

Santiago, 30 de junio de 2020  
GSRI-077/2020

**SEÑORES**  
**SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE**  
**TEATINOS 280 PISO 8**  
**SANTIAGO**

**REF.:** Fiscalización no programada del 23 de enero 2019, relativa a rotura de relaveducto, de la unidad fiscalizable CODELCO División Andina

- Resolución Exenta N° 285, fecha 22 de febrero de 2019, de la SMA
- Carta GSRI 051-2019, fecha 7 de marzo de 2019, Codelco Chile
- Carta GSAE 151-19, fecha 19 noviembre de 2019, Codelco Chile


**MAT.:** Informe final del "Estudio del estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del Río Aconcagua".

**INCL.:** Informe Final "Estudio del estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del Río Aconcagua en el área de influencia de la fuga de relave de CODELCO Andina" – EULA, junio 2020

Estimado Señor:

De acuerdo a la solicitud de información indicada en la Resolución Exenta N° 285, de fecha 22 de febrero de 2019 de la Superintendencia de Medio Ambiente y en complemento a la respuesta enviada por Codelco Chile en las Cartas GSRI 051-2019 y GSAE 151-19, envío a ud. el Informe Final del "Estudio del estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del Río Aconcagua, en el área de influencia de la fuga de relave de CODELCO Andina", junio 2020. EULA-Chile Centro de Ciencias Ambientales. El documento presenta el análisis integrado de los resultados y conclusiones de todas las campañas de muestreo.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

  
Veronica Bilbao  
S.  
2020.06.30  
15:26:04 -04'00'

**Verónica Bilbao Solar**  
**Gerente Corporativo de Sustentabilidad**  
**CODELCO Chile**



Universidad de Concepción  
Centro de Ciencias Ambientales EULA

**ESTUDIO DEL ESTADO ECOLOGICO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL DE LA  
CUENCA DEL RIO ACONCAGUA, EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA FUGA DE  
RELAVE DE CODELCO ANDINA**

**Junio 2020**



## GRUPO DE INVESTIGACIÓN

### Investigadores

**Dr. Claudio Valdovinos** (Responsable del estudio)  
Biólogo, Doctor en Ciencias Mención Zoología (U. de Concepción)  
Especialista macroinvertebrados y limnología

**Dr. Pablo Fierro**  
Biólogo Marino, Doctor en Ciencias Ambientales (U. de Concepción)  
Especialista macroinvertebrados y conservación de biodiversidad acuática

**Dra. Viviana Olmos**  
Biólogo, Doctor en Ciencias Mención Zoología (U. de Concepción)  
Especialista en invertebrados dulceacuícolas

### Colaboradores en el estudio

**Téc. Cristian Espinoza**  
Inspector Ambiental (U. De Concepción)  
Laboratorio Química Ambiental, Centro EULA

**Sr. Waldo San Martín**  
Técnico de Terreno especialista en monitoreos biológicos  
Unidad operativa de terreno, Centro EULA

**Sra. Yely Ambiado**  
Secretaria Dirección Centro EULA  
Coordinación de logística, Centro EULA



**Dr. Claudio Valdovinos Zarges**  
Responsable del Estudio

CONCEPCIÓN. Junio del 2020.



## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	13
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	14
3. METODOLOGIA.....	16
3.1 Área de estudio y períodos de muestreos .....	16
3.2 Evaluación de la calidad del hábitat fluvial y ribereño.....	18
3.3 Estudio de bioindicadores de calidad del ambiente acuático.....	20
3.3.1 Componente autotrófico .....	21
3.3.2 Zoobentos .....	21
3.3.3 Análisis e interpretación de los datos de bioindicadores.....	22
3.4 Estudio de calidad de aguas superficiales y del relave.....	24
3.4.1 Parámetros analizados por estación .....	24
3.4.2 Diseño del muestreo.....	25
3.4.3 Obtención y conservación de las muestras .....	25
3.4.4 Mediciones y registros <i>in situ</i> .....	26
3.4.5 Análisis de laboratorio.....	26
3.4.6 Análisis e interpretación de los datos .....	28
3.5 Estudio de calidad de sedimentos.....	28
3.5.1 Parámetros estudiados por estación.....	28
3.5.2 Metodología de muestreo y mediciones <i>in situ</i> .....	29
3.5.3 Análisis de laboratorio.....	29
3.5.4 Análisis e interpretación de los datos .....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
4.1 Registros de terreno.....	33
4.1.1 Inspección de terreno y muestreo a las 24h de ocurrido el incidente .....	33



4.1.2 Inspección de terreno y muestreo a una semana de ocurrido el incidente. ....	57
4.1.3 Inspecciones de terreno de abril y diciembre del 2019. ....	58
4.2 Evaluación de la calidad del hábitat acuático y ribereño .....	58
4.3 Bioindicadores de calidad ambiental .....	63
4.3.1 Variabilidad espacio-temporal de los macroinvertebrados .....	65
4.3.2 Macroinvertebrados como bioindicadores de calidad ambiental .....	71
4.4 Caracterización del relave de Codelco .....	74
4.5 Evaluación de la calidad de agua del ecosistema fluvial .....	79
4.5.1 Evaluación de parámetros químicos y físico-químicos .....	79
4.5.2 Evaluación ecotoxicológica con <i>Daphnia magna</i> .....	92
4.6 Evaluación de los sedimentos.....	95
4.6.1 Caracterización granulométrica de los sedimentos .....	95
4.6.2 Caracterización química de los sedimentos .....	97
4.6.3 Análisis del Factor de Enriquecimiento.....	99
5. CONCLUSIONES.....	104
6. BIBLIOGRAFIA .....	106
7. ANEXOS.....	111
ANEXO 1: Resultados de la Campaña 1 (24 de enero del 2019) .....	111
Anexo 1-1: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.....	111
Anexo 1-2: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos. ....	111
Anexo 1-3: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.....	111
Anexo 1-4: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).....	111
Anexo 1-5: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño. ....	111
ANEXO 2: Resultados de la Campaña 2 (30 de enero del 2019) .....	111
Anexo 2-1: Informe de terreno.....	111
Anexo 2-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial. ....	111
Anexo 2-3: Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial. ....	111
Anexo 2-4: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos. ....	111



Anexo 2-5:	Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.....	111
Anexo 2-6:	Informe de laboratorio de la química del relave.....	111
Anexo 2-7:	Informe de terreno del muestreo del relave. ....	111
Anexo 2-8:	Informe de laboratorio de la granulometría del relave. ....	111
Anexo 2-9:	Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).....	111
Anexo 2-10:	Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.....	111
ANEXO 3:	Resultados de la Campaña 3 (16 de abril del 2019).....	112
Anexo 3-1:	Informe de terreno.....	112
Anexo 3-2:	Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.	112
Anexo 3-3:	Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial. ....	112
Anexo 3-4:	Informe de laboratorio de la química de los sedimentos. ....	112
Anexo 3-5:	Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.....	112
Anexo 3-6:	Informe de laboratorio de la química del relave.....	112
Anexo 3-7:	Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).....	112
Anexo 3-8:	Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño. ....	112
ANEXO 4:	Resultados de la Campaña 4 (3 de diciembre del 2019).....	112
Anexo 4-1:	Informe de terreno.....	112
Anexo 4-2:	Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.	112
Anexo 4-3:	Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial. ....	112
Anexo 4-4:	Informe de laboratorio de la química de los sedimentos. ....	112
Anexo 4-5:	Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.....	112
Anexo 4-6:	Informe de laboratorio de la química del relave.....	112
Anexo 4-7:	Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).....	112
Anexo 4-8:	Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño. ....	112



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sitio del derrame de relave CODELCO en el río Blanco (estrella roja) y localización de las estaciones señaladas en la Tabla 1. ....	17
Figura 2. Diagrama simplificado que muestra la secuencia de estaciones en el área de estudio. La Flecha curva de la derecha corresponde al “ <i>by-pass</i> ” del río Blanco de Colbún S.A. ....	40
Figura 3. Vista general de la estación C, de referencia sin la influencia del relave (enero 24, 2019 a las 14:49h).....	41
Figura 4. Fotografía del fondo en el sector ribereño de la estación C (referencia), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la escasa depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas verdes filamentosas perifíticas (enero 24, 2019). ....	41
Figura 5. Fotografía subacuática del fondo de la estación C (referencia), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la escasa depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas filamentosas perifíticas fijas al substrato y derivando (enero 24, 2019). ....	42
Figura 6. Fotografía sobre un tamiz sedimentológico de 0,5 mm, que muestra la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de calidad de agua (Ephemeroptera) en la estación C (enero 24, 2019). ....	42
Figura 7. Vista general de la estación 23, correspondiente a la zona de impacto directo del derrame de relave (Enero 24, 2019). ....	43
Figura 8. Fotografía del fondo en el sector ribereño de la estación 23 (impacto directo), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la abundante depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas verdes filamentosas perifíticas (enero 24, 2019).....	43
Figura 9. Vista de la zona ribereña de la estación 23 de impacto directo, en la cual es substrato de fondo correspondiente a bolones, se encuentra totalmente cubierto de limo procedente del relave (Enero 24, 2019).....	44
Figura 10. Fotografía del sector ribereño de la estación 23 de impacto directo. Se observa limo del relave recubriendo el fondo de bolones. Se constata que hubo un descenso del nivel de las aguas luego de la fuga, lo que facilitó la acumulación del relave sobre las riberas de esta estación. Las fanaerógamas no fueron afectadas y son indicadoras del sistema ribereño (enero 14, 2019). ....	44
Figura 11. Fotografía sobre un tamiz sedimentológico de 0,5 mm, que muestra la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de calidad de agua (Ephemeroptera) en la estación 23 afectada por la depositación de relave sobre los bolones (enero 24, 2019). Al fondo de la fotografía se observa la estación 23 con sus bolones enfangados. ....	45



- Figura 12. Detalle de la fotografía anterior, en la cual se observan los mismos Ephemeroptera presentes en la estación de referencia. No se registró un efecto tóxico sobre ellos pero si una afectación de su hábitat de fondo, ya que gran parte (pero no todos) de los intersticios de los bolones fueron rellenados con limo procedente del relave. .... 45
- Figura 13. Fotografía de la estación 23 mostrando las acumulaciones de limo procedente del relave en los sectores ribereños (enero 24, 2019). .... 46
- Figura 14. Fotografía obtenida en la estación 23, aproximadamente una semana después de ocurrido la fuga de relave (enero 30, 2019). En esta fotografía se muestran los sectores ribereños luego de las actividades de limpieza y remoción realizadas por DAND. .... 46
- Figura 15. Material extraído por DAND durante las actividades de limpieza y remoción (sector ribereño de la estación 23. Enero 30, 2019). .... 47
- Figura 16. Vista general de la estación 23 y de la confluencia del río Blanco (a la derecha) con el estero Los Leones (a la izquierda). Nótese la alta turbidez natural del estero Los Leones, que contrasta con la estación 23 afectada por el relave caso 24h antes (enero 24, 2019). .... 47
- Figura 17. Comparación de los sedimentos afectados por el relave de la estación 23 (color gris), con los sedimentos de la estación 28 ubicada inmediatamente aguas abajo (color café). Estos sedimentos de color café proceden fundamentalmente del estero Los Leones mostrados en la fotografía anterior (enero 24, 2019). .... 48
- Figura 18. Fotografía de la estación 28, antes de la bocatoma de Colbún que deriva el río hacia la central Blanco y devuelta posteriormente al río Aconcagua. Nótese las diferencias en turbidez en relación a las estaciones C (referencia) y 23 (impacto directo), lo cual es explicado por la carga de sólidos del estero Los Leones (Enero 24, 2019). .... 48
- Figura 19. Fotografía sobre un tamiz sedimentológico de 0,5 mm, que muestra la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de calidad de agua (Ephemeroptera) en la estación 28 (Enero 24, 2019). .... 49
- Figura 20. Fotografía de la estación 28, antes de la bocatoma de Colbún que deriva el río hacia la central Blanco y devuelta posteriormente al río Aconcagua (vista río abajo). Nótese las diferencias en turbidez en relación a las estaciones C (referencia) y 23 (impacto directo), lo cual es explicado por la carga de sólidos del estero Los Leones. Se observa la estación DGA que monitorea los caudales en línea (Enero 24, 2019). .... 49
- Figura 21. Bocatoma del Colbún S.A. que deriva el 100% de caudal del río Blanco hacia la central Blanco y juego devolver las aguas el río Aconcagua (Enero 24, 2019). .... 50
- Figura 22. Fotografía del río Blanco aguas abajo de la bocatoma de Colbún S.A. El río es secado al ser completamente derivado hacia la central Blanco (Enero 24, 2019). De esta forma, los residuos del relave en el momento de la fotografía no siguieron avanzado por el río Blanco, sino avanzado directamente hacia el río Aconcagua. .... 50





- Figura 23. Fotografía de la estación BL10 en el río Blanco sector Saladillo. Esta agua corresponden a filtraciones del río Blanco aguas debajo de la bocatoma de derivación de Colbún S.A., más afloramientos del área del Puente Confluencia. .... 51
- Figura 24. Fotografía de la estación BL10a. Nótese una disminución de la turbidez y el aumento significativo del caudal en relación a la estación de aguas arriba (BL10). Ello se debe que ha recibido en este tramo los aportes del esepero Polvareda caracterizado por su baja turbidez. .... 51
- Figura 25. Fotografía de la estación BL20 correspondiente al río Blanco antes de su confluencia con el río Juncal (JU10) y dar origen al río Aconcagua. Inmediatamente aguas arriba de este sector, ingresa al río el RIL del “efluente mixto” de Codelco (Enero 24, 2019). Nota: esta fue la primera estación realizada el recorrido. .... 52
- Figura 26. Una misma muestra de agua obtenida en la estación BL20 del río Juncal con un intervalo de un minuto. Nótese la rápida sedimentación de las partículas en suspensión. 53
- Figura 27. Fotografía de la estación JU10 localizada en el río Juncal antes de su confluencia con el río Blanco (BL20) para dar inicio al río Aconcagua. Esta es la única estación del presente estudio que no tiene influencia de las actividades de Codelco (Enero 24, 2019). 54
- Figura 28. Sedimentos del fondo del río Juncal en JU10. Estos sedimentos son más gruesos y oscuros que los que transporta el río Blanco. Nótese la presencia de microalgas perifíticas (Enero 24, 2019). .... 54
- Figura 29. Fotografía de la estación AC10 al inicio del río Aconcagua. Nótese su elevada turbidez y caudal (Enero 24, 2019)..... 55
- Figura 30. Fotografía de la estación AC10b localizada inmediatamente aguas arriba de Los Andes. Nótese la elevada turbidez y caudal al igual que la fotografía anterior de la estación AC10. Esta fotografía fue obtenida a las 19:24 h, para facilitar su comparación con la estación siguiente correspondiente a AC20 obtenida casi una hora después (Enero 24, 2019). .... 55
- Figura 31. Fotografía de la estación obtenida en la estación AC20 localizada en San Felipe (Puente El Rey). Esta fotografía fue obtenida con una diferencia de casi una hora en relación a la de la estación anterior (AC10b). Nótese el bajo caudal, su elevada turbidez y la ausencia de depósitos de sedimentos claros en la ribera (los que hay son gruesos y oscuros) (Enero 24, 2019). .... 56
- Figura 32. Fotografía de los fondos de la estación AC20. Nótese la moderada turbidez, la ausencia de depósitos de sedimento fino y la presencia de escasas microalgas (Enero 24, 2019). .... 56
- Figura 33. Comparación de las dos estaciones más bajas de la cuenca consideradas en este estudio, correspondientes a AC10b (Los Andes) y AC20 (San Felipe). Estas dos estaciones fueron obtenidas en un intervalo de casi una hora y están separadas por aproximadamente 21 km (Enero 24, 2019). Las diferencias en estas fotografías indican que gran parte de las aguas de AC10b en el momento de la fotografía, fueron extraídas para riego. .... 57



