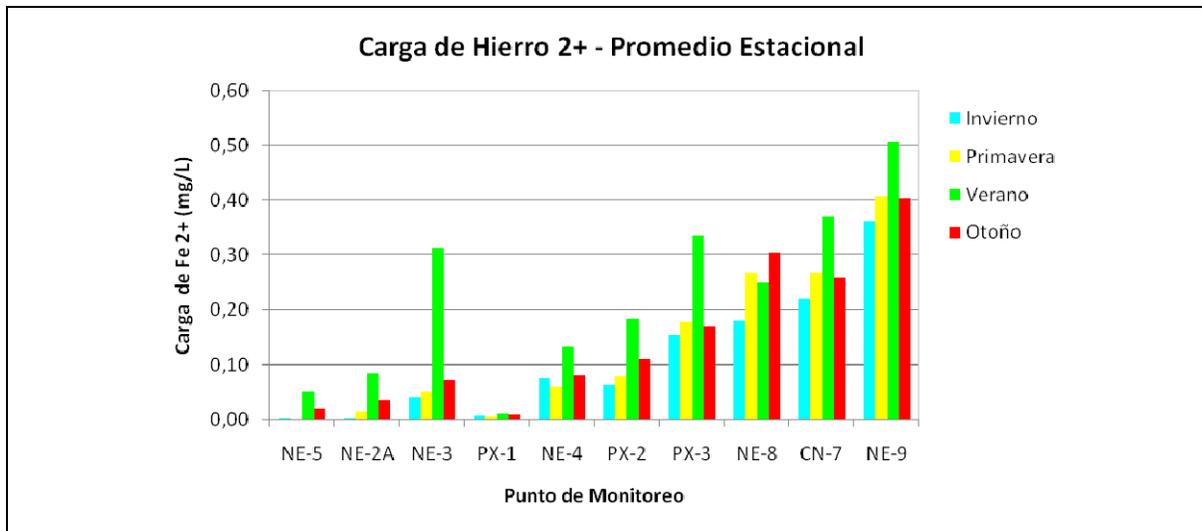
**HIERRO 2+**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de hierro a lo largo del río en términos generales responde principalmente a una constante. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca (ver **Gráfico 6.3.1(viii)a**). En la parte baja de la cuenca, se aprecian concentraciones constantes.
- **Variación Temporal:** no presenta un comportamiento estacional claro, salvo en la parte alta de la cuenca (NE-5) donde la máxima concentración se presentan en otoño..

**Gráfico 5.3.1(viii)a:** Promedio estacional de concentración de Hierro 2+ (Del Estecho/Chollay).



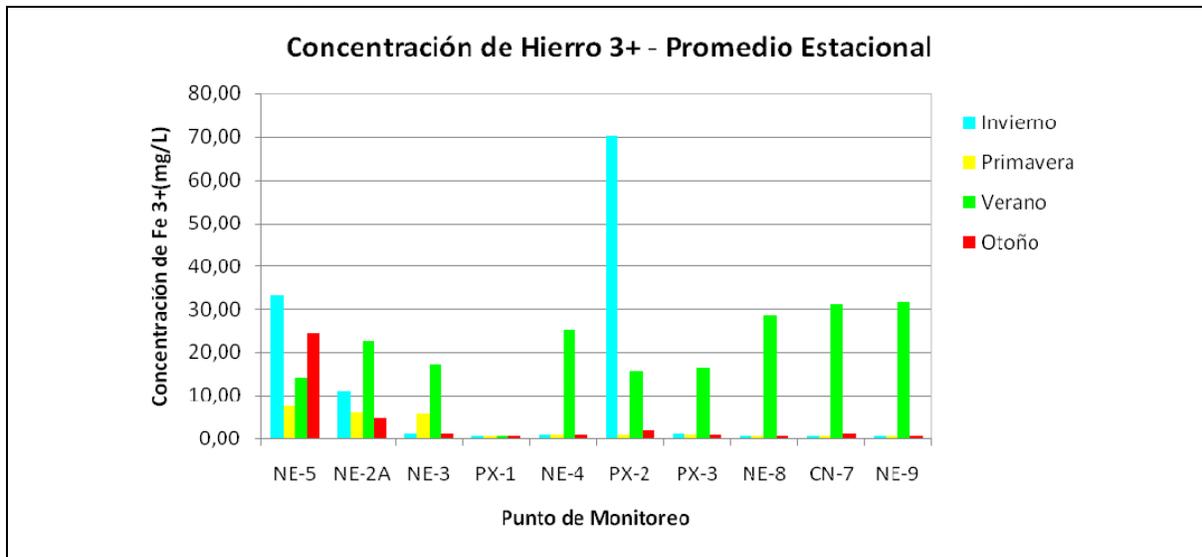
**Gráfico 5.3.1(vii)b:** Promedio estacional carga másica de Hierro (Del Estecho/Chollay).



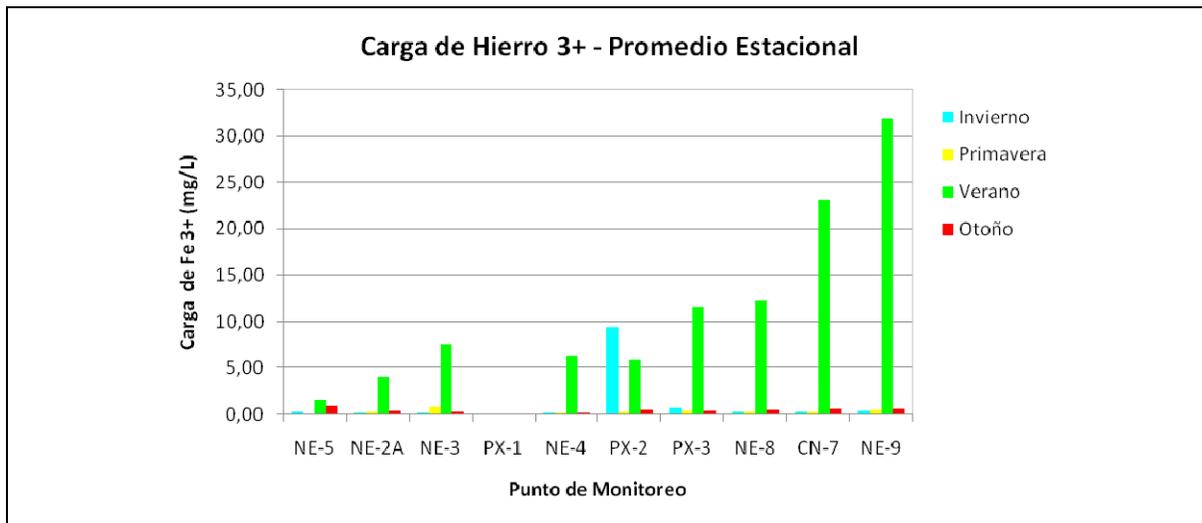
**HIERRO 3+**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de hierro a lo largo del río en términos generales responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca disminuyendo gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo (ver **Gráfico 6.3.1(ix)a**). En la parte baja de la cuenca, se aprecia un aumento en las concentraciones a partir de NE-8, las cuales se pueden deber a la influencia que ejercen las concentraciones de minerales del río Blanco.
- **Variación Temporal:** no presenta un comportamiento estacional claro, salvo en la parte alta de la cuenca (NE-5) donde las máximas concentraciones se presentan en invierno (caudales mínimos que aumentan la concentración) y las mínimas en primavera.

**Gráfico 5.3.1(ix)a:** Promedio estacional de concentración de Hierro 3+ (Del Estecho/Chollay).



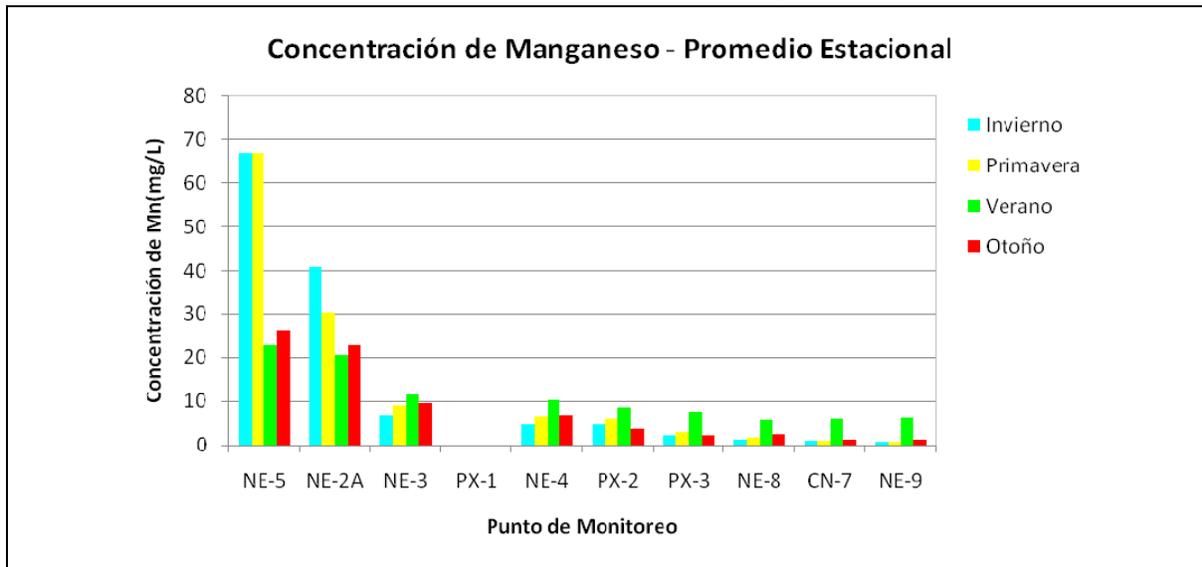
**Gráfico 5.3.1(ix)b:** Promedio estacional carga másica de Hierro 3+ (Del Estecho/Chollay).



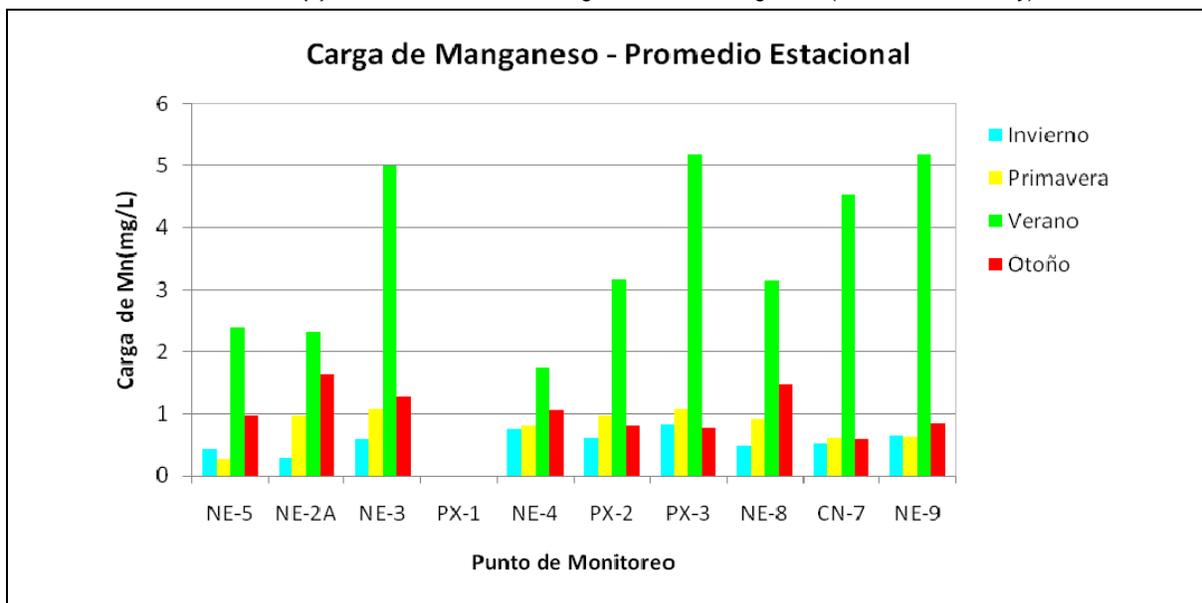
**MANGANESO**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de manganeso a lo largo del río responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca disminuyendo gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo.
- **Variación Temporal:** presenta una estacionalidad marcada en toda la cuenca, con las máximas concentraciones en invierno-primavera y mínimas en verano. La estacionalidad aguas abajo se atenúa significativamente por efecto de la dilución.

**Gráfico 5.3.1(x)a:** Promedio estacional de concentración de Manganeso (Del Estecho/Chollay).



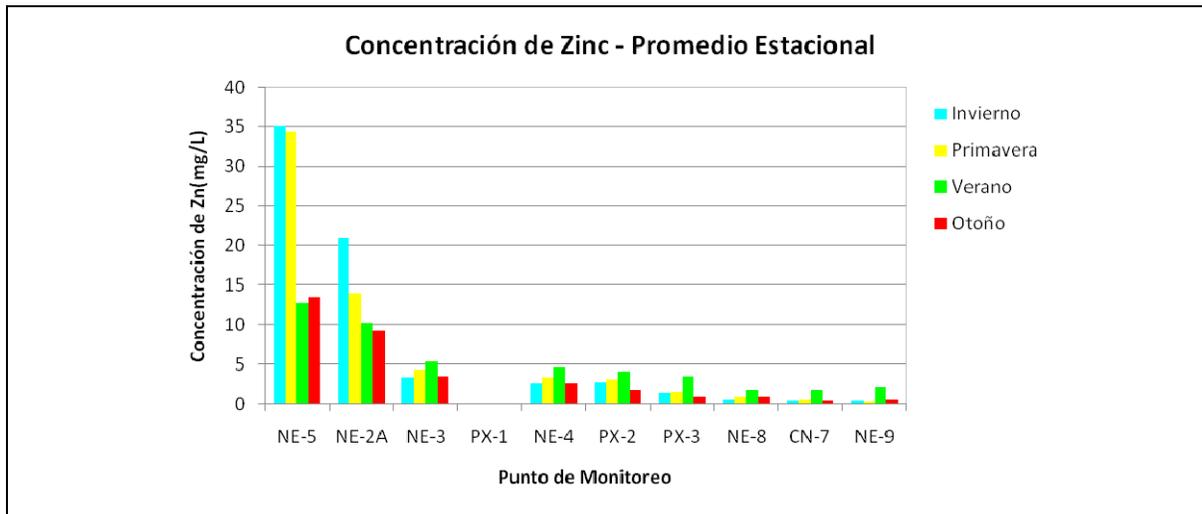
**Gráfico 5.3.1(x)b:** Promedio estacional carga másica de Manganeso (Del Estecho/Chollay).