- Figura 34. Caudales medios diarios ( $m^3/s$ ) de los ríos Blanco y Aconcagua durante el año 2019 (desde el 1 de enero al 17 de abril), indicando las fechas de los muestreos 1, 2 y 3. Línea roja = Fecha de la fuga de relave. (datos de la Dirección General de Aguas – DGA). 59
- Figura 35. Dendrograma que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus comunidades de macroinvertebrados (agrupaciones en rojo  $P>0,05$ ). 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. El dendrograma fue construido mediante el método de agrupamiento UPGMA, en base a una matriz de similitud de Bray & Curtis con los datos con transformación  $\text{Log}_{10}(x+1)$ ..... 69
- Figura 36. Ordenación obtenida con MDS, que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus comunidades de macroinvertebrados. Los círculos rojos destacan la estación 23 correspondiente a la estación de impacto directo de relave..... 70
- Figura 37. MDS de la figura anterior, en la cual se muestran “gráficos de burbujas” de las abundancias de Diptera Chironomidae..... 70
- Figura 38. Actividades de muestreo del relave DAND para su caracterización y evaluación toxicológica, realizadas el 30 de enero del 2019. .... 76
- Figura 39. a) Medición de parámetros in situ de la muestra del relave; b) Al dejar reposar la muestra de relave durante un minuto, 1/3 de la fracción de limo de la muestra sedimenta, separándose en dos fases; c) el limo depositado en el fondo y ribera del río en la estación 23 (enero 30, 2019), con similar textura y color a la del relave..... 77
- Figura 40. Dendrograma que agrupa los cuatro muestreos por estación según su calidad de agua (agrupaciones en rojo  $P>0,05$ ). 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. El dendrograma fue construido mediante el método de agrupamiento UPGMA, en base a una matriz de similitud de Bray & Curtis con los datos con transformación  $\text{Log}_{10}(x+1)$ . El rectángulo rojo destaca las estaciones afectadas por el relave. .... 89
- Figura 41. Ordenación obtenida con MDS, que agrupa los cuatro muestreos por estación según los parámetros de calidad de agua. 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. La zona encerrada en rojo indica las estaciones cuya química del agua fue afectada por la fuga de relave..... 90
- Figura 42. MDS de la figura anterior, en la cual se muestran “gráficos de burbujas” de las concentraciones de Hierro total, Aluminio total y Arsénico total. .... 91
- Figura 43. Análisis de Componentes Principales (ACP) que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus parámetros de calidad de agua. 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. La zona roja destaca las estaciones afectadas por el derrame de relave. .... 92



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las estaciones de muestreo consideradas en el presente estudio (coordenadas con Huso 19H). .....	17
Tabla 2. Sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias (IBF) (Hauer & Lamberti 1996). .....	23
Tabla 3. Listado de parámetros de calidad de agua determinados en laboratorio indicando las metodologías analíticas empleadas. ....	27
Tabla 4. Listado de parámetros de calidad de agua determinados en laboratorio de las muestras del relave de Codelco, indicando las metodologías analíticas empleadas. ....	28
Tabla 5. Listado de parámetros de calidad de los sedimentos determinados en laboratorio, indicando las metodologías analíticas empleadas. ....	30
Tabla 6. Rangos de valores de selección, asimetría y curtosis, utilizada para la interpretación granulométrica. ....	32
Tabla 7. Evaluación del hábitat para la biota acuática, en los cuatro muestreos. Las celdas destacadas en celeste muestran valores anómalos causados por la fuga de relave de Codelco. ....	61
Tabla 8. Listado taxonómico de los macroinvertebrados bentónicos (>250 µm) presentes en las estaciones de muestreo cuenca hidrográfica del río Aconcagua. ....	64
Tabla 9. Composición y abundancia media (N/m <sup>2</sup> ) de macroinvertebrados bentónicos. ...	67
Tabla 10. Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. S= Riqueza específica, F= Número de familias, A= abundancia (N/m <sup>2</sup> ), H´= Índice de diversidad de Shannon, J´= Equidad, IBF= Índice Biótico de Familias de Hilsenhoff, Cla= Clase de calidad según IBF. ...	72
Tabla 11. Resultados de los análisis de la muestra de relave de Codelco obtenida en 30 de enero del 2019. Se consideraron dos tipos de mediciones: a) relave total, en que la muestra fue previamente agitada antes del análisis y b) análisis del sobrenadante de la misma muestra sedimentada como se muestra en la figura anterior. Las celdas naranjas indican aquellos parámetros que superan la norma Ch1333-riego y en celeste aquellos parámetros que no superan la norma. ....	78
Tabla 12. Síntesis de resultados de los bioensayos de toxicidad aguda (CL <sub>50</sub> -24h y CL <sub>50</sub> -48h) y crónica (LOAEC y NOAEC), realizados con las muestras de der relave de Codelco (del 30 de enero 2019), empleando el microcrustáceo zooplanctónico <i>Daphnia magna</i> en condiciones experimentales de laboratorio. A modo de referencia se realizó el mismo bioensayo con aguas del río Juncal (JU10) considerado como área de referencia sin la influencia de las actividades de Codelco (del 30 de enero del 2019). NOAEC= dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control. LOAEC= dilución más	



baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control. .... 78

Tabla 13. Tabla de síntesis de resultados de las mediciones de calidad de agua en los cuatro muestreos. Los parámetros están agrupados en seis categorías (a-g) para facilitar su interpretación. La segunda columna indica los valores normados en la NCh1333; los colores indican si corresponde a riego (verde), conservación de la vida acuática (celeste) y recreación y estética (naranja). Aquellas mediciones que superaron alguno de los valores normados, se destacan con la coloración correspondiente. .... 82

Tabla 14. Tabla de síntesis de resultados de las mediciones de calidad de agua en los cuatro muestreos. Los parámetros están agrupados en seis categorías (a-g) para facilitar su interpretación. La segunda columna indica los valores normados en la NCh1333; los colores indican si corresponde a riego (verde), conservación de la vida acuática (celeste) y recreación y estética (naranja). Aquellas mediciones que superaron alguno de los valores normados, se destacan con la coloración correspondiente. .... 84

Tabla 15. Síntesis de resultados de los bioensayos de toxicidad aguda ( $CL_{50-24h}$  y  $CL_{50-48h}$ ) y crónica (LOAEC y NOAEC), realizados con las muestras de agua del ecosistema fluvial empleando el microcrustáceo zooplanctónico *Daphnia magna* en condiciones experimentales de laboratorio (NOAEC= dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control. LOAEC= dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control). En color celeste se destacan los valores en que se registró toxicidad atípica. La estación del río Juncal (JU10) es de referencia para los bioensayos, correspondiendo a la única estación que no tiene influencia directa o indirecta de las actividades de Codelco Andina. .... 94

Tabla 16. Síntesis de resultados de la caracterización granulométrica de las estaciones de muestreo, indicando Phi-medio, selección, asimetría, curtosis y la clasificación textural de los sedimentos según la clasificación de Wentworth (1922). .... 96

Tabla 17. Caracterización de los sedimentos superficiales de las 10 estaciones de muestreo para cada uno de los períodos estudiados. La estación (destacada en gris) corresponde a la estación de referencia situada aguas arriba de la fuga de relave. Los datos destacados en celeste son aquellos que aparecen particularmente elevados al ser comparados con la estación de referencia. .... 98

Tabla 18. Rangos de clases de calidad según el Factor de Enriquecimiento (FE) según Hanif *et al.* (2016), Nourouzi *et al.* (2014), Sakan *et al.* (2009), Chen *et al.* (2007). En el presente estudio, los valores fueron estandarizados en función de los niveles de Hierro total siguiendo a Universidad de Chile (2016). Se consideraron como niveles de referencia (*background*), los niveles de Hierro total y otros metales y metaloides medidos, en la estación C del río Blanco (sin influencia de la fuga de relave). A cada rango se le asignó un color, para facilitar



la interpretación visual de los resultados a través de la construcción de una “matriz de calor”. ..... 101

Tabla 19. Factores de Enriquecimiento (FE) de metales y metaloides totales evaluados en la fracción fina de los sedimentos superficiales (0-50 mm) desde el sitio de la fuga de relave (estación 23) hacia abajo, incluyendo el río Juncal (JU10). Estos valores fueron estandarizados en función de los niveles de Hierro total siguiendo a Universidad de Chile (2016). Se consideraron como niveles de referencia (*background*), los niveles de Hierro total y otros metales y metaloides medidos en la estación de referencia C localizada inmediatamente aguas arriba del sitio de la fuga. Se construyó una “matriz de calor” clasificando cada valor de FE en siete rangos según su grado de enriquecimiento y su correspondiente nivel de contaminación..... 102



## RESUMEN

Según lo informado con fecha 23 de enero de 2019 por DAND, ocurrió una fuga de relave, que se incorporó a las aguas del río Blanco, generando una importante alarma pública. DAND solicitó al Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción realizar una inspección de terreno, mediciones *in situ* y la obtención de muestras de agua y sedimento el 24 de enero y preparar el documento titulado: INFORME INSPECCIÓN DE TERRENO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL Y RIBEREÑO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA FUGA DE RELAVE DE CODELCO ANDINA (CURSO SUPERIOR DEL RÍO BLANCO: CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA). Luego, DAND solicitó al Centro EULA continuar estos trabajos, lo cual se materializó en el “ESTUDIO DEL ESTADO ECOLOGICO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL DE LA CUENCA DEL RIO ACONCAGUA, EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA FUGA DE RELAVE DE CODELCO ANDINA”.

El estudio consideró cuatro muestreos realizados a lo largo de 11 meses del 2019: 24 de enero, 30 de enero, 16 de abril y 3 de diciembre. En cuanto a los informes de avance entregados previamente a este informe final, estos fueron los siguientes: Informe de Avance N°1 - 24 enero 2019 (observaciones de terreno del 24 enero 2019); Informe de Avance N°2 – 6 febrero 2019 (observaciones de terreno del 30 enero 2019); Informe de Avance N°3 – 25 noviembre 2019 (resultados de laboratorio campañas 1, 2 y 3).

El objetivo general del presente estudio, ha sido evaluar el estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua en el área de influencia de la fuga de relave de Codelco Andina, considerando su variabilidad espacial y temporal. Este estudio se ha focalizado en el uso de bioindicadores de calidad ambiental, para la evaluación de posible impacto de la fuga del relave. Las ventajas del uso de bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua e implementar acciones sobre la recuperación son variadas. Una de las más relevantes es que las comunidades biológicas reflejan de manera integrada las condiciones del sistema afectado (física, química, biológica y ecológica). Los objetivos



específicos del presente estudio fueron los siguientes: Objetivo 1: Evaluar el efecto potencial de la fuga de relave en las aguas del río Blanco, considerando mediciones de indicadores físicos, químicos y biológicos, en comparación con el estudio de línea de base realizado por el Centro EULA (2014-2015) y otros estudios que dispone CODELCO; Objetivo 2: Dimensionar espacialmente al área potencial de influencia de la fuga de relave y estudiar su variabilidad temporal a lo largo del estudio.

En el presente documento, que corresponde al informe final, se dan a conocer los resultados obtenidos en las cuatro campañas de terreno consideradas en el estudio, que fueron llevadas a cabo en las siguientes fechas: Campaña 1: Enero 24, 2019 (muestreo exploratorio a las 24 horas de ocurrida la fuga de relave); Campaña 2: Enero 30, 2019 (a una semana del derrame y con el término de la actividad de limpieza); Campaña 3: Abril 16, 2019 (evaluación de la recuperación en otoño); Campaña 4: Diciembre 3, 2019 (evaluación de la recuperación a fines de primavera e inicio del verano).

Los resultados muestran que el derrame de relave de Codelco, no tuvo un efecto significativo en la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua. El efecto se manifestó puntualmente en la primera semana luego del derrame, especialmente en la estación 23 de impacto directo, en la cual se acumuló sedimento del relave que alteró el hábitat bentónico. Sin embargo, no tuvo un efecto tóxico por tratarse de un material inerte, como lo demostraron los bioensayos de toxicidad y los bioindicadores de calidad de agua. Este sedimento fue removido por Codelco, observándose una clara recuperación en los muestreos posteriores. En cuanto a la calidad de agua, sólo se observó el incremento de las concentraciones de algunos parámetros en algunas estaciones, especialmente asociados al incremento de turbidez de las aguas, en el muestreo del 24 de enero del 2019. Esta situación no fue observada en los muestreos posteriores.

La inspección de terreno realizada a las 24h de ocurrido el incidente, permitió evidenciar como área afectada por la fuga de relave los sedimentos solamente la estación 23 localizada



inmediatamente aguas abajo del sitio de la fuga. El relave quedó en parte acumulado en las zonas ribereñas de menor pendiente de este tramo del río Blanco. El tramo de río afectado se localizó entre las compuertas de la confluencia con el río Los Leones y los ductos ubicados hacia el sector de la fuga. En la estación 23, dada su menor pendiente respecto de otros sectores ubicados río abajo, parte del material de relave se introdujo en los intersticios de la coraza de bolones del fondo del río, alterando parcialmente el hábitat ocupado por macroinvertebrados bentónicos. En estos bolones, se constató la presencia de estados inmaduros de insectos de la especie *Meridialaris diguillina* (Ephemeroptera Leptophlebiidae), el cual es un taxa bioindicador de aguas de buena calidad. Este hecho sugirió en ese momento que el relave es inerte y no ha tenido un efecto tóxico agudo sobre la biota acuática. Además, en esta estación 23 se evidenció que el relave depositado sobre los bolones, generó cambios físicos del hábitat por “enfangamiento” de los bolones.

Es importante destacar que en la inspección del 24 de enero del 2019, no se observó mortalidad de peces, de macroinvertebrados ni de plantas ribereñas en ninguna de las 10 estaciones inspeccionadas. El único tramo de río en la cual se constató una presencia importante de material de relave, correspondió a un sector del río Blanco de aproximadamente 130 m de longitud localizado en la estación 23 (entre compuertas en confluencia con estero Los Leones y la caída de las Tuberías procedentes del canal trapezoidal). Aguas abajo, sólo se registraron trazas (estaciones 28, BL20), o su presencia fue imperceptible de manera visual.

De acuerdo a las observaciones del 24 de enero del 2019, se recomendó a DAND la realización una remoción de la mayor cantidad posible del material procedente del relave (programa de limpieza), depositado en la estación 23. Las observaciones de terreno, registros fotográficos y las mediciones en terreno realizadas el 30 de enero, 16 de abril y 3 de diciembre, demostraron la efectividad de las actividades de limpieza y remoción realizadas por DAND en las áreas afectadas por la depositación de material de relave.





Durante la inspección de terreno, las mediciones de la estación 23 del 24 de enero del 2019, fueron similares a las de la estación C de referencia (e.g. turbidez 37 y 39 UTN respectivamente), indicando que ya había pasado el efecto del relave sobre la columna de agua, y que el pulso de relave había sido transportado río abajo. Durante el recorrido por las estaciones, se registró un nivel particularmente elevado de turbidez y caudal en las Estaciones AC10 y AC10b (501 y 525 UTN, respectivamente), situación que habría correspondido al momento en que estaba pasando parte del pulso de relave río abajo. En la estación localizada aguas abajo de este sector (San Felipe), por el contrario, se registró un caudal particularmente bajo y de moderada turbiedad (182 UTN). Como se indicará en la sección de calidad de agua, hay otros indicadores que sugieren que lo observado en las estaciones AC10 y AC10b, correspondió a parte del pulso del relave avanzando hacia la parte baja de la cuenca.

El 30 de enero, 16 de abril y 3 de diciembre, del 2019, se realizó un completo muestreo y mediciones *in situ*, de los componentes agua, sedimento y biota acuática, además de observaciones directas de terreno. Además, se obtuvieron muestras del relave de DAND para realizar su caracterización química y ecotoxicológica mediante bioensayos de toxicidad. Durante los muestreos, se pudo evidenciar que en ninguna de las 10 estaciones fue posible detectar visualmente la presencia de relave, a diferencia de lo observado en la inspección del 24 de enero del 2019. En cuanto a los parámetros medidos *in situ*, se registraron valores normales para el área.

El análisis de los caudales medios diarios obtenidos de las estaciones satelitales de la Dirección General de Aguas (DGA), para el período Enero – Abril del 2019, en las estaciones del río Blanco (Andes confluencia Los Leones y en Blanco) y Aconcagua (Chacabuquito), indican que la fuga de relave fue durante un período de corta duración de aproximadamente 24 horas. De un nivel basal de 1,09 m<sup>3</sup>/s registrado el día 22 en la estación Río Blanco antes Junta Los Leones, subió a 4,08 – 6,25 m<sup>3</sup>/s los días 23 y 24, para luego decaer a 1,45 m<sup>3</sup>/s el día 25 de enero. Dados los mayores caudales y su marcada



variabilidad debido a que son caudales regulados por generación hidroeléctrica, no es posible identificar este incremento de caudal al cierre del río Blanco (DGA en río Blanco) y en el río Aconcagua en Chacabuquito.

La perturbación más intensa del hábitat físico registrada en el presente estudio, fue observada en la estación AC20 el 3 de diciembre del 2019, en el cual el cauce estuvo completamente seco producto de la extracción de agua para riego, como se pudo constatar de manera directa en terreno. Salvo esta estación, todas las restantes mediciones que en general muestran valores dentro de los rangos previamente reportados para el área en el estudio de EULA (2014-2015). Los únicos valores anómalos registrados en todo el estudio (además de los descritos en la estación 20 de diciembre 2019), correspondieron a los de la estación 23 correspondientes a la zona de impacto directo de la fuga de relave, en la cual se observó la acumulación de parte de material de relave sobre el fondo y riberas de esta estación.

En cuanto a los bioindicadores de calidad ambiental, las Chlorophyceae filamentosas se registraron en prácticamente todas las estaciones de los ríos Blanco, Juncal, además del resto de la cuenca. El alga *Cladophora glomerata*, estuvo presente en prácticamente todos los muestreos de los ríos Juncal y en el curso medio del río Blanco. Con respecto a las microalgas perifíticas cuantificadas *in situ*, mediante las estimaciones de clorofila bentónica con un fluorómetro de contacto, mostró en general bajos niveles en todas las estaciones, lo que es propio en un río de montaña. Al igual que en el caso de las Chlorophyceae filamentosas, no hay evidencia que las microalgas perifíticas hayan sido afectadas por la fuga de relave.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, en el conjunto de muestras, obtenidas con red Surber en los cuatro muestreos llevados a cabo en 10 sitios en la cuenca del río Aconcagua, se obtuvo un total de 44 taxa, lo que está dentro de los rangos previamente reportados para el área por EULA (2014-2015).



En los muestreos del 23 y 30 de enero del 2019, se observó una similar riqueza de especies, pero una menor abundancia de ellas en las estaciones 23 y 28 próximas a la fuga de relave, con respecto a la estación C (referencia). Ello es explicado por un cambio en el hábitat físico de estas especies debido al enfangamiento producido por la depositación del relave sobre los bolones del fondo y por el efecto causado por las actividades de limpieza desarrolladas por Codelco. Ello no es explicado por un efecto tóxico del relave, por tratarse de material inerte como lo demostraron los bioensayos de toxicidad de la muestra de relave obtenida el 30 de enero de 2019. Los parámetros comunitarios de zoobentos de las estaciones 23 y 28 muestran características similares a las de la estación C, en cuanto a los valores de Índice Biótico de Familias, que califican en clase IV como “mala”. Esta situación es normal en los ríos de montaña, debido a las bajas temperaturas, escasa productividad primaria y al efecto de la alta turbidez que afecta a estos ríos. Esta situación también se observó en la estación de referencia del río Juncal (JU10), que no tiene influencia de las actividades de Codelco. Esta estación también calificó según este índice en Clase VI (mala).

El análisis de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos realizados mediante técnicas de clasificación (clusters) y ordenación (MDS), refleja la variabilidad natural del sistema con resultados similares a los previamente reportados para el área en el estudio de EULA (2014-2015). Se constata que las estaciones 23 y 28, no se diferencian de manera significativa de la estación de referencia C en ninguno de los muestreos. Las restantes estaciones tienden a diferenciarse por diferencias en su composición de taxa y a las abundancias de Diptera Chironomidae.

Con respecto a las características del relave de Codelco, en la muestra sin sedimentar analizada en laboratorio, se pudo constatar que es alcalina y que además de la conductividad, los siguientes parámetros superaron la norma NCh1333-riego: Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Fierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno y Zinc. Los parámetros Plomo y Selenio no superaron esta norma. Por el contrario, al analizar el



sobrenadante de la misma muestra, se constató que todas las concentraciones cumplieron con la norma, demostrando el efecto de la presencia de sólidos suspendidos (y su turbidez asociada), en los valores medidos. Al hacer los bioensayos de toxicidad aguda con el microcrustáceo *Daphnia magna*, todo el material sólido sedimenta y los organismos sólo quedan expuestos al sobrenadante. Los resultados muestran que el relave no tuvo efecto tóxico agudo ni crónico sobre los organismos, como lo indican los resultados de LC<sub>50</sub>-24h, LC<sub>50</sub>-48h, NOAEC y LOAEC. Como niveles de referencia para los bioensayos de toxicidad crónica, se consideró una muestra del río Juncal (JU10) obtenida el mismo día. Se pudo constatar que no hubo diferencias de toxicidad entre el relave y el río Juncal. Los resultados anteriores indican que el relave de DAND que se fugó en el río Blanco el 23 de enero de 2019, tiene una alta carga de sólidos ricos en metales y metaloides que habrían sedimentado, y que el sobrenadante remanente no presenta toxicidad para la vida acuática.

Con respecto a los parámetros químicos y físico-químicos, del conjunto de parámetros de calidad de agua analizados, la mayor parte de aquellos normados por la NCh1333 cumplieron la Norma en las 10 estaciones y en los cuatro períodos de muestreo. Un total de 10 parámetros superaron en una o más oportunidades los valores normados en la NCh1333, los cuales se indican a continuación: Turbiedad, Conductividad, Sulfato, Aluminio Total, Hierro total, Manganeso total, Cobre total, Molibdeno total y Sodio porcentual. La turbiedad superó la NCh1333-vida acuática de 30 NTU en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 – 28, BL10, BL20, AC10, AC10B, 30 de enero 2019- 28, AC20, JU10; 16 de abril 2019 – AC1B, AC20; 3 de diciembre 2019 – 28, AC10, AC10B. Es importante destacar que este parámetro también fue superado en el río Juncal (JU10), que no tiene ningún grado de influencia de Codelco Andina, siendo una condición natural en el área. El río Blanco y el río Aconcagua se caracterizan por tener en ciertos momentos del año aguas de elevada turbiedad, producto de las características propias de la cuenca descritas en el estudio de EULA (2014-2015). Esa turbiedad es producto del ingreso de sólidos suspendidos inorgánicos (SSI) de diversas fuentes, ricos en metales como Aluminio, Hierro, Manganeso, Cobre y Molibdeno. Debido a que en el análisis de estos metales se analiza la composición



total (y no la disuelta), todas las mediciones de estos metales están afectadas por los SST. Esta situación también se observó en el presente muestreo. El Aluminio superó el valor normado en la NCh1333-riego de 5 mg/L en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 - 28, BL10, BL20, AC10, AC10B, AC20 y 30 de enero 2019 - AC10, AC10B, AC20, y pudo ser utilizado como trazador para reconocer las zonas de influencia de la fuga de relave en la calidad de agua del área de estudio.

Los parámetros limnológicos de calidad de agua considerados en el presente estudio, pero que no se encuentran normados en la NCh1333 son los siguientes: DBO5, DQO, Dureza Total, Fósforo Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Sólidos Disueltos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Inorgánicos, Sólidos Suspendidos Orgánicos y Sólidos Suspendidos Totales. Todos los valores medidos durante el 2019 estuvieron dentro de los rangos de variación previamente reportados para estas mismas estaciones por EULA (2014-2015).

El dendrograma realizado que agrupa los cuatro muestreos por estación según su calidad de agua permitió reconocer cinco grupos de estaciones con similar calidad de agua. Uno de los grupos que incluye a las estaciones 28, BL20, AC10 y AC10B del 24 de enero del 2019. Estas estaciones presentaron elevados niveles de turbidez y de concentraciones de metales, es posible deducir que sus características se deben a la influencia del relave de Codelco, diferenciándose marcadamente de las estaciones C y 23 localizadas aguas arriba, en el mismo período. Lo anterior está de acuerdo con las observaciones directas de terreno realizadas el 24 de enero del 2019 descritas anteriormente.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus parámetros de calidad de agua, mostró que los principales parámetros que participan por componente fueron: PC1 - Turbiedad y metales (Aluminio, Arsénico, Hierro y Manganeso); PC2 - Parámetros limnológicos (Conductividad, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Sulfato). En este análisis también se segregan claramente las estaciones



muestreadas el 24 de enero del 2019, y que son consideradas las afectadas por el derrame de relave (estaciones 28, BL20-1, AC10-1, AC10B-1).

Con respecto a la evaluación ecotoxicológica de las aguas del ecosistema fluvial con *Daphnia magna*, los resultados muestran que no existió toxicidad aguda a las 24 y 48 h en ninguna de las 10 estaciones del ecosistema fluvial, incluyendo la estación de referencia C (con influencia de las actividades mineras de Codelco) y la estación JU10 del río Juncal (sin la influencia de Codelco). Ello significa que la fuga de relave no tuvo efecto tóxico agudo.

En relación a la toxicidad crónica, la mayor parte de las estaciones y muestreos presentaron condiciones similares al río Juncal (JU10), que no tiene influencia de las actividades minera de Codelco, y que puede considerarse como referencia en el caso de estudios ecotoxicológicos. Una excepción a lo anterior, fue puntualmente en la estación BL10 del muestreo del 30 de enero del 2019. Otras excepciones fueron tres estaciones del muestreo del 14 de abril del 2019, correspondientes a las estaciones C, 23 y 28.

En el caso de las granulometrías, lo único atípico que se pudo observar y que se puede asociar con la fuga de relave, como se constató además visualmente en terreno, fue la acumulación de amplios depósitos de “limo muy grueso” el 24 de enero del 2019, con Phi medio de 4,91. Estos sedimentos contrastan marcadamente con los de la estación de referencia C, los que además de ser más escasos, corresponden a “arena muy fina” con un valor de Phi medio de 3,68. La inspección de terreno del 24 de enero del 2019 permite establecer que estos sedimentos proceden del relave. Es la única condición atípica que se pudo evidenciar cuantitativamente en toda el área de estudio y períodos de muestreo.

Con el objeto de evaluar la calidad química de los sedimentos fluviales, en relación a la estación de referencia localizada inmediatamente aguas arriba del sitio de la fuga, las estaciones fueron comparadas de acuerdo a rangos de clases de calidad según el Factor de Enriquecimiento (FE) considerando la información de la estación C (estación de referencia



aguas arriba). Los valores fueron estandarizados en función de los niveles de Hierro total, y se consideraron como niveles de referencia (*background*), los niveles de Hierro total y otros metales y metaloides medidos en la estación C. Los resultados muestran que a las 24h de ocurrida la fuga de relave (24 enero 2019), de las 8 estaciones localizadas en su área de influencia directa e indirecta, sólo se registró un enriquecimiento significativo en relación al nivel “background” (estación C) en la estación 23 correspondiente a la de impacto directo, y solo para el caso del molibdeno. En esta estación, en FE fue de 14,9 que califica como “enriquecimiento severo”, por lo cual se le considera desde el punto de vista de los sedimentos, como “fuertemente contaminada”. Aguas abajo de esta estación, todas las restantes estaciones, incluyendo la del río Juncal (JU10), calificaron en las categorías de “sin enriquecimiento” o de “enriquecimiento menor”.

A una semana de ocurrido la fuga (30 enero 2019), se observó un incremento del FE del molibdeno en la estación 23 y de la estación localizada inmediatamente río abajo correspondiente a la estación 28. En esa oportunidad, el FE de la estación 23 fue de 85,4, correspondiente a “enriquecimiento extremadamente severo” calificando como “muy fuertemente contaminada”. La estación 28 presentó un FI del mismo metal de 3,9 que corresponde a “enriquecimiento moderado”, calificando como “moderadamente contaminada”. Aguas abajo de la estación 28, las demás estaciones, calificaron en las categorías de “sin enriquecimiento” o de “enriquecimiento menor”. En los dos siguientes muestreos realizados en abril y diciembre del 2019, se evidenció una recuperación de las estaciones 23 y 28, calificando al igual que las restantes estaciones en las categorías de “sin enriquecimiento” o de “enriquecimiento menor” para todos los parámetros. En síntesis, de acuerdo a los datos de sedimentos, sólo hubo contaminación significativa por molibdeno, la cual estuvo espacialmente circunscrita a las estaciones 23 y 28, y que desde el punto de vista temporal, mostró recuperación en el muestreo de abril del 2019 en adelante.