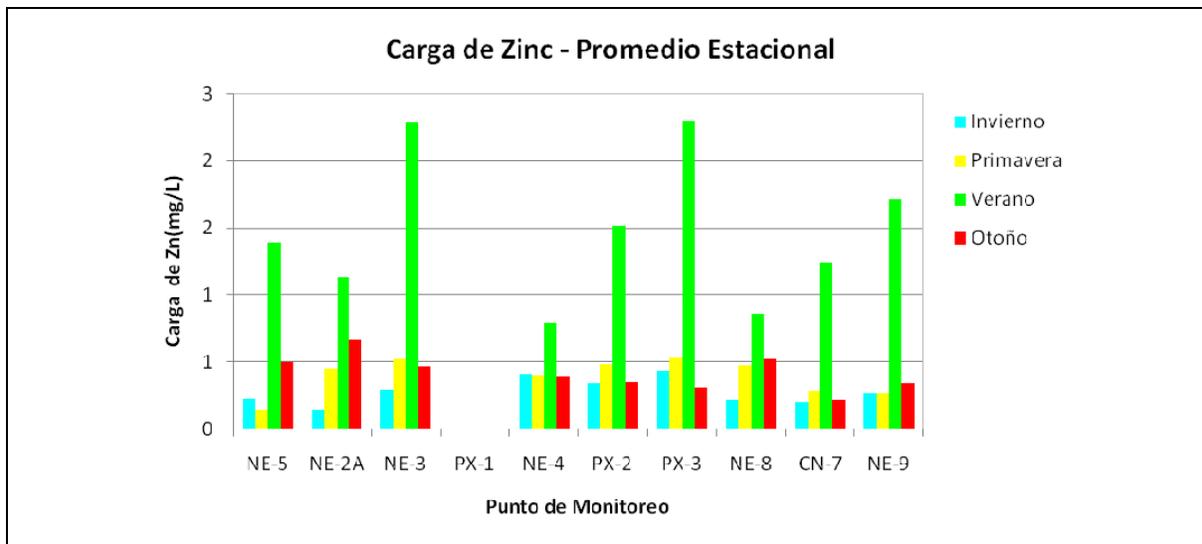
**ZINC**

- **Variación Espacial:** la variación de la concentración de zinc a lo largo del río responde principalmente a la dilución natural del río. Las máximas concentraciones se registran en la parte alta de la cuenca disminuyendo gradualmente aguas abajo debido al aumento paulatino de caudales en la línea de flujo.
- **Variación Temporal:** presenta una estacionalidad marcada en la parte alta de la cuenca, en donde las máximas concentraciones se producen en primavera-invierno y mínimas en verano. Al igual que en la mayoría de los parámetros analizados, la estacionalidad aguas abajo se atenúa significativamente por efecto de la dilución.

**Gráfico 5.3.1(xi)a:** Promedio estacional de concentración de Zinc (Del Estecho/Chollay).



**Gráfico 5.3.1(xi)b:** Promedio estacional carga másica de Zinc (Del Estecho/Chollay).



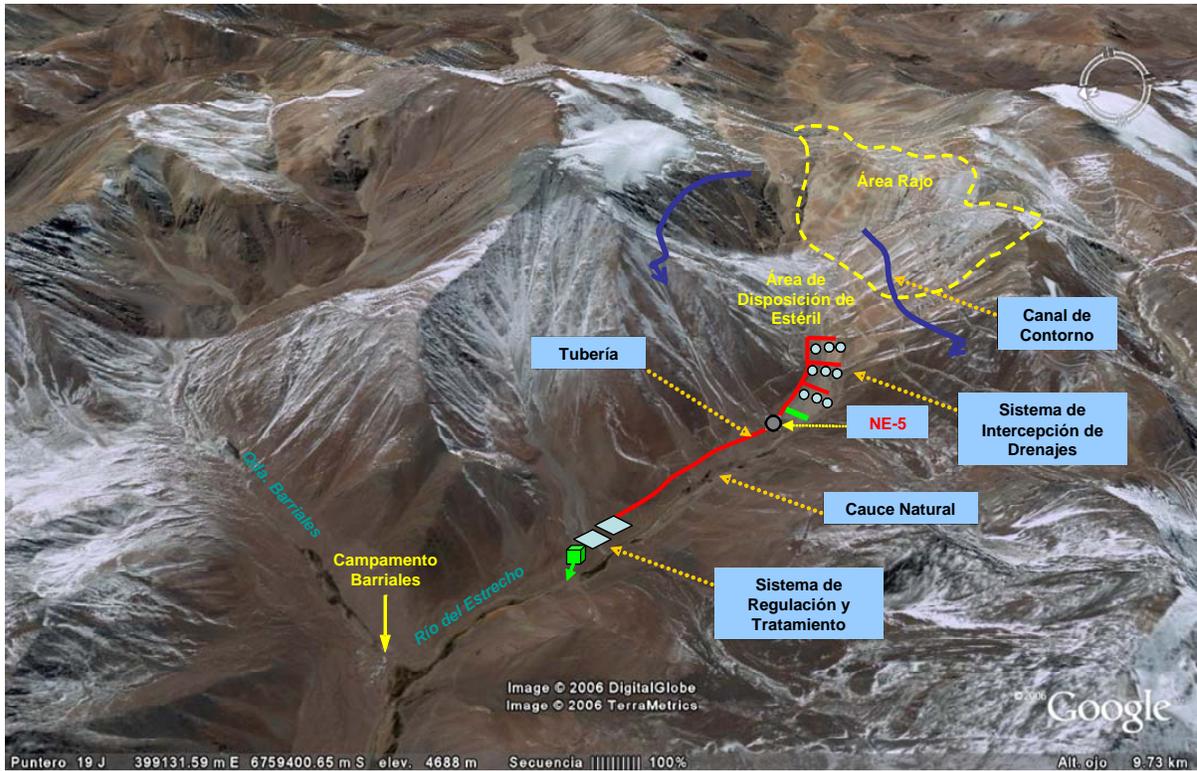


Figura 5.3.1: Imagen Satelital del Área del Proyecto.

b) Línea de Flujo El Toro/Tres Quebradas

En la línea de flujo que se inicia en la cuenca alta del río El Toro, colindante con la zona mineralizada que da origen al yacimiento minero, y que termina en el Río del Carmen, las concentraciones de los parámetros DAR a la altura intermedia del río El Toro (TO-3) evidencian concentraciones de metales y sales disueltas elevadas respecto a los puntos situados aguas abajo. Estas concentraciones, que se pueden asociar a la generación de DAR natural en la parte alta de la cuenca, son de menor orden de magnitud que en la cuenca vecina del río Del Estrecho.

En el río Tres Quebradas (TO-6A y VIT-4) las aguas presentan un comportamiento general con bajos contenidos significativos de metales y sales, junto a niveles neutros de pH; producto del efecto de dilución que experimentan.

**5.3.2 Aguas Subterráneas**

a) Subcuenca Del Estrecho:

- En general, se observa que los pozos de monitoreo, agrupados en la parte alta de la cuenca del río Del Estrecho, estando la mayoría de ellos ubicados en las distintas fases donde se

ubicará el depósito de estéril Nevada Norte, presentan similares características en el monitoreo de las concentraciones. Sin embargo, a pesar de la proximidad entre los pozos, se observan, aguas abajo al punto de monitoreo NE-5 (primer punto en que se monitoreará la calidad del agua superficial asociado a los indicadores de drenaje ácido natural), en BT-1, BT-2 y NEV-3, aguas de características neutras con bajas concentraciones de metales y sulfatos, difiriendo significativamente del resto de los pozos. Lo anterior evidencia una desconexión entre los mencionados pozos y el resto de ellos, los cuales registran en general características de calidad de agua que responden a procesos de generación natural de DAR, ya que dichos pozos presentan aguas ácidas y concentraciones de metales disueltos. Este comportamiento se atribuye a la configuración de las unidades hidrogeológicas del sector donde se ha detectado afloramiento de las aguas subterráneas a la altura del punto NE-5 (superficial).

- Estacionalmente, se observa que existe una variación de concentración relativamente estable en el tiempo, salvo para RE-17P y RE-17S. En éstos se observa, para la mayoría de los parámetros, una estacionalidad con concentraciones máximas en verano y otoño, en virtud de lo cual se atribuye un retardo en la estacionalidad de las aguas superficiales en la parte alta de la cuenca (NE-5).
- Respecto a los pozos monitoreados, tanto superficialmente como en profundidad (como es el caso de RE-17P y RE-8), se observan diferencias de magnitudes (no así necesariamente en estacionalidad) caracterizadas por mayores concentraciones de metales y sales para las cribas de los pozos ubicadas en profundidad.

b) Subcuencas El Toro y Tres Quebradas:

- Los pozos ubicados en las cuencas del río El Toro y Tres Quebradas, ubicados distantes unos con otros, se especifican a continuación:
  - **PM-3:** ubicado aproximadamente a 7 kilómetros aguas abajo de la naciente del río El Toro (zona mineralizada), registra aguas neutras con bajas concentraciones de metales y Sulfatos, replicando el comportamiento observado a esa altura en los puntos de monitoreo de aguas superficiales (TO-3), a partir del cual no se observa una influencia dominante de los procesos DAR debido principalmente a la dilución natural del río.
  - **PM-2:** ubicado en la Quebrada La Ortiga, perteneciente a la cuenca del río Tres Quebradas, registra aguas neutras con presencia de metales y Sulfatos similar a lo registrado en PM-1.
  - **PM-1:** ubicado en la cuenca del río Tres Quebradas inmediatamente antes de la confluencia con el río Potrerillos, registra aguas neutras con mayores contenidos en arsénico, zinc y Sulfatos que en los anteriores pozos. Presenta similares características al

punto de monitoreo próximo de aguas superficiales VIT-4, con un cierto desfase o retardo en la estacionalidad, lo que evidencia una conexión entre el pozo y las aguas superficiales.

#### 5.4 Indicadores Aguas Servidas

Tanto los Coliformes Fecales<sup>7</sup> como los Coliformes Totales registran valores por sobre el límite de detección en la parte baja de la cuenca del río Chollay. Estos registros se asocian a la actividad humana que existe en el sector (aguas abajo de CN-7).

#### 5.5 Análisis Histórico

En los **Gráficos 5.5** se ilustran los percentiles 66% de caudal y concentración de los parámetros indicadores de drenaje ácido por cada año hidrológico (desde el período 2002-2003 al 2011-2012)<sup>8</sup> medidos en NE-2A (parte alta de la cuenca del río Del Estrecho). En estos gráficos es posible analizar el comportamiento histórico de los parámetros indicadores de acidez natural; se observa cómo las concentraciones han mostrado en general una tendencia creciente desde el año hidrológico 2002-2003 al 2011-2012.

Este comportamiento se atribuye a las fluctuaciones estacionales y principalmente interanuales de caudal del río, en respuesta a los ciclos hidrológicos de la zona, caracterizados por la ocurrencia de un año muy húmedo (alta precipitación asociada al fenómeno de “El Niño” ocurrido en el año hidrológico 2002-2003) seguido de años consecutivos relativamente secos.

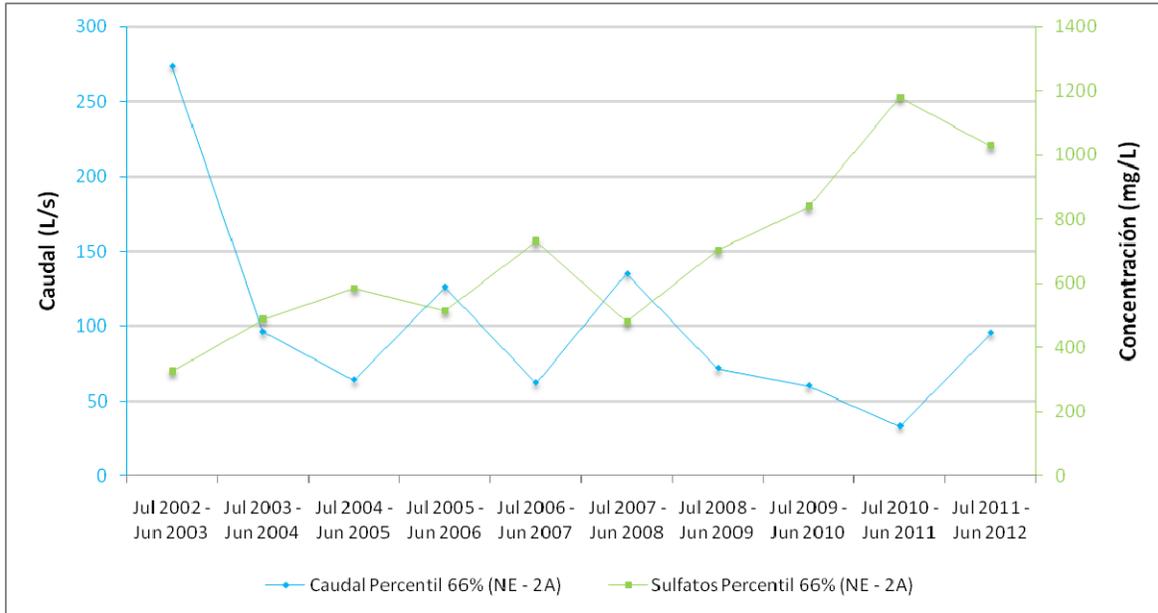
Lo anterior se debe a que los caudales excepcionalmente altos asociados a los eventos de “El Niño” “lavan” las sales y los metales acumulados en las zonas mineralizadas de la cuenca, reduciendo notoriamente las concentraciones presentes en las aguas en el período inmediatamente siguiente. Luego, los caudales reducidos no logran remover las sales y los metales a la tasa natural con que se generan en la roca por oxidación y otros fenómenos, produciéndose consecuentemente un incremento gradual en la disponibilidad de estos elementos. Así, año a año, las aguas con escaso caudal adquieren cada vez un mayor grado de “saturación” al contactar roca con mayor contenido de sales y metales expuestos, hasta que se presente un nuevo evento de “El Niño” capaz de remover los materiales acumulados, reiniciándose una vez más el ciclo de acumulación paulatina.