Los resultados del presente estudio permiten concluir lo siguiente:

- a) El relave de Codelco que ingresó al río Blanco en enero del 2019, correspondió a un material semisólido de alta densidad dado su elevado contenido de metales y metaloides en estado elemental. Es por ello que al ingresar al río Blanco la mayor parte de este material se depositó en el fondo. La fracción más fina del material fue transportada río abajo por los flujos turbulentos dominantes en el área.
- b) El relave se caracterizó como material inerte, que no mostró toxicidad aguda ni crónica para los organismos acuáticos, tal como lo demostraron los bioensayos de toxicidad aguda y crónica realizados con el microcrustáceo de alta sensibilidad, *Daphnia magna*.
- c) No se reportaron cambios significativos en la biota acuática perifiton (clorofila), macrófitos y macroinvertebrados bentónicos atribuibles a la fuga de relave. Las fluctuaciones poblacionales observadas están dentro de la variabilidad natural del sistema. La única excepción, fue una leve disminución de las abundancias de macroinvertebrados de las estaciones 23 y 28 en enero del 2019, derivado de un cambio físico en el hábitat bentónico de bolones, producto de la depositación de material de relave. Situación que no fue observada en las estaciones localizadas río abajo y que desapareció en los siguientes muestreos (abril y diciembre del 2019).
- d) En cuanto a la calidad de agua y de los sedimentos, sólo se observó el incremento de las concentraciones de algunos parámetros de calidad de agua en algunas estaciones, especialmente asociados al incremento de turbidez de las aguas, en el muestreo del 24 de enero del 2019. Esta situación no fue observada en los muestreos posteriores. De acuerdo a los datos de sedimentos, y según la metodología aplicada, sólo hubo “contaminación significativa” por molibdeno, la





cual estuvo espacialmente circunscrita a las estaciones 23 y 28, y que desde el punto de vista temporal, mostró recuperación en el muestreo de abril del 2019 en adelante. Sin embargo, las características químicas de la columna de agua y de los sedimentos, no tuvieron un impacto significativo sobre la biota acuática del río.

- e) Los resultados del presente estudio muestran que la fuga de relave de Codelco, no tuvo un efecto significativo en la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua. El efecto se manifestó puntualmente en la primera semana luego del derrame, especialmente en la estación 23 de impacto directo (y parcialmente en la 28), en la cual se acumuló sedimento del relave que afectó el hábitat bentónico. Sin embargo, no tuvo un efecto tóxico por tratarse de un material inerte, como lo demostraron los bioensayos de toxicidad y los bioindicadores de calidad de agua. Este sedimento fue removido por Codelco, observándose una clara recuperación en los muestreos posteriores.



## 1. ANTECEDENTES GENERALES

La División Andina de Codelco Chile (DAND) es una empresa minera cuyos productos son concentrados de cobre y molibdeno. Sus faenas de extracción y gran parte de sus procesos, se encuentran emplazados en la parte alta de la Cordillera de Los Andes en la V Región de Valparaíso entre los 3.500 y 4.200 m.s.n.m, asociadas a la subcuenca del río Blanco, el cual forma parte de la cuenca hidrográfica del río Aconcagua. Las operaciones mineras de DAND en la cuenca del río Blanco están localizadas aproximadamente a 45 km al Este de la ciudad de Los Andes. Allí, DAND opera un yacimiento cuya explotación comenzó en la década de 1970 con minería subterránea, incorporándose a principios de la década de 1980, el desarrollo de minería a rajo abierto.

El mineral es procesado mediante flotación convencional en una planta concentradora, denominada Planta Cordillera, también ubicada en la cuenca del río Blanco, aproximadamente a 2.800 m.s.n.m. El concentrado colectivo de cobre y molibdeno obtenido de esta planta, es enviado por ductos cerrados hasta la Planta de Molibdeno Filtrado de Cobre, ubicada en Saladillo. En esta planta el concentrado es sometido a un nuevo proceso de flotación, esta vez de carácter selectivo, para separar el cobre del molibdeno. El concentrado de cobre obtenido es filtrado, almacenado y, posteriormente, despachado, mediante ferrocarril, al puerto de Ventanas. En tanto, el concentrado de molibdeno es despachado mediante camiones a diversos puntos de consumo a lo largo del país.

Según lo informado con fecha 23 de enero de 2019 por DAND, ocurrió una fuga de relave, que se incorporó a las aguas del río Blanco, generando una importante alarma pública. DAND solicitó al Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción realizar una inspección de terreno, mediciones *in situ* y la obtención de muestras de agua y sedimento el 24 de enero y preparar el documento titulado: INFORME INSPECCIÓN DE TERRENO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL Y RIBEREÑO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA FUGA DE



RELAVE DE CODELCO ANDINA (CURSO SUPERIOR DEL RÍO BLANCO: CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA).

Con posterioridad, DAND solicitó al Centro EULA la realización del “ESTUDIO DEL ESTADO ECOLOGICO DEL ECOSISTEMA FLUVIAL DE LA CUENCA DEL RIO ACONCAGUA, EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA FUGA DE RELAVE DE CODELCO ANDINA”. El estudio consideró cuatro muestreos realizados a lo largo de 11 meses del 2019: 24 de enero, 30 de enero, 16 de abril y 3 de diciembre.

## 2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo general del presente estudio fue evaluar el estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua, en el área de influencia del relave de Codelco Andina, considerando su variabilidad espacial y temporal. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

*Objetivo 1:* Evaluar el efecto potencial de la fuga de relave en las aguas del río Blanco, considerando mediciones de indicadores físicos, químicos y biológicos, en comparación con el estudio de línea de base realizado por el Centro EULA (2014-2015) y otros estudios que dispone CODELCO.

*Objetivo 2:* Dimensionar espacialmente al área potencial de influencia de la fuga de relave y estudiar su variabilidad temporal a lo largo del estudio.

En el presente documento se presenta un reporte de datos de los análisis de laboratorio y mediciones en terreno realizadas en las cuatro campañas de muestreo, y se realiza un análisis de toda la información existente.



El objetivo general del presente estudio ha sido evaluar el estado ecológico del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua, en el área de influencia de la fuga de relave, considerando su variabilidad espacial y temporal. Este estudio se ha focalizado en el uso de bioindicadores de calidad ambiental, para la evaluación de posible impacto de la fuga.

Las ventajas del uso de bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua e implementar acciones sobre la recuperación son especialmente relevantes, en particular el uso de macroinvertebrados bentónicos, dado que estas comunidades biológicas reflejan de manera integrada las condiciones del ecosistema fluvial (física, química, biológica y ecológica) (Cairns & Dickson, 1971; Fierro *et al.* 2017). Además, en muchos casos la información resultante puede expresarse por medio de Índices Bióticos que expresan la calidad del agua mediante escalas numéricas. Sin embargo, el empleo de bioindicadores también presenta limitaciones tales como por ejemplo, el ajuste de índices bióticos para distintas regiones. Es por ello, que para obtener una evaluación integral es necesario realizar conjuntamente análisis fisicoquímicos o pruebas de toxicidad. Mayores antecedentes sobre el uso de bioindicadores para la evaluación de la contaminación de los ríos de Chile central se encuentran en Fierro *et al.* (2017). En el estudio de EULA (2015), se demostró la particular importancia de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, microalgas perifíticas y comunidades de peces, como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del río Aconcagua. Respondiendo de diferente manera al espectro de estresores ambientales presentes en la cuenca. La relevancia de estos organismos, es claramente superior al de las comunidades planctónicas (fito y zooplancton) que están pobremente representadas en la cuenca, fundamentalmente por factores naturales (alta turbulencia y turbidez).



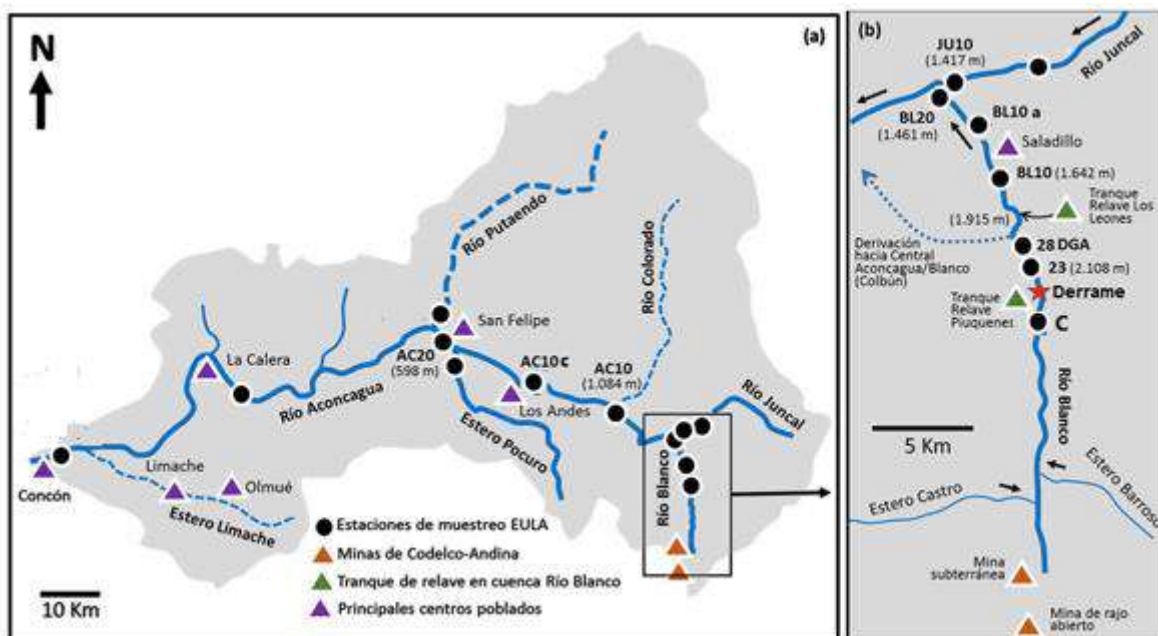
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudio y períodos de muestreos

El área de estudio cubrió el curso medio y superior de la cuenca hidrográfica del río Aconcagua, incluyendo las 10 estaciones mostradas en la Figura 1. En cuanto al nombre de las estaciones, se han mantenido aquellos usados por DAND y EULA en estudios anteriores, y en particular en EULA (2015).

El estudio consideró cuatro muestreos, en los siguientes períodos:

- Campaña 1: Enero 24, 2019 (muestreo exploratorio a las 24 horas de ocurrida la fuga de relave);
- Campaña 2: Enero 30, 2019 (a una semana del derrame y con el término de la actividad de limpieza);
- Campaña 3: Abril 16, 2019 (evaluación de la recuperación en otoño);
- Campaña 4: Diciembre 3, 2019 (evaluación de la recuperación a fines de primavera e inicio del verano).



**Figura 1.** Localización del sitio del derrame de relave CODELCO en el río Blanco (estrella roja) y localización de las estaciones señaladas en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de las estaciones de muestreo consideradas en el presente estudio (coordenadas con WGS 1984 Huso 19H).

Estación	Río / Altura	Sector	UTM E (m)	UTM S (m)	Justificación
C	Blanco (2.180 m)	Aguas arriba Tranque Piuquenes	382201.63	6350311.60	Estación de referencia aguas arriba de la fuga de relave.
23	Blanco (2.108 m)	Aguas abajo tranque Piuquenes	382793.72	6349100.61	Estación de impacto directo de la fuga de relave
28	Blanco (2.098 m)	Aguas abajo tranque Los Leones	382201.63	6350311.60	Zona de impacto indirecto 1 en río Blanco
BL10	Blanco (1.661 m)	Aguas arriba de Saladillo	381153.58	6353409.57	Zona de impacto indirecto 2 en río Blanco
BL10a	Blanco (1.650)	Zona de influencia directa de la fuga	381153.58	6353409.57	Zona de impacto indirecto 3 en río Blanco
BL20	Blanco (1.642 m)	Puente desembocadura	378633.56	6357384.54	Permite evaluación de la fuga y sus aportes al Aconcagua



Estación	Río / Altura	Sector	UTM E (m)	UTM S (m)	Justificación
JU10	Juncal (1.417 m)	Desembocadura	378501.89	6358002.36	Estación de referencia sin influencia de CODELCO
AC10	Aconcagua (1.084 m)	Sector Chacabuquito	368332.16	6362554.90	Permite evaluación de la fuga al inicio del río Aconcagua
AC10b	Aconcagua (800m)	Aguas abajo devolución central Chacabuquito	368332.16	6362554.90	Permite evaluar la calidad de las aguas a la entrada de Los Andes
AC20	Aconcagua (598 m)	Puente del Rey, San Felipe	335093.53	6376248.52	Permite evaluar el efecto en sector San Felipe

### 3.2 Evaluación de la calidad del hábitat fluvial y ribereño

Con el objeto de caracterizar los hábitats muestreados, las estaciones fueron georreferenciadas con un GPS Garmin GPSmap 60CSx, con el fin de definir su localización y altura sobre el nivel del mar. Se realizó una inspección visual del entorno directo e indirecto, con el objeto de poder realizar una evaluación de los hábitats muestreados. Además, se realizó un registro fotográfico del área, con una cámara con GPS y compás incorporados. Este consideró vistas panorámicas (río arriba, río abajo y sito de muestreo), fotografías de detalle (coloración del agua, substrato rocoso, grado de relleno del sedimento, biofilms de microalgas perifíticas, vegetación ribereña, biota acuática e intervenciones humanas), y fotografías de las actividades de muestreo. En las estaciones en las cuales la transparencia del agua lo permitió, se obtuvieron fotografías subacuáticas de los hábitats bentónicos incluyendo a las comunidades perifíticas.

Para la descripción de la morfometría del cauce, se realizó una clasificación de la tipología siguiendo a Montgomery & Buffington (1997). La caracterización de las variables estructurales del hábitat, se basó en una descripción semicuantitativa de parámetros obtenidos a través de observación directa.



En cuanto a la vegetación ribereña, siguiendo a Palma *et al.* (2009) y Suarez *et al.* (2002), se utilizó el Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), desarrollado por Munné *et al.* (1998; 2003). Este índice considera cuatro grupos de componentes estructurales del ecotono ribereño: a) cubierta vegetal, b) estructura de la vegetación, c) naturalidad y complejidad del bosque ribereño y d) grado de alteración del canal fluvial. Este índice considera cinco rangos de calidad: >95: estado natural, bosque de ribera sin alteraciones; 90-75: calidad buena, bosque ligeramente perturbado; 70-55: calidad aceptable, inicio de alteración importante; 30-50: calidad mala, alteración fuerte; <25: calidad pésima, degradación extrema.

Se realizó una evaluación en terreno del hábitat fluvial, considerando los protocolos propuestos por la U.S. EPA (Barbour *et al.*, 1999), correspondientes a: *Habitat Assessment Field Data Sheet - High Gradient Streams*, tomando en consideración que todas las estaciones estudiadas correspondieron a áreas ritrales. Esta evaluación consideró las siguientes variables descriptoras del hábitat: (a) Substrato para epifauna/cobertura disponible, (b) Caracterización del substrato, (c) Variabilidad del cauce, (d) Depositación de sedimento, (e) Estatus del flujo del cauce, (f) Alteración del cauce, (g) Sinuosidad del cauce, (h) Estabilidad de riberas, (i) Protección vegetacional, y (j) Ancho de la zona de vegetación.