Los resultados del presente período de monitoreo (Julio 2011 a Junio 2012) corresponden al décimo año, los nueve anteriores son “inter El Niño” con caudales reducidos. Por lo tanto, es esperable que la tendencia creciente iniciada en 2002-2003 en los parámetros DAR empiece a disminuir, ya que dicha tendencia con la ocurrencia del siguiente evento de El Niño invertirá el proceso producido en la zona y es lo que se aprecia en el caudal de este año.

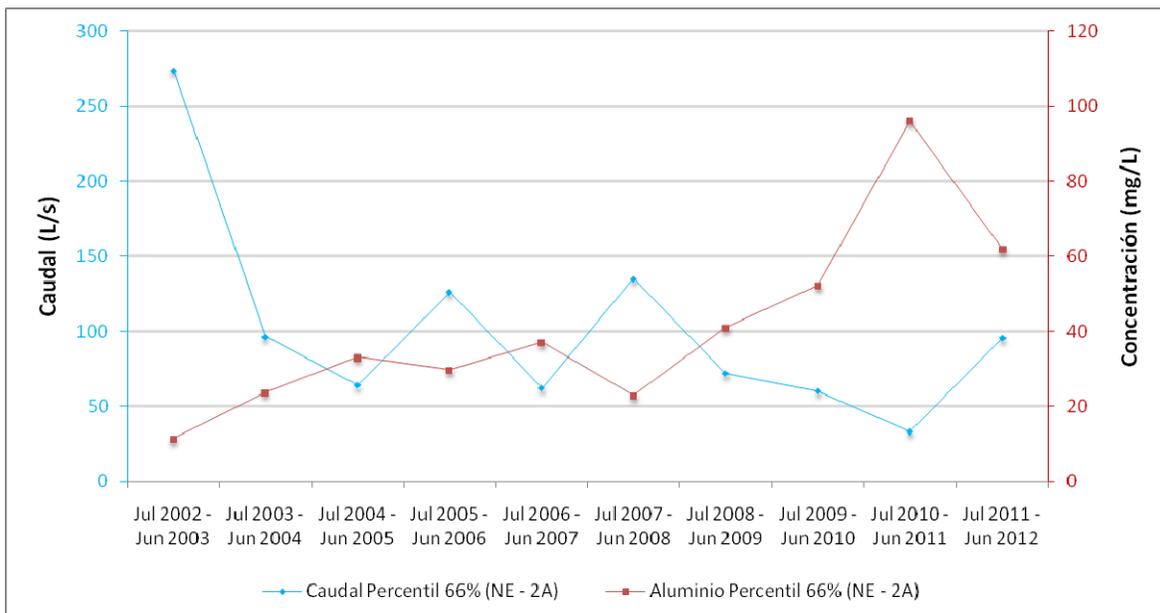
<sup>7</sup> Cabe señalar que los Coliformes Fecales se asocian a la presencia de bacterias de origen intestinal humano y animal, mientras que los Coliformes Totales incluyen la totalidad de bacterias del grupo coliforme.

<sup>8</sup> Para efectos prácticos, en el eje de las abscisas (eje X) se indica el año hidrológico de un año para representar el período correspondiente a julio de un año a junio del año siguiente (por ejemplo 2008 representa el año hidrológico 2008-2009).

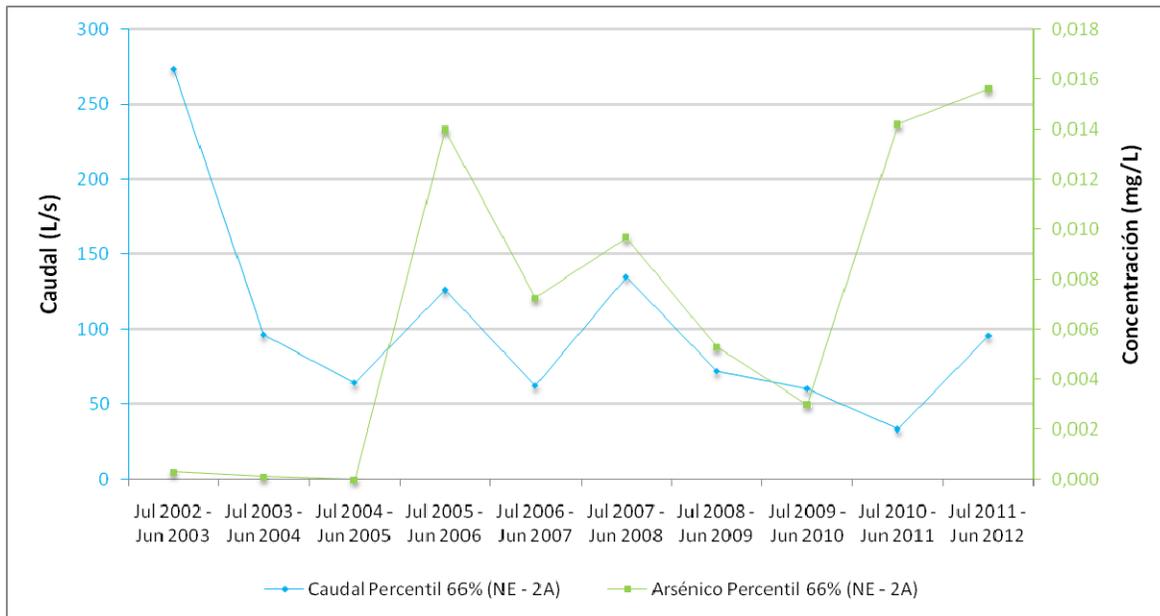
**Gráfico 5.5(i):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Sulfatos en Punto NE-2A por año hidrológico.



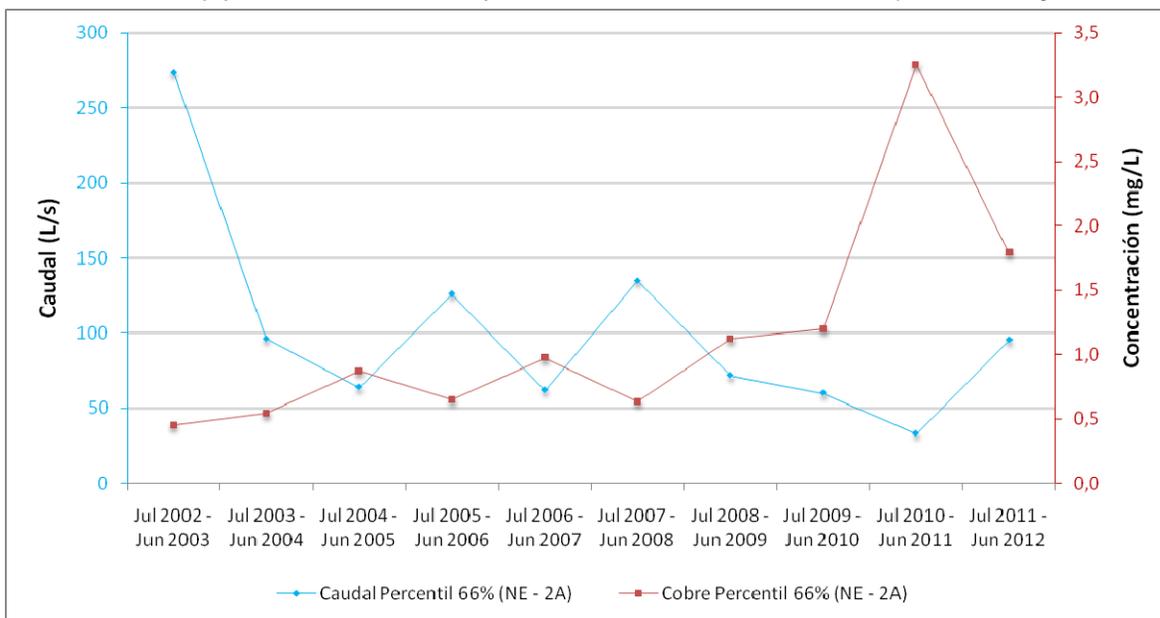
**Gráfico 5.5(ii):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Aluminio en Punto NE-2A por año hidrológico.



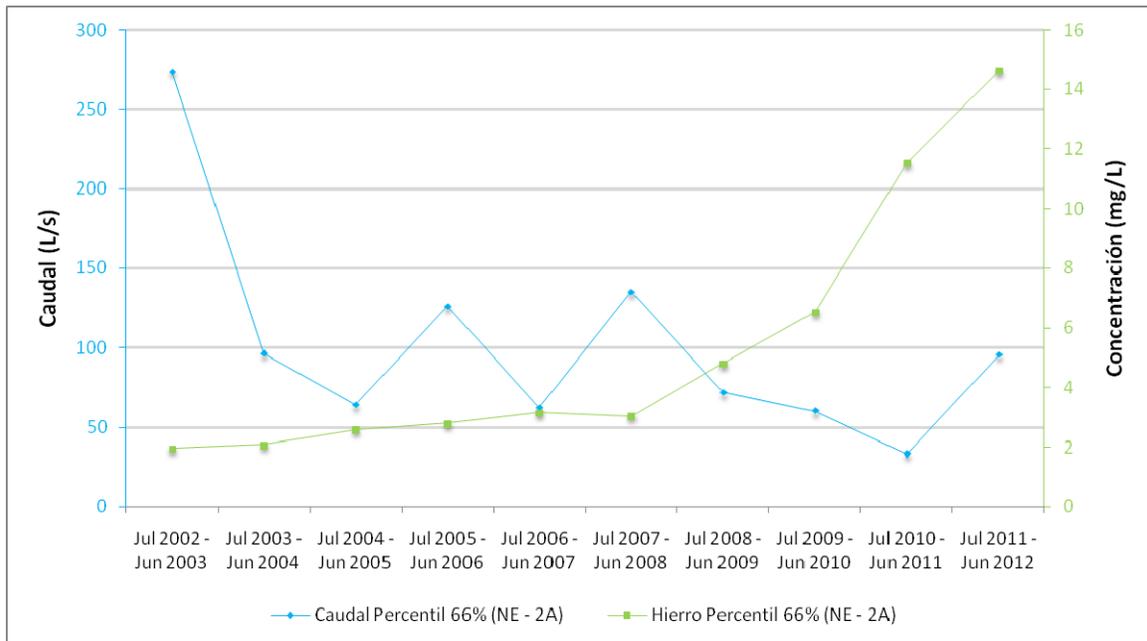
**Gráfico 5.5(iii):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Arsénico en Punto NE-2A por año hidrológico.



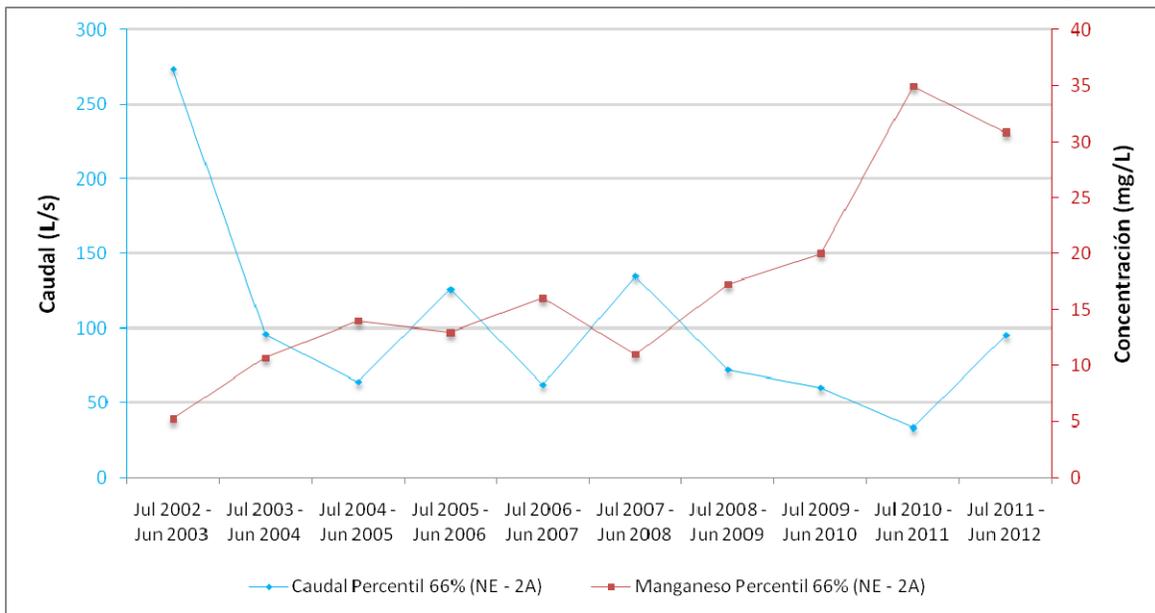
**Gráfico 5.5(iv):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Cobre en Punto NE-2A por año hidrológico.