Dadas las elevadas pendientes y velocidades de la corriente asociadas existentes en todas las estaciones de muestreo, el sedimento dominante en el lecho de los cauces estudiados correspondió a bolones de diferentes dimensiones. En algunos sectores marginales se registraron además algunos depósitos de sedimentos finos que aunque escasos, también fueron evaluados. La excepción fue la estación 23 del muestreo del 24 de enero del 2019 donde los sedimentos finos fueron abundante producto de la depositación de parte del relave.

El substrato dominante de fondo fue evaluado visualmente siguiendo los protocolos establecidos por Clapcott *et al.* (2011), específicamente SAM 2 -“*In- stream visual*





*assessment of sediment*". En algunas zonas protegidas de remansos existentes en las estaciones, se observó sedimentación de material más fino (grava / arena / fango), que fue utilizado para la determinación del contenido de materia orgánica, metales y compuestos orgánicos persistentes. Además, en este sedimento se realizó una caracterización granulométrica. En estos sectores, se realizó un muestreo al azar-estratificado en las áreas de depositación de sedimento fino en el cauce del río. Para ello se utilizó un testigo (core) de PVC de 50 mm de diámetro operado manualmente. Se estudiaron solo los sedimentos superficiales (0-50 mm).

En cada área de muestreo se realizaron mediciones batimétricas puntuales y mediciones de velocidades con el objeto de conocer las profundidades y velocidades medias en el hábitat acuático muestreado. Para ello se efectuaron mediciones empleando correntómetro electromagnético Flow-Mate (Marsh McBirney Model 2000).

Para conocer la condición hidrológica del río Blanco y Aconcagua, durante el estudio, se obtuvieron los datos de caudal de las estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA), para los ríos Blanco (en Blanco y confluencia Estero Los Leones) y Aconcagua (confluencia con río Blanco). Estos datos fueron obtenidos desde la página web de la DGA. Se trabajó con los valores máximos, mínimos y promedios diarios, comprendidos entre el 1 de enero y el 17 de abril del 2019.

### **3.3 Estudio de bioindicadores de calidad del ambiente acuático**

Se estudiaron macrófitos acuáticos (registros *in situ*), microalgas perifíticas (clorofila bentónica) y zoobentos como bioindicadores de calidad de agua.



### 3.3.1 Componente autotrófico

#### a) Macrófitos acuáticos

En cada estación se consideraron tres transectos perpendiculares a las riberas que cubrieron todo el ancho de la sección. A lo largo de cada transecto se evaluaron los macrófitos acuáticos cada un metro, empleando un cuadrante de PVC de 1 m<sup>2</sup> de superficie. Las cuantificaciones se realizaron directamente en terreno, estimando la cobertura de cada uno de los taxa dentro de cada cuadrante en caso que ellos estuvieran presentes.

De manera complementaria, muestras de plantas fueron arborizadas para su posterior identificación taxonómica en laboratorio. Las identificaciones taxonómicas fueron realizadas consultando la literatura especializada pertinente (Cook *et al.*, 1974; Ramírez, 1995) y comparando con los ejemplares botánicos conservados en el Herbario UCONC, de la Universidad de Concepción. La nomenclatura usada sigue a Marticorena & Quezada (1985).

#### b) Microalgas perifíticas

Se consideraron mediciones de clorofila bentónica para cuantificar las microalgas perifíticas de cada estación. Las mediciones se realizaron *in situ* con fluorómetro sumergible de contacto Benthotorch, considerando 12 réplicas por sitio de muestreo. Estos valores fueron promediados para obtener un valor por estación de clorofila total.

### 3.3.2 Zoobentos

Dado que los fondos de todas las estaciones del área de estudio estuvieron dominados por substrato de bolones, los muestreos cuantitativos de macroinvertebrados bentónicos se realizaron empleando una red Surber de 0,09 m<sup>2</sup> de superficie de muestreo y 250 µm de



abertura de malla, siguiendo a Valdovinos *et al.* (2010) y Valdovinos & Parra (2013). En cada estación se obtuvieron nueve muestras (réplicas), siguiendo un diseño de muestreo de multihábitats, con el objeto de capturar la mayor variabilidad del ecosistema fluvial.

En terreno, los organismos y el detritus acompañante, fueron almacenados en bolsas de polietileno de 1L de capacidad, etiquetados y fijados con Etanol de 75°, para su posterior traslado a contenedores. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron analizadas para la identificación taxonómica y recuento (esto último, en el caso de las muestras cuantitativas). Ello se llevó a cabo bajo una lupa estereoscópica Zeiss de 10-40 aumentos, dejándose representantes de cada taxa, debidamente rotulados, en frascos con alcohol al 70% para revisiones taxonómicas posteriores. La identificación de los taxa se realizó según la literatura especializada señalada por Valdovinos (2006, 2008).

### **3.3.3 Análisis e interpretación de los datos de bioindicadores**

Para la comparación de los datos de las comunidades zoobentónicas de las diferentes estaciones, se analizaron los siguientes indicadores comunitarios: Composición de taxa, riqueza específica, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y equidad ( $J'$ ). Para el caso de los bioindicadores bentónicos (zoobentos), las estaciones fueron comparadas empleando análisis de conglomerados (cluster) sobre la base de una matriz de datos transformados ( $\log_{10} x + 1$ ), empleando el índice de similitud de Bray & Curtis y la técnica de agrupamiento de ligamiento promedio. Como técnica de ordenación se empleó Escalamiento Métrico Multidimensional no métrico (nMDS) sobre la base de una matriz de datos transformados, empleando similitud de Bray & Curtis.

Se utilizaron macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad ambiental, considerando el Índice Biótico de Familias (IBF), tomando en consideración que en la cuenca del río Aconcagua estuvieron presentes las mismas familias de macroinvertebrados que las registradas en ríos en los cuales este índice ha sido validado en Chile (Figueroa *et al.* 2003).



Para el cálculo del IBF, los taxa fueron agrupados en sus respectivas familias, asignando el puntaje de tolerancia sugeridos por Hauer & Lamberty (1996), y se determinó el número total de individuos pertenecientes a cada familia. Se establecieron las tolerancias de cada familia empleadas en el cálculo del índice. Estas varían entre 0 (taxa sensible) a 10 (taxa tolerante).

Para el cálculo del índice se siguió a Hilsenhoff (1988), para lo cual los puntajes de tolerancia fueron multiplicados por su correspondiente número de individuos. Posteriormente, los resultados obtenidos para cada familia fueron sumados y luego divididos por el número total de individuos de todas las familias obtenidos en la estación de muestreo. Los puntajes obtenidos fueron clasificados siguiendo las categorías señaladas en la Tabla 2. Además, se determinó el índice EPT (Ephemeroptera/ Plecóptera / Trichoptera), siguiendo a Valdovinos (2006).

**Tabla 2.** Sistema de clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias (IBF) (Hauer & Lamberti 1996).

Clase	Puntaje de IBF	Calificación
I	< 3,75	Excelente
II	3,76 - 4,25	Muy buena
III	4,26 - 5,00	Buena
IV	5,01 - 5,75	Regular
V	5,76 - 6,50	Relativamente mala
VI	6,51 - 7,25	Mala
VII	> 7,26	Muy mala



### 3.4 Estudio de calidad de aguas superficiales y del relave

#### 3.4.1 Parámetros analizados por estación

En el primer muestreo del ecosistema fluvial, se consideraron los siguientes parámetros de calidad de agua: Conductividad, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Aluminio Total, Arsénico Total, Cobalto Total, Cobre Total, Color Verdadero, Cromo Total, Hierro Total, Litio Total, Manganeseo Total, Mercurio Total, Molibdeno Total, Níquel Total, Nitrógeno amoniacal, Plata Total, Plomo Total, R.A.S., Selenio Total, Sodio Porcentual, Turbiedad, Vanadio Total y Zinc Total. En los muestreos 3 - 4, se incorporaron adicionalmente los siguientes parámetros: Alcalinidad, Sólidos Disueltos Totales, Bario Total, Berilio Total, Boro Total, Cadmio Total, Cianuro, Cloruro, DBO<sub>5</sub>, DQO, Dureza Total, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Nitratos, Nitritos, Sólidos Disueltos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Inorgánicos, Sólidos Suspendidos Orgánicos, Sólidos Suspendidos Totales y Sulfato.

El listado de parámetros incluyó además de la caracterización visual de seis parámetros (incluidos en la caracterización del hábitat) incluidos en la NCh1333: Materias que produzcan olor, color, sabor o turbiedad objetable (MOCST), materias que sedimenten formando depósitos objetables (MSDO), Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos (P&H), sólidos flotantes visibles y espumas no naturales (SFV & ENN), sustancias y condiciones o combinaciones de éstas en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable (VAI) y color, determinado mediante apreciación visual.

Además, se realizaron bioensayos de toxicidad aguda y crónica con el microcrustáceo *Daphnia magna*, para determinar CL<sub>50</sub>-24h (%), CL<sub>50</sub>-48h (%), NOAEC (%) y LOAEC (%).

(Nota: NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control; LOAEC corresponde a la dilución más baja de la



muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control).

Adicionalmente, para facilitar la interpretación de los resultados de calidad de agua del ecosistema fluvial, se realizó una caracterización del relave de CODELCO en algunos de los muestreos (relave puro, obtenido directamente desde la Planta Concentradora). Los parámetros analizados fueron: Aluminio Total, Arsénico Total, Cadmio Total, Cianuro Total, Cobre Total, Cromo Total, Hierro Total, Manganeso Total, Mercurio Total, Molibdeno Total, Plomo Total, Sulfato, Zinc Total.

### **3.4.2 Diseño del muestreo**

Para el muestreo del ecosistema fluvial, se siguió lo establecido en la Norma NCh411/6 Of.98, correspondiente a la Guía para el Muestreo de Ríos y Cursos de Agua. Con respecto a las técnicas de muestreos puntuales en ríos y la selección de los tipos de recipientes para las muestras de agua, se consideró la norma NCh411/2 Of.96 correspondiente a la Guía Sobre Técnicas de Muestreo. Para la preparación de recipientes, identificación, llenado, preservación y transporte de las muestras, se siguieron las técnicas establecidas en la norma NCh411/3.Of.96, correspondiente a la Guía sobre Preservación y Manejo de las Muestras. Los métodos analíticos utilizados son los establecidos en Norma Chilena Oficial - NCh 2313 y en Standard Methods 21st Edition 2005.

### **3.4.3 Obtención y conservación de las muestras**

Considerando la escasa profundidad del ecosistema fluvial y la fuerte corriente turbulenta que impide la estratificación vertical de las aguas, las muestras fueron tomadas directamente desde la superficie del río en los primeros 0,5 m de profundidad. El traslado de las muestras se realizó en cajas termoaisladas, refrigeradas a 5°C.



#### **3.4.4 Mediciones y registros *in situ***

Las mediciones *in situ* de la columna de agua fueron realizadas desde una muestra contenida en un envase plástico de 3 L, dentro de los primeros dos minutos de obtenida del río. La temperatura fue medida con un termómetro de mercurio (graduación de 0,1 °C), la conductividad se determinó mediante un conductímetro WTW Modelo 3110 y el pH con un pH-metro WTW modelo 3110. Además de las mediciones anteriores realizadas en terreno, se realizaron observaciones directas del cuerpo acuático, para determinar las siguientes variables normadas: a) Materias que produzcan olor, color, sabor o turbiedad objetable (MOCST), b) Materias que sedimenten formando depósitos objetables (MSDO), c) Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos (P&H), d) Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales (SFV & ENN), Substancias y condiciones o combinaciones de éstas en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable (VAI), y e) Color, determinado mediante apreciación visual (en el listado de parámetros se ha incluido además la medición de color verdadero). Para el caso de estas variables basadas en observaciones directas, se realizaron registros fotográficos específicos en terreno para dejar evidencias de ellas.

#### **3.4.5 Análisis de laboratorio**

Los análisis químicos de laboratorio fueron realizados en los laboratorios de Química y Biología Ambiental del Centro EULA-Chile, siguiendo las metodologías indicadas en la Tabla 3 y en los certificados analíticos del laboratorio (en Anexos 1, 2, 3, 4). Los laboratorios se encuentran acreditados por el Instituto Nacional de Normalización para la Norma Chilena NCh ISO 17.025 de 2005. Las metodologías analíticas consideradas en el caso de la caracterización de relave, se indican en la Tabla 4.



**Tabla 3.** Listado de parámetros de calidad de agua determinados en laboratorio indicando las metodologías analíticas empleadas.

Parámetro	Método analítico
Aluminio Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Arsénico Total	3114 B Standard Methods 23th Edition.
Bario Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Berilio Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Boro Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Cadmio Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Cianuro	4500 CN - C (Destilación) - 4500 CN - E (Cuantificación) Standard Methods 23th Edition.
Cloruro	4110 B Standard Methods 23th Edition
Cobalto Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Cobre Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Color Verdadero	2120 C Standard Methods 23th Edition.
Cromo Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
DBO <sub>5</sub>	5210 B Standard Methods 23th Edition.
DQO	5220 D Standard Methods 23th Edition.
Dureza Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Fósforo Total	4500-P-E (Cuantificación) - 4500 P-B (Digestión) Standard Methods 23th Edition.
Grasas y Aceites	5520-D Standard Methods 23th Edition.
Hierro Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Litio Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Manganeso Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Mercurio Total	3112 B Standard Methods 23th Edition.
Molibdeno Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Níquel Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Nitratos	4110 B Standard Methods 23th Edition.
Nitritos	4110 B Standard Methods 23th Edition.
Nitrógeno amoniacal	4500-Norg-B Standard Methods 23th Edition.
Plata Total	3120 B Standard Methods 23th Edition..
Plomo Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
R.A.S.	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Selenio Total	3114 B Standard Methods 23th Edition.
Sodio Porcentual	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Sólidos Disueltos	2540 C Standard Methods 23th Edition.
Sólidos Sedimentables	2540 F Standard Methods 23th Edition.
Sólidos Suspendidos Inorgánicos	2540-E Standard Methods 23th Edition.
Sólidos Suspendidos Orgánicos	2540-E Standard Methods 23th Edition.
Sólidos Suspendidos Totales	2540-D Standard Methods 23th Edition.
Sulfato.	4110 B Standard Methods 23th Edition.
Turbiedad.	2130 B Standard Methods 23th Edition.
Vanadio Total.	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Zinc Total	3120 B Standard Methods 23th Edition.
Toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i>	NCh 2083 Of (1999)
Toxicidad crónica con <i>Daphnia magna</i>	US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300. Daphnid Chronic Toxicity Test. USEPA, 712-C-96-120.





**Tabla 4.** Listado de parámetros de calidad de agua determinados en laboratorio de las muestras del relave de Codelco, indicando las metodologías analíticas empleadas.

Parámetro	Método analítico
Aluminio Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Arsénico Total	NCh 2313/9 Of. 96.
Cadmio Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Cianuro Total	NCh 2313/14 Of. 97.
Cobre Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Cromo Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Hierro Total	NCh 2313/25.Of. 97
Manganeso Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Mercurio Total	NCh 2313/12 Of. 96.
Molibdeno Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Plomo Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Sulfato	4110 B Standard Methods 23th Edition
Zinc Total	NCh 2313/25 Of. 97.
Toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i>	NCh 2083 Of (1999)
Toxicidad crónica con <i>Daphnia magna</i>	US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300. Daphnid Chronic Toxicity Test. USEPA, 712-C-96-120.