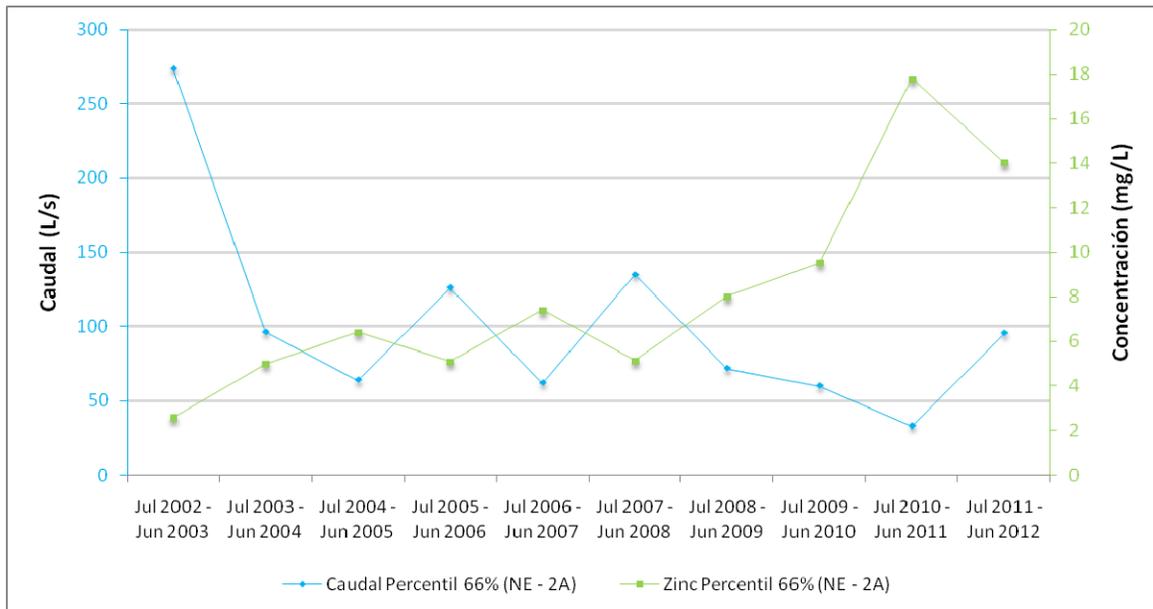
**Gráfico 5.5(v):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Hierro en Punto NE-2A por año hidrológico.



**Gráfico 5.5(vi):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Manganeso en Punto NE-2A por año hidrológico.



**Gráfico 5.5(vii):** Percentil 66% de Caudal y Concentración de Zinc en Punto NE-2A por año hidrológico.



## 5.6 Comparación con Normas

El Proyecto Pascua-Lama debe dar cumplimiento (RCA 24/06) a la norma de riego (NCh 1333) en el punto NE-4 del río Del Estrecho y a la norma de agua potable (NCh 409) en el punto NE-8 del mismo río, excepto para aquellos parámetros en que la línea base presenta resultados mayores de una o ambas normas de calidad. En esta sección se evalúa la ocurrencia de resultados mayores de ambos límites en el presente período de análisis (2011-2012).

En la **Tabla 5.6(i)** y **Tabla 5.6(ii)** se indican, para cada parámetro y estación, la superación de los límites máximos referenciales considerados en el período de análisis de los puntos NE-4 y NE-8, respectivamente. El numerador de la fracción representa el número de resultados mayores respecto a los límites establecidos y el denominador representa el total de registros. El guión, por su parte, representa la no ocurrencia de valores mayores en ninguna muestra.

**Tabla 5.6(i): Comparación 80% de los límites máximos NCh 1333 en punto NE-4.**

| PARÁMETRO                    | 80% NCh<br>1333 | SUPERA LÍMITE |           |        |       |
|------------------------------|-----------------|---------------|-----------|--------|-------|
|                              |                 | Invierno      | Primavera | Verano | Otoño |
| Aluminio (mg/l)              | 4               | 3/3           | 3/3       | 3/3    | 2/3   |
| Arsénico (mg/l)              | 0,1             | -             | -         | 2/3    | -     |
| Bario (mg/l)                 | 3               | -             | -         | -      | -     |
| Berilio (mg/l)               | 0,1             | -             | -         | -      | -     |
| Boro (mg/l)                  | 0,60            | -             | -         | -      | -     |
| Cadmio (mg/l)                | 0,01            | 2/3           | 3/3       | 3/3    | 2/3   |
| Cianuro (mg/l)               | 0,2             | -             | -         | -      | -     |
| Cloruro (mg/l)               | 160             | -             | -         | -      | -     |
| Cobalto (mg/l)               | 0,04            | -             | -         | 1/3    | -     |
| Cobre (mg/l)                 | 0,2             | 2/3           | 3/3       | 3/3    | 2/3   |
| Cond. Eléctrica<br>(µmho/cm) | 2400            | -             | -         | -      | -     |
| Cromo (mg/l)                 | 0,1             | -             | -         | -      | -     |
| Fluoruro (mg/l)              | 1               | -             | -         | -      | -     |
| Hierro (mg/l)                | 4,0             | -             | -         | 3/3    | -     |
| Litio (mg/l)                 | 2,0             | -             | -         | -      | -     |
| Manganeso (mg/l)             | 0,2             | 3/3           | 3/3       | 3/3    | 3/3   |
| Mercurio (mg/l)              | 0,001           | -             | -         | -      | -     |
| Molibdeno (mg/l)             | 0,01            | 1/3           | 1/3       | -      | -     |
| Níquel (mg/l)                | 0,2             | 1/3           | 2/3       | 3/3    | 2/3   |
| Plata (mg/l)                 | 0,2             | -             | -         | -      | -     |
| Plomo (mg/l)                 | 4,0             | -             | -         | -      | -     |
| Selenio (mg/l)               | 0,02            | -             | -         | -      | -     |
| Sodio porcentual (%)         | 28              | -             | -         | -      | -     |
| Sulfatos (mg/l)              | 200             | 3/3           | 3/3       | 3/3    | 2/3   |
| Vanadio (mg/l)               | 0,1             | -             | -         | -      | -     |
| Zinc (mg/l)                  | 2               | 2/3           | 3/3       | 3/3    | 2/3   |