### 3.4.6 Análisis e interpretación de los datos

Con el objeto de analizar la calidad de agua en función del cumplimiento de la norma chilena NCh1333, Of78, se contrastaron los datos obtenidos en el presente estudio, con las exigencias correspondientes a “Requisitos de calidad de agua para diferentes usos”, que incluye la norma de aguas de riego, vida silvestre, recreación y estética. Para poder comparar las estaciones de muestreo, se utilizaron técnicas de clasificación mediante análisis de cluster (distancia euclidiana) y técnicas de ordenación, mediante MDS y Análisis de Componentes Principales.

### 3.5 Estudio de calidad de sedimentos

#### 3.5.1 Parámetros estudiados por estación

En primer lugar se evaluó la cobertura del tipo de substrato dominante. Este fue en todas las estaciones de bolones, dada la alta a moderada pendiente de las estaciones, lo cual



determinó que en todos los casos se tratara de un área ritral. En los escasos sectores en los cuales se observaron depósitos de sedimento fino con un espesor igual o superior a 50 mm (salvo en la estación 23 de muestreo del 23 de enero del 2019 en que fueron abundantes), se realizaron mediciones de Potencial Redox (Eh) y pH. Además, se obtuvieron unas muestras de estos sedimentos blandos, para análisis granulométricos, contenido de materia orgánica y metales.

### **3.5.2 Metodología de muestreo y mediciones *in situ***

El substrato de fondo dominante fue evaluado visualmente siguiendo los protocolos establecidos por Clapcott *et al.* (2011), específicamente SAM 2 -“*In- stream visual assessment of sediment*”. En los escasos sectores en los cuales se observaron depósitos de sedimento fino con un espesor igual o superior a 50 mm, se realizaron mediciones de Potencial Redox (Eh) y pH, ambos empleando electrodos de penetración hasta una profundidad de 50 mm. Además, se obtuvieron muestras de estos sedimentos blandos, para análisis granulométricos, contenido de materia orgánica y metales. Estas muestras fueron obtenidas con un testigo de PVC de 100 mm de longitud y 50 mm de diámetro, siguiendo a Valdovinos & Figueroa (2000). Todas las muestras fueron almacenadas a 5°C. En todas las estaciones se muestreó el nivel de 0-50 mm.

### **3.5.3 Análisis de laboratorio**

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de Sedimentología y de Química Ambiental, del Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción, según las metodologías señaladas en la Tabla 5. En el caso de los parámetros granulométricos, para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una su muestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue tamizada a 2000  $\mu\text{m}$ . La fracción menor a 2000  $\mu\text{m}$  fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como liquido dispersante. La



distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000  $\mu\text{m}$ . Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado. El instrumento entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

Para cada muestra se determinaron los siguientes parámetros granulométricos: Phi-medio, selección, asimetría, curtosis, clasificación textural según Wentworth (1922), % Fango, % Arena y % Grava. Además, se informan las curvas de frecuencia del tamaño de partículas, para conocer el espectro de tamaños. Para ello, se graficó para cada estación la densidad en volumen (%) v/s tamaño de partículas (unidades Phi).

**Tabla 5.** Listado de parámetros de calidad de los sedimentos determinados en laboratorio, indicando las metodologías analíticas empleadas.

Parámetro	Método analítico
Aluminio	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Arsénico	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Cadmio	EPA-3050-B (Digestión) - 3114 B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Cobre	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Cromo	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Hierro	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Manganeso	EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Materia Orgánica Total	Métodos de análisis recomendados para Gobierno de Chile Ministerio de los suelos de Chile Revisión 2006. Agricultura, INIA y Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo. Método 1.1, Preparación de las muestras. Método 7.2. Pérdida por calcinación.



Mercurio	EPA-245.5 (Digestión) - 3112B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Molibdeno	EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Plomo	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.
Zinc	EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22th Edition.

### 3.5.4 Análisis e interpretación de los datos

Dado que en Chile no existen criterios o normas de calidad para sedimentos fluviales, se siguió la metodología adoptada por la Universidad de Chile (2016), para evaluar los resultados de las concentraciones de metales y metaloides de sedimentos de las riberas de los sectores impactados, consideró el “Factor de Enriquecimiento” (FE) para todos los metales y metaloides. Este factor representa la relación entre la concentración de elementos de una muestra y la concentración de referencia o background, respecto a la concentración de un elemento abundante, en este caso hierro (Fe). El Factor de Enriquecimiento se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$FE = \frac{\left[ \frac{\text{Concentración del metal (mg kg}^{-1}\text{)}}{\text{Concentración de Fe (mg kg}^{-1}\text{)}} \right]_{\text{muestra}}}{\left[ \frac{\text{Concentración del metal (mg kg}^{-1}\text{)}}{\text{Concentración de Fe (mg kg}^{-1}\text{)}} \right]_{\text{background}}}$$

Como niveles de referencia se utilizaron los valores de la estación C localizada en el río Blanco inmediatamente aguas arriba donde ocurrió la fuga relave.

Para la interpretación granulométrica de la selección, asimetría y curtosis, se consideraron rangos de valores indicados en la Tabla 6.



**Tabla 6.** Rangos de valores de selección, asimetría y curtosis, utilizada para la interpretación granulométrica.

<b>Selección</b>	<b>Rangos</b>
Muy bien seleccionado	< 0,35
Bien seleccionado	0,35 – 0,50
Moderadamente bien seleccionado	0,50 – 0,70
Moderadamente seleccionado	0,70 – 1,00
Pobrementemente seleccionado	1,00 – 2,00
Muy pobrementemente seleccionado	2,00 – 4,00
Extremadamente mal seleccionado	>4,00
<b>Asimetría</b>	
Asimetría muy fina	< +1,30
Asimetría fina	+0,43 – +1,30
Simétrico	-0,43 – +0,43
Asimetría gruesa	-0,43 – -1,30
Asimetría muy gruesa	< - 1,30
<b>Curtosis</b>	
Muy platicúrtica	<1,70
Platicúrtica	1,70 – 2,55
Mesocúrtica	2,55 -3,70
Leptocúrtica	3,70 – 7,40
Muy leptocúrtica	> 7,40



## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Registros de terreno

#### 4.1.1 Inspección de terreno y muestreo a las 24h de ocurrido el incidente

El 23 de enero del 2019 DAND, solicitó al Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción, la realización de una inspección directa de terreno y muestreo/medición de algunos parámetros, para evaluar los eventuales cambios ambientales ocurridos en el ecosistema fluvial y ribereño, en el área de influencia de la fuga de relave de Codelco Andina, ubicado en el curso superior del río Blanco (Cuenca del río Aconcagua).

Se comenzó con la estación BL20 el 24 de enero del 2019 (12:30 h), y luego se siguió a la estación C de referencia, localizada aguas arriba del área afectada por la fuga de relave (13:30 h). Posteriormente, se continuó con la estación 23 correspondiente a la de impacto directo, ubicada a 100 m aguas abajo del sitio de la fuga (14:42). De esta estación, se continuó río abajo, inspeccionando las estaciones del río Blanco 28, BL10 y BL10a; el río Juncal JU10 y el río Aconcagua en AC10, AC10b y AC20 (San Felipe puente "El Rey"). La actividad finalizó a las 19:50 h.

En cada estación, además de mediciones *in situ* y de obtención de muestras, se realizaron observaciones directas y registros fotográficos. Se prestó particular atención a la detección de sedimentos procedentes del relave de CODELCO, que son fácilmente identificables de manera visual en comparación a los propios del río, por su coloración grisáceo claro y color blanquecino cuando está seco en las zonas ribereñas. Esta coloración contrasta con los del río que son pardo-amarillentos. Se puso particular atención en la detección de sedimento procedente del relave, que en algunos sectores se depositó sobre los bolones ribereños.



De manera complementaria a los muestreos y mediciones *in situ*, se realizó una evaluación rápida y muestreo cualitativo de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos fluviales (>0,5 mm), utilizados internacionalmente como bioindicadores de calidad de agua. Se realizó un análisis visual preliminar *in situ* de la macrofauna y se almacenaron para su posterior análisis de laboratorio.

La inspección de terreno realizada a las 24h de ocurrido el incidente permitió evidenciar que sólo fue posible identificar como área afectada por la fuga de relave, los sedimentos de la estación 23 localizada inmediatamente aguas abajo del sitio de la fuga. El relave quedó en parte acumulado en las zonas ribereñas de menor pendiente de este tramo del río Blanco. Se estima que en promedio, el espesor de este estrato de relave depositado sobre los sedimentos naturales fue de 0,3 a 0,5 cm, con un máximo de 20 cm en ciertos sectores de remansos muy localizados.

El tramo de río afectado se localizó entre las compuertas de la confluencia con el río Los Leones y los ductos ubicados hacia el sector de la fuga. En la estación 23, dada su menor pendiente respecto de otros sectores ubicados río abajo, parte del material de relave se introdujo en los intersticios de la coraza de bolones del fondo del río, alterando parcialmente el hábitat ocupado por macroinvertebrados bentónicos. En estos bolones, se constató la presencia de estados inmaduros de insectos de la especie *Meridialaris diguillina* (Ephemeroptera Leptophlebiidae), el cual es un taxa bioindicador de aguas de buena calidad. Este hecho sugirió en ese momento que el relave es inerte y no ha tenido un efecto tóxico agudo sobre la biota acuática. Además, en esta estación 23 se evidenció que el relave depositado sobre los bolones, generó cambios físicos del hábitat por “enfangamiento” de los bolones.

Aguas abajo de la estación 23 de impacto directo, el relave también se observó pero con mucha dificultad dada su escasa presencia en algunos sectores muy localizados y menores a 0,1 m<sup>2</sup> en la estación 28. En ninguna de las restantes estaciones estos sedimentos



procedentes del relave pudieron ser detectados visualmente. En estas estaciones es muy escaso o está ausente debido a que son tramos de mucha pendiente y velocidad de flujo del río, lo que limitó su depositación en el lecho del cauce.

Es importante destacar que en la inspección del 24 de enero del 2019, no se observó mortalidad de peces, de macroinvertebrados ni de plantas ribereñas en ninguna de las 10 estaciones inspeccionadas. El único tramo de río en la cual se constató una presencia importante de material de relave, correspondió a un sector del río Blanco de aproximadamente 130 m de longitud localizado en la estación 23 (entre compuertas en confluencia con estero Los Leones y la caída de las Tuberías procedentes del canal trapezoidal). Aguas abajo, sólo se registraron trazas (estaciones 28, BL20), o su presencia fue imperceptible de manera visual.

De acuerdo a las observaciones del 24 de enero del 2019, se recomendó a DAND la realización una remoción de la mayor cantidad posible del material procedente del relave (programa de limpieza), depositado en la estación 23.

El cuanto a la calidad de agua, todos los parámetros de calidad de agua medidos *in situ* que están incluidos en la NCH1333 cumplieron con los requisitos para riego y conservación de la vida acuática (temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez). Los resultados de las mediciones realizadas en laboratorio se presentarán más adelante en este informe. Las observaciones directas en terreno, más estas mediciones permitiendo señalar lo siguiente:

Durante la inspección de terreno, las mediciones de la estación 23 fueron similares a las de la estación C de referencia (e.g. turbidez 37 y 39 UTN respectivamente), indicando que ya había pasado el efecto del relave sobre la columna de agua, y que el pulso de relave había sido transportado río abajo. Además se observó (y registró fotográficamente), que a unos 50 m aguas debajo de la estación 23 ingresa el río Blanco el Estero Los Leones, que dadas





sus características naturales derivadas de la geoquímica de su cuenca, posee aguas de elevada turbidez, lo cual incide fuertemente en las estaciones de río abajo en especial la estación 28 del sector Bocatoma Colbún (UTN 619 UTN). Esta situación es relevante, porque cuando se observa alta turbiedad río abajo, esta se debe a los aportes del Estero Los Leones y no necesariamente del pulso de relave avanzando río abajo. Además, es importante considerar que las aguas de la estación 28 son derivadas completamente hacia la central hidroeléctrica Blanco del Complejo Hidroeléctrico Aconcagua del Colbún S.A., cuyas aguas son devueltas al río Aconcagua aguas arriba de la estación AC10. Durante el recorrido por las estaciones, se registró un nivel particularmente elevado de turbidez y caudal en las Estaciones AC10 y AC10b (501 y 525 UTN, respectivamente), situación que podría deberse al tránsito del pulso de relave río abajo. En la estación localizada aguas abajo de este sector (San Felipe), por el contrario se registró un caudal particularmente bajo y de moderada turbiedad (182 UTN). Como se indicará en la sección de calidad de agua, hay otros indicadores que sugieren que lo observado en las estaciones AC10 y AC10b, correspondió a parte del pulso del relave avanzando hacia la parte baja de la cuenca.

A continuación, se presenta un registro fotográfico de las observaciones de terreno indicadas anteriormente, siguiendo el recorrido desde la estación C y terminado en la estación AC de la Figura 2 (para darle continuidad al texto de este capítulo, dado el elevado número de figuras, se ha preferido agrupar las Figuras 2 a 33 en las páginas siguientes, al final del capítulo 4.4.1).

En la Figura 3 se muestra una Vista general de la estación C, de referencia sin la influencia del relave. En el fondo de esta estación se observó la moderada turbidez de las aguas, la escasa depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas verdes filamentosas perifíticas (Figuras 4 y 5). Como se constata en la Figura 6, se registró la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de buena calidad de agua (Ephemeroptera).



Una vista general de la estación 23, correspondiente a la zona de impacto directo del derrame de relave se muestra en la Figura 7, y en la Figura 8 se presenta una fotografía del fondo en el sector ribereño de la estación 23 (impacto directo), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la abundante depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas verdes filamentosas perifíticas. En la zona ribereña en la cual el substrato de fondo corresponde a bolones, se encontró totalmente cubierto de limo proveniente del relave (Figura 9).

En la Figura 10 se muestra una fotografía del sector ribereño de la estación 23, en la cual se observa limo del relave recubriendo el fondo de bolones. Se constata que hubo un descenso del nivel de las aguas luego de la fuga, lo que facilitó la acumulación del relave sobre las riberas de esta estación (las fanaerógamas no fueron afectadas y son indicadoras del sistema ribereño).

En esta estación al igual que en la de referencia (C), se observó la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de buena calidad de agua (Figura 11). En la Figura 12 se muestra un detalle de la fotografía anterior. No se registró un efecto tóxico sobre ellos pero si una afectación de su hábitat de fondo, ya que gran parte (pero no todos) de los intersticios de los bolones fueron rellenos con limo proveniente del relave. Al respecto, en la Figura 13 se muestran las acumulaciones de limo proveniente del relave en los sectores ribereños. La fotografía de la Figura 14 fue obtenida en la estación 23, aproximadamente una semana después de ocurrido la fuga de relave. En esta fotografía se muestran los sectores ribereños luego de las actividades de limpieza y remoción realizadas por DAND (en la Figura 15 se muestra el material extraído por DAND durante las actividades de limpieza y remoción).

En la Figura 16 se muestra una vista general de la estación 23 y de la confluencia del río Blanco (a la derecha) con el estero Los Leones (a la izquierda). Nótese la alta turbidez natural del estero Los Leones, que contrasta con la estación 23 afectada por el relave caso 24h



antes. Una comparación de los sedimentos afectados por el relave de la estación 23 (color gris), con los sedimentos de la estación 28 ubicada inmediatamente aguas abajo (color café), se muestra en la Figura 17. Estos sedimentos de color café proceden fundamentalmente del estero Los Leones mostrados en la Figura 16.

La estación 28, antes de la bocatoma de Colbún S.A. que deriva el río hacia la central Blanco y devuelta posteriormente al río Aconcagua, se muestra en la Figura 18. Nótese las diferencias en turbidez en relación a las estaciones C (referencia) y 23 (impacto directo), lo cual es explicado por la carga de sólidos del estero Los Leones. En esta estación se registró la presencia de los mismos bioindicadores de buena calidad de agua observados en las estaciones de aguas arriba (Figura 19).

En la Figura 20 se observa la estación 28, antes de la bocatoma de Colbún S.A. que deriva el río hacia la central Blanco y devuelta posteriormente al río Aconcagua (vista río abajo). Nótese las diferencias en turbidez en relación a las estaciones C (referencia) y 23 (impacto directo), lo cual es explicado por la carga de sólidos del estero Los Leones. En esta misma figura se observa la estación DGA que monitorea los caudales en línea. La bocatoma del Colbún S.A. que deriva el 100% de caudal del río Blanco hacia la central Blanco y luego devolver las aguas al río Aconcagua se muestra en la Figura 21. En este lugar el río es secado al ser completamente derivado hacia la central Blanco (Figura 22). De esta forma, los residuos del relave en el momento de la fotografía no siguieron avanzando por el río Blanco, sino avanzando directamente hacia el río Aconcagua. Según informa DAND, el día de la fuga de concentrado, Colbún S.A. cerró momentáneamente la bocatoma, y el relave a lo largo del Río Blanco. Además, es importante señalar que en ese momento se utilizó el Embalse Piuquenito como sistema de contención primario del relave en el río.

En la Figura 23 se muestra la estación BL10 en el río Blanco sector Saladillo. Esta agua corresponde a filtraciones del río Blanco aguas abajo de la bocatoma de derivación de Colbún S.A., más afloramientos naturales procedentes del área del Puente Confluencia, que



se localiza en la antigua confluencia del estero Los Leones y el Río Blanco. Inmediatamente aguas abajo de este tramo, se localiza la estación BL10a (Figura 24). Nótese una disminución de la turbidez y el aumento significativo del caudal en relación a la estación de aguas arriba (BL10). Ello se debe que ha recibido en este tramo los aportes del estero Polvareda caracterizado por su baja turbidez.

La estación BL20 correspondiente al río Blanco antes de su confluencia con el río Juncal (JU10) y dar origen al río Aconcagua se muestra en la Figura 25. Inmediatamente aguas arriba de este sector, ingresa al río el RIL del “efluente mixto” de Codelco. Esta agua al igual que las de aguas arriba contienen un sedimento grueso que sedimenta rápidamente. Por ejemplo, en la Figura 26 se presenta una misma muestra de agua obtenida en la estación BL20 del río Juncal con un intervalo de un minuto (nótese la rápida sedimentación de las partículas en suspensión).

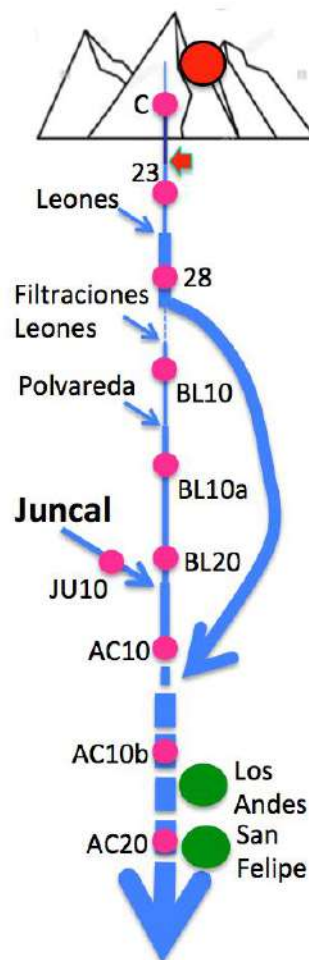
La estación JU10 localizada en el río Juncal antes de su confluencia con el río Blanco (BL20) para dar inicio al río Aconcagua, se muestra en la Figura 27. Esta es la única estación del presente estudio que no tiene influencia de las actividades de Codelco. En la Figura 28 se muestran sedimentos del fondo del río Juncal en JU10. Estos sedimentos son más gruesos y oscuros que los que transporta el río Blanco (nótese la presencia de microalgas perifíticas).

La estación AC10 al inicio del río Aconcagua se presenta en la Figura 29. Nótese su elevada turbidez y caudal. Esta misma condición se registró en la estación AC10b localizada inmediatamente aguas arriba de Los Andes (Figura 30). Nótese la elevada turbidez y caudal al igual que la fotografía anterior de la estación AC10. Esta fotografía fue obtenida a las 19:24 h, para facilitar su comparación con la estación siguiente correspondiente a AC20 obtenida casi una hora después.

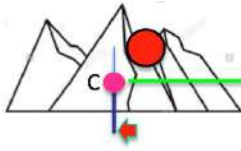
La estación AC20 localizada en San Felipe (Puente El Rey) se muestra en la Figura 31. Esta fotografía fue obtenida con una diferencia de casi una hora en relación a la de la estación



anterior (AC10b). Nótese el bajo caudal, su elevada turbidez y la ausencia de depósitos de sedimentos claros en la ribera (los que hay son gruesos y oscuros; ver Figura 32). Esta situación contrastante se observa claramente en la Figura 33, en la cual se muestra una comparación de las dos estaciones más bajas de la cuenca consideradas en este estudio, correspondientes a AC10b (Los Andes) y AC 20 (San Felipe). Estas dos estaciones fueron obtenidas en un intervalo de casi una hora y están separadas por aproximadamente 21 km. Las diferencias en estas fotografías demuestran que gran parte de las aguas de AC10b en el momento de la fotografía, fueron extraídas para riego.



**Figura 2.** Diagrama simplificado que muestra la secuencia de estaciones en el área de estudio. La Flecha curva de la derecha corresponde al “*by-pass*” del río Blanco de Colbún S.A.



**Figura 3.** Vista general de la estación C, de referencia sin la influencia del relave (enero 24, 2019 a las 14:49h).



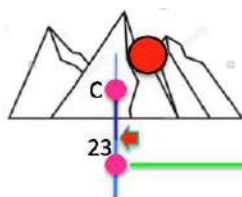
**Figura 4.** Fotografía del fondo en el sector ribereño de la estación C (referencia), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la escasa depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas verdes filamentosas perifíticas (enero 24, 2019).



**Figura 5.** Fotografía subacuática del fondo de la estación C (referencia), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la escasa depositación de sedimento fino sobre el substrato de bolones, y la presencia de microalgas filamentosas perifíticas fijas al substrato y derivando (enero 24, 2019).



**Figura 6.** Fotografía sobre un tamiz sedimentológico de 0,5 mm, que muestra la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de calidad de agua (Ephemeroptera) en la estación C (enero 24, 2019).



**Figura 7.** Vista general de la estación 23, correspondiente a la zona de impacto directo del derrame de relave (Enero 24, 2019).



**Figura 8.** Fotografía del fondo en el sector ribereño de la estación 23 (impacto directo), en la cual se observa la moderada turbidez de las aguas, la abundante depositación de sedimento fino sobre el sustrato de bolones, y la presencia de microalgas verdes filamentosas perifíticas (enero 24, 2019).





**Figura 9.** Vista de la zona ribereña de la estación 23 de impacto directo, en la cual es sustrato de fondo correspondiente a bolones, se encuentra totalmente cubierto de limo procedente del relave (Enero 24, 2019).



**Figura 10.** Fotografía del sector ribereño de la estación 23 de impacto directo. Se observa limo del relave recubriendo el fondo de bolones. Se constata que hubo un descenso del nivel de las aguas luego de la fuga, lo que facilitó la acumulación del relave sobre las riberas de esta estación. Las fanaerógamas no fueron afectadas y son indicadores del sistema ribereño (enero 14, 2019).



**Figura 11.** Fotografía sobre un tamiz sedimentológico de 0,5 mm, que muestra la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de calidad de agua (Ephemeroptera) en la estación 23 afectada por la depositación de relave sobre los bolones (enero 24, 2019). Al fondo de la fotografía se observa la estación 23 con sus bolones enfangados.



**Figura 12.** Detalle de la fotografía anterior, en la cual se observan los mismos Ephemeroptera presentes en la estación de referencia. No se registró un efecto tóxico sobre ellos pero si una afectación de su hábitat de fondo, ya que gran parte (pero no todos) de los intersticios de los bolones fueron rellenos con limo procedente del relave.



**Figura 13.** Fotografía de la estación 23 mostrando las acumulaciones de limo procedente del relave en los sectores ribereños (enero 24, 2019).



**Figura 14.** Fotografía obtenida en la estación 23, aproximadamente una semana después de ocurrido la fuga de relave (enero 30, 2019). En esta fotografía se muestran los sectores ribereños luego de las actividades de limpieza y remoción realizadas por DAND.



**Figura 15.** Material extraído por DAND durante las actividades de limpieza y remoción (sector ribereño de la estación 23. Enero 30, 2019).



**Figura 16.** Vista general de la estación 23 y de la confluencia del río Blanco (a la derecha) con el estero Los Leones (a la izquierda). Nótese la alta turbidez natural del estero Los Leones, que contrasta con la estación 23 afectada por el relave caso 24h antes (enero 24, 2019).



**Figura 17.** Comparación de los sedimentos afectados por el relave de la estación 23 (color gris), con los sedimentos de la estación 28 ubicada inmediatamente aguas abajo (color café). Estos sedimentos de color café proceden fundamentalmente del estero Los Leones mostrados en la fotografía anterior (enero 24, 2019).



**Figura 18.** Fotografía de la estación 28, antes de la bocatoma de Colbún que deriva el río hacia la central Blanco y devuelta posteriormente al río Aconcagua. Nótese las diferencias en turbidez en relación a las estaciones C (referencia) y 23 (impacto directo), lo cual es explicado por la carga de sólidos del estero Los Leones (Enero 24, 2019).



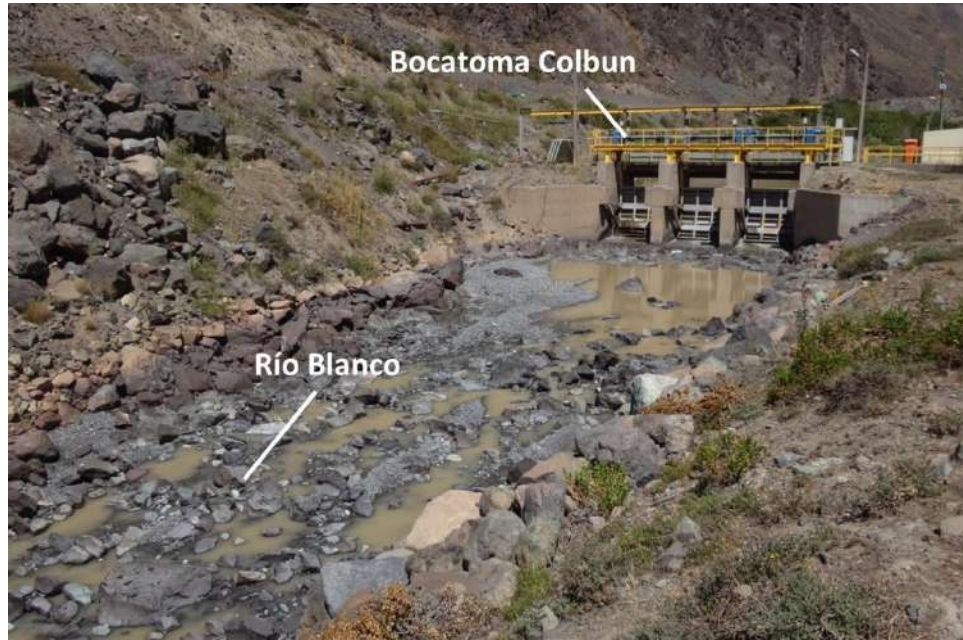
**Figura 19.** Fotografía sobre un tamiz sedimentológico de 0,5 mm, que muestra la presencia de estados inmaduros de insectos acuáticos bioindicadores de calidad de agua (Ephemeroptera) en la estación 28 (Enero 24, 2019).



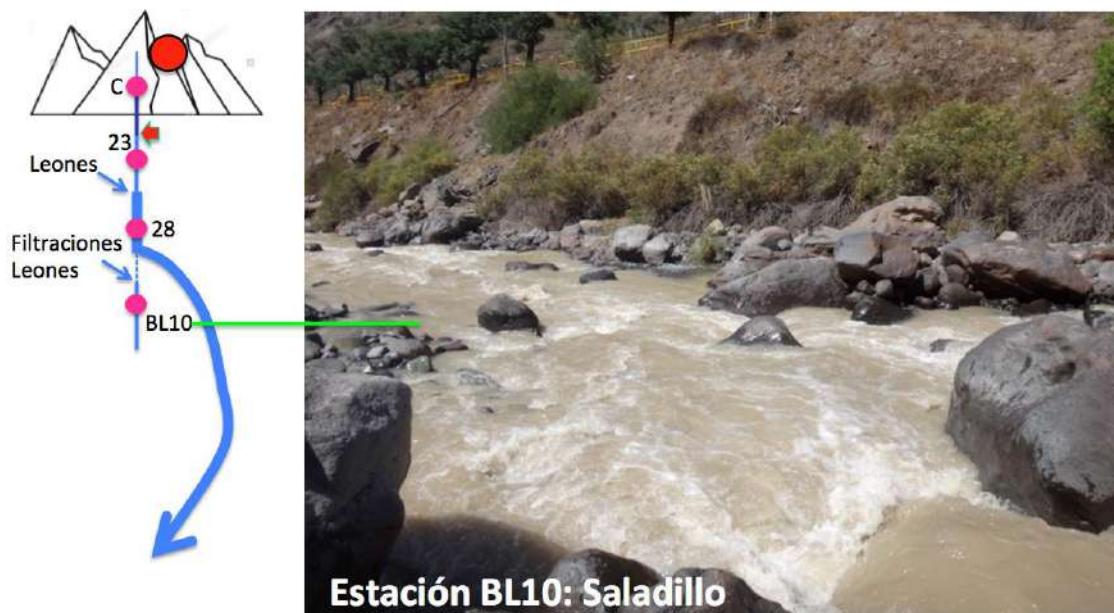
**Figura 20.** Fotografía de la estación 28, antes de la bocatoma de Colbún que deriva el río hacia la central Blanco y devuelta posteriormente al río Aconcagua (vista río abajo). Nótese las diferencias en turbidez en relación a las estaciones C (referencia) y 23 (impacto directo), lo cual es explicado por la carga de sólidos del estero Los Leones. Se observa la estación DGA que monitorea los caudales en línea (Enero 24, 2019).