**Tabla 5.6(ii): Comparación de los límites máximos NCh 409 en punto NE-8.**

| PARÁMETRO               | UMBRAL NCH 409 | SUPERA UMBRAL |           |        |       |
|-------------------------|----------------|---------------|-----------|--------|-------|
|                         |                | Invierno      | Primavera | Verano | Otoño |
| Arsénico (mg/l)         | 0,01           | -             | -         | 3/3    | -     |
| Cadmio (mg/l)           | 0,01           | -             | -         | 1/3    | -     |
| Cianuro (mg/l)          | 0,05           | -             | -         | -      | -     |
| Cloruro (mg/l)          | 400            | -             | -         | -      | -     |
| Cobre (mg/l)            | 2              | -             | -         | -      | -     |
| Cromo (mg/l)            | 0,05           | -             | -         | -      | -     |
| Fluoruro (mg/l)         | 1,5            | -             | -         | -      | -     |
| Hierro (mg/l)           | 0,3            | 3/3           | 2/3       | 3/3    | 3/3   |
| Magnesio                | 125            | -             | -         | -      | -     |
| Manganeso (mg/l)        | 0,1            | 3/3           | 3/3       | 3/3    | 3/3   |
| Mercurio (mg/l)         | 0,001          | -             | -         | -      | -     |
| Nitrato (mg/l)          | 50             | -             | -         | -      | -     |
| Nitrito (mg/l)          | 3              | -             | -         | -      | -     |
| Razón Nitrito + Nitrato | 1              | -             | -         | -      | -     |
| pH                      | 6,5 < pH < 8,5 | 3/3           | 2/3       | 3/3    | 2/3   |
| Plomo (mg/l)            | 0,05           | -             | -         | 3/3    | -     |
| Selenio (mg/l)          | 0,01           | -             | 1/3       | -      | -     |
| SDT (mg/l)              | 1500           | -             | -         | -      | -     |
| Sulfatos (mg/l)         | 500            | -             | -         | -      | -     |
| Zinc (mg/l)             | 3              | -             | -         | -      | -     |

El análisis de las tablas expuestas anteriormente permite formular las siguientes observaciones:

- Punto NE-4:** los parámetros DAR, en forma natural resultan mayores que el 80% de la norma NCh.1333, reafirmando su categoría de parámetro de interés especial debido a la generación de drenajes ácidos naturales de la cuenca. Del resto de parámetros no indicadores de drenaje ácido natural, las concentraciones de cadmio, cobalto, molibdeno y níquel registran valores por sobre el límite definido.
- Punto NE-8:** De los parámetros DAR, los parámetros que no sobrepasan en forma natural la Norma NCh.409 son Cobre, Sulfatos y Zinc, todos los demás parámetros DAR sobrepasan en forma natural en por lo menos un registro los valores normativos. Respecto de los de parámetros no DAR, el Cadmio, plomo y selenio en forma natural sobrepasan el límite de la normal.

## 6 Conclusiones

El análisis de los resultados comprendió el comportamiento espacial y temporal de los parámetros monitoreados, es decir, la variación de calidad y caudal que se produce a lo largo de los cauces y a lo largo del período de medición. Además, se realizó una comparación de la línea base con la norma de riego NCh 1.333 (80%) en el punto de monitoreo superficial denominado NE-4 y una comparación de la línea base con la norma de agua potable NCh 409 en el punto NE-8; en ambos puntos el Proyecto se ha comprometido a mantener el cumplimiento de las respectivas normas, exceptuando aquellos parámetros que de forma natural resultan mayores.

Las conclusiones del análisis de los resultados del monitoreo de aguas del período Julio 2011 a Junio 2012 se presentan a continuación:

- En la línea de flujo que se inicia en la cuenca alta del Río del Estrecho, donde se ubica la zona mineralizada que da origen al yacimiento minero, y que termina en el Río del Tránsito, inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el Río Chollay, las concentraciones y/o niveles de los parámetros indicadores de acidez muestran el comportamiento típico observado en la línea base: un descenso notorio a lo largo del recorrido de las aguas, exceptuando el pH que presenta un patrón inverso. Las concentraciones relativamente elevadas que se producen en la cuenca alta (zona mineralizada) se diluyen gradualmente hacia aguas abajo, en la medida que la línea de flujo recibe aportes laterales de aguas neutras, siendo notorio el efecto de dilución y neutralización que aporta el primero de ellos (la Quebrada Barriales).
- El comportamiento del pH es inverso: en la cuenca alta presenta los valores ácidos (cercaos a 4), reflejando el proceso de acidificación natural de las aguas, y aumenta paulatinamente hacia aguas abajo, en la medida que la línea de flujo recibe aportes laterales de aguas neutras.
- En la cuenca alta del Río del Estrecho se observa que el comportamiento de los parámetros indicadores de acidez natural presenta una variación estacional, con valores máximos en el período de Invierno-Primavera. Este comportamiento se atribuye al efecto de arrastre y/o lixiviación natural de sales y metales que producen los caudales (reducidos) en invierno y los primeros deshielos en su paso a través de los intersticios y fisuras de la roca y coluvios existentes en la zona mineralizada de la cuenca en primavera. Aguas abajo, esta variación estacional desaparece. Se observa un comportamiento errático en el hierro, atribuido nuevamente a su condición no conservativa, que permite la precipitación y redisolución en función principalmente de los cambios de pH del agua.
- En la línea de flujo que se inicia en la cuenca alta del Río El Toro -colindante con la zona mineralizada que da origen al yacimiento minero- y que termina en el Río del Carmen, las aguas son en general neutras y no presentan contenidos significativos de metales y sales a la altura intermedia del río El Toro.

- En los pozos de monitoreo el comportamiento de los parámetros indicadores de acidez es similar al de los puntos superficiales más cercanos, evidenciando la ocurrencia de drenajes ácidos naturales en la cuenca alta del Río del Estrecho y un efecto de dilución y neutralización hacia aguas abajo.
- Analizado el comportamiento histórico de los parámetros indicadores de acidez natural, se observa que las concentraciones en general mostraron una tendencia creciente desde el período 2002-2003 al período 2010-2011, Este comportamiento se atribuyó a que era un período “inter El Niño”, es decir, los años en que la cuenca presenta caudales reducidos.
- Los resultados del presente período de monitoreo (Julio 2011 a Junio 2012) corresponden a un período de crecida de los caudales. Por lo tanto, la tendencia creciente iniciada en 2002-2003, se revierte. Al analizar el año hidrológico completo, se puede suponer que esta disminución se debe a un nuevo evento de El Niño en la zona.
- En el punto de monitoreo NE-4, los parámetros DAR, en forma natural resultan mayores que el 80% de la norma NCh.1333, reafirmando su categoría de parámetro de interés especial debido a la generación de drenajes ácidos naturales de la cuenca. Del resto de parámetros no indicadores de drenaje ácido natural, las concentraciones de cadmio, cobalto, molibdeno y níquel registran valores por sobre el límite definido.
- Por otro lado, en el punto NE-8, respecto a los parámetros DAR, los parámetros que no sobrepasan en forma natural la Norma NCh.409 son Cobre, Sulfatos y Zinc, todos los demás parámetros DAR sobrepasan en forma natural en por lo menos un registro los valores normativos. Respecto de los de parámetros no DAR, el Cadmio, plomo y selenio en forma natural sobrepasan el límite de la normal.