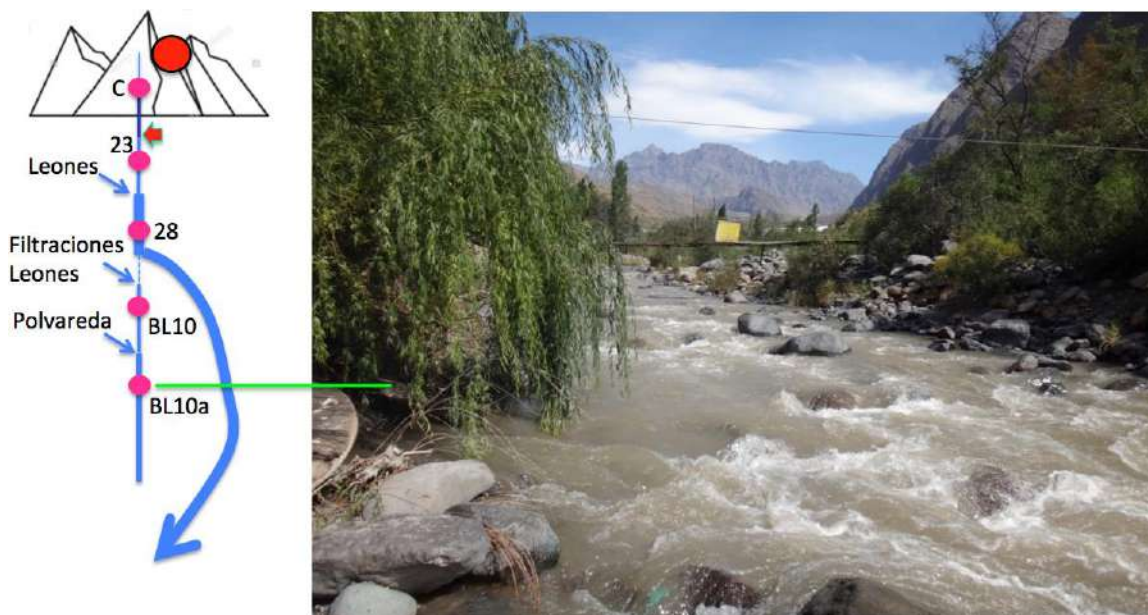
**Figura 21.** Bocatoma del Colbún S.A. que deriva el 100% de caudal del río Blanco hacia la central Blanco y juego devolver las aguas el río Aconcagua (Enero 24, 2019).



**Figura 22.** Fotografía del río Blanco aguas abajo de la bocatoma de Colbún S.A. El río es secado al ser completamente derivado hacia la central Blanco (Enero 24, 2019). De esta forma, los residuos del relave en el momento de la fotografía no siguieron avanzado por el río Blanco, sino avanzado directamente hacia el río Aconcagua.



**Figura 23.** Fotografía de la estación BL10 en el río Blanco sector Saladillo. Esta agua corresponden a filtraciones del río Blanco aguas debajo de la bocatoma de derivación de Colbún S.A., más afloramientos del área del Puente Confluencia.



**Figura 24.** Fotografía de la estación BL10a. Nótese una disminución de la turbidez y el aumento significativo del caudal en relación a la estación de aguas arriba (BL10). Ello se debe que ha recibido en este tramo los aportes del espero Polvareda caracterizado por su baja turbidez.





**Figura 25.** Fotografía de la estación BL20 correspondiente al río Blanco antes de su confluencia con el río Juncal (JU10) y dar origen al río Aconcagua. Inmediatamente aguas arriba de este sector, ingresa al río el RIL del “efluente mixto” de Codelco (Enero 24, 2019). Nota: esta fue la primera estación realizada el recorrido.



**Figura 26.** Una misma muestra de agua obtenida en la estación BL20 del río Juncal con un intervalo de un minuto. Nótese la rápida sedimentación de las partículas en suspensión.



**Figura 27.** Fotografía de la estación JU10 localizada en el río Juncal antes de su confluencia con el río Blanco (BL20) para dar inicio al río Aconcagua. Esta es la única estación del presente estudio que no tiene influencia de las actividades de Codelco (Enero 24, 2019).



**Figura 28.** Sedimentos del fondo del río Juncal en JU10. Estos sedimentos son más gruesos y oscuros que los que transporta el río Blanco. Nótese la presencia de microalgas perifíticas (Enero 24, 2019).



**Estación AC10: Inicio del Aconcagua**

**Figura 29.** Fotografía de la estación AC10 al inicio del río Aconcagua. Nótese su elevada turbidez y caudal (Enero 24, 2019).



**Estación AC10b: Aguas arriba de Los Andes**

**Figura 30.** Fotografía de la estación AC10b localizada inmediatamente aguas arriba de Los Andes. Nótese la elevada turbidez y caudal al igual que la fotografía anterior de la estación AC10. Esta fotografía fue obtenida a las 19:24 h, para facilitar su comparación con la estación siguiente correspondiente a AC20 obtenida casi una hora después (Enero 24, 2019).



**Figura 31.** Fotografía de la estación obtenida en la estación AC20 localizada en San Felipe (Puente El Rey). Esta fotografía fue obtenida con una diferencia de casi una hora en relación a la de la estación anterior (AC10b). Nótese el bajo caudal, su elevada turbidez y la ausencia de depósitos de sedimentos claros en la ribera (los que hay son gruesos y oscuros) (Enero 24, 2019).



**Figura 32.** Fotografía de los fondos de la estación AC20. Nótese la moderada turbidez, la ausencia de depósitos de sedimento fino y la presencia de escasas microalgas (Enero 24, 2019).



**Figura 33.** Comparación de las dos estaciones más bajas de la cuenca consideradas en este estudio, correspondientes a AC10b (Los Andes) y AC20 (San Felipe). Estas dos estaciones fueron obtenidas en un intervalo de casi una hora y están separadas por aproximadamente 21 km (Enero 24, 2019). Las diferencias en estas fotografías indican que gran parte de las aguas de AC10b en el momento de la fotografía, fueron extraídas para riego.

#### 4.1.2 Inspección de terreno y muestreo a una semana de ocurrido el incidente.

El 30 de enero del 2019, se realizó un completo muestreo y mediciones *in situ*, de los componentes agua, sedimento y biota acuática, además de observaciones directas de terreno. Además, se obtuvieron muestras del relave de DAND para realizar su caracterización química y ecotoxicológica mediante bioensayos de toxicidad. Durante la actividad, se pudo evidenciar que en ninguna de las 10 estaciones fue posible detectar visualmente la presencia de relave, a diferencia de lo observado en la inspección del 24 de enero del 2019. En cuanto a los parámetros medidos *in situ*, se registraron valores normales para el área.



Se pudo constatar la ausencia total de depósitos de relave en la estación 23, producto de las actividades de remoción de material realizado por CODELCO. En las Figuras 13 y 14 se muestran fotografías de la estación 23 obtenidas el 24 de enero del 2019, antes de la limpieza del área, y el 30 de enero del 2019, una vez finalizada la limpieza del área. En estas fotografías se puede constatar la efectividad de las medidas de limpieza adoptadas.

#### **4.1.3 Inspecciones de terreno de abril y diciembre del 2019.**

Al igual que en el muestreo del 30 de enero del 2019, en los muestreos del 16 de abril y 3 de diciembre del 2019, en ninguna de las estaciones se detectó visualmente la presencia de depósitos de relave. Con respecto a los parámetros medidos *in situ*, se registraron valores normales para los diferentes tramos del río. En el muestreo de diciembre, no fue posible obtener muestras de agua y biota de la estación AC20 debido a que al cauce del río Aconcagua estuvo completamente seco. En esta estación, sólo fue posible realizar la evaluación del hábitat y la obtención de muestras/mediciones de los sedimentos de los sectores empozados.

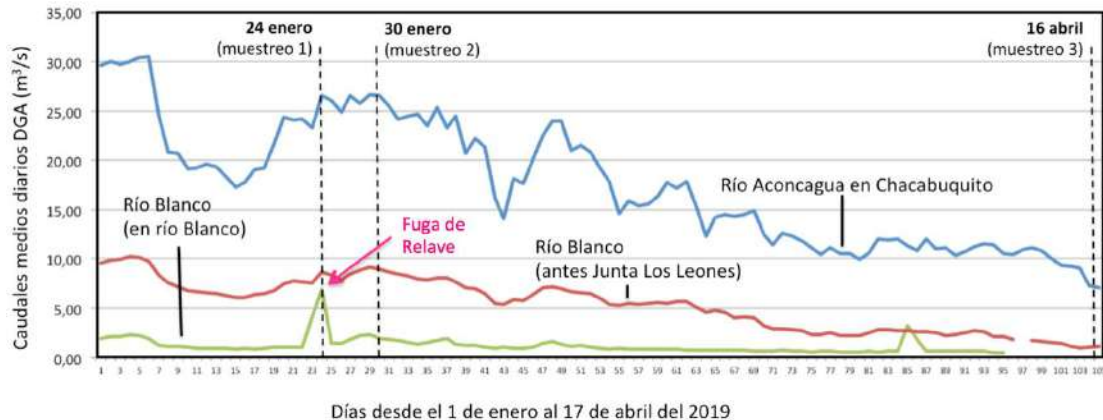
#### **4.2 Evaluación de la calidad del hábitat acuático y ribereño**

En la Tabla 7 se presentan los resultados de caracterización general de los hábitats fluviales en los cuales se evaluaron los metales y metaloides totales en la fracción fina de los sedimentos superficiales (0-50 mm). Para las 10 estaciones se indican los valores en los cuatro muestreos. En cuanto a morfometría fluvial e hidráulica, en general ninguna de las 15 estaciones presentó grandes diferencias en comparación en lo descrito en el estudio de EULA (2015).



La única anomalía que se registró en el área, correspondió a la intensa depositación de sedimento (limo grueso) procedente del relave, en la estación 23 en el muestreo del 24 de enero del 2019, el cual generó el enfangamiento del 100% de los bolones, alterando el hábitat de los macroinvertebrados bentónicos (ver Figuras 8-10).

En la Figura 34 se muestra un gráfico de los caudales medios diarios ( $m^3/s$ ) obtenidos de las estaciones satelitales de la Dirección General de Aguas (DGA), para el período Enero – Diciembre del 2019. En este gráfico se aprecia que la fuga de relave fue durante un período de corta duración. De un nivel basal de  $1,09 m^3/s$  registrado el día 22 en la estación Río Blanco antes Junta Los Leones, subió a  $4,08 - 6,25 m^3/s$  los días 23 y 24, para luego decaer a  $1,45 m^3/s$  el día 25 de enero. Dados los mayores caudales y su marcada variabilidad debido a que son caudales regulados por generación hidroeléctrica, no es posible identificar este incremento de caudal al cierre del río Blanco (DGA en río Blanco) y en el río Aconcagua en Chacabuquito.



**Figura 34.** Caudales medios diarios ( $m^3/s$ ) de los ríos Blanco y Aconcagua durante el año 2019 (desde el 1 de enero al 17 de abril), indicando las fechas de los muestreos 1, 2 y 3. Línea roja = Fecha de la fuga de relave. (datos de la Dirección General de Aguas – DGA).

La perturbación más intensa del hábitat registrada en el presente estudio, fue observada en la estación AC20 el 3 de diciembre del 2019, en el cual el cauce estuvo completamente seco producto de la extracción de agua para riego como se muestra en la Tabla 7 (esta





situación fue determinada mediante inspección directa de terreno). Esta tabla resume los resultados de la valuación del hábitat para la biota acuática, en los cuatro muestreos. Todas las mediciones muestran valores en general dentro de los rangos previamente reportados para el área en el estudio de EULA (2014-2015). Los únicos valores anómalos registrados en todo el estudio (además de los descritos en la estación 20 de diciembre 2019), correspondieron a los de la estación de 23 correspondientes a la zona de impacto directo de la fuga de relave, en la cual se observó la acumulación de parte de material de relave sobre el fondo y riberas de esta estación. En la Tabla 7, las celdas destacadas en celeste muestran valores anómalos causados por la fuga de relave de Codelco.



**Tabla 7.** Evaluación del hábitat para la biota acuática, en los cuatro muestreos. Las celdas destacadas en celeste muestran valores anómalos causados por la fuga de relave de Codelco.

A= Ausente; P= Presente; Va = Vegetación herbácea prácticamente ausente; B= Vegetación herbácea escasa compuesta por coirones; C = Presencia de vegetación arbustiva escasa; D= presencia de moderada vegetación arbustiva; E = Cuencas y subcuencas deshabitadas; F= Cuenca intervenida; MOCST= Materias que incluyendo radio nucleídos en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan olor, color, sabor o turbiedad objetable; MSDO= Materias que sedimenten formando depósitos objetables; P&H= Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos; P= Presente; RSB = Rápidos someros con bolones; SFV & ENN= Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales; VAI= Substancias y condiciones o combinaciones de éstas en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable. \*En el momento del muestreo el cauce estuvo seco.

Componente / parámetros	C				23				28				BL10				BL10a							
	24/en	30/en	16/abr	30/dic	24/en	30/en	16/abr	30/dic	24/en	30/en	16/abr	30/dic	16/abr	30/dic	24/en	30/en	24/en	30/en	16/abr	30/dic				
<b>1. Calidad del agua</b>																								
MOCST	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
MSDO	A	A	A	A	P	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
P&H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SFV&ENN	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Color	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb
<b>2. Variables estructurales del hábitat</b>																								
Ancho medio del cauce inundado (m)	-	18	15	15	-	12	10	11	-	13	10	14	8	18	-	17	-	11	12	12	-	11	12	12
Tipo de sustrato	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón
Entorno directo	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Entorno indirecto	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Flora acuática vascular	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Presencia de algas filamentosas	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Tipo de ambiente	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB
Profundidad media (m)	-	0,11	0,1	0,12	-	0,15	0,15	0,12	-	0,13	0,11	0,11	0,25	0,25	-	0,3	-	0,15	0,11	0,17	-	0,15	0,11	0,17
Evaluación del hábitat fluvial EPA (1999)																								
- Substrato para epifauna/cobertura	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	5	5	5	5	5	5
- Caracterización del sustrato	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5
- Variabilidad del cauce	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
- Depositación de sedimento	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	5	10	10	10	5	10	10	10
- Estatus del flujo del cauce	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20
- Alteración del cauce	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
- Sinuosidad del cauce	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
- Estabilidad de riberas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
- Protección vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>3. Calidad del bosque de ribera</b>																								
Índice QBR	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	45	45	45	45	45	50	45	45	45	50	45	45
<b>4. Caracterización hidráulica</b>																								
Velocidad media (m/s)	-	0,14	0,11	0,15	-	0,18	0,1	0,16	-	0,11	0,12	0,11	0,18	0,21	-	0,22	-	0,25	0,2	0,2	-	0,25	0,2	0,2
<b>5. Caracterización sedimentológica</b>																								
Diámetro medio de los bolones (mm)	-	12	12	12	-	11	13	13	-	10	10	12	24	24	-	25	-	20	21	27	-	20	21	27
Diámetro máximo de los bolones (mm)	-	25	30	28	-	25	25	20	-	50	55	55	90	85	-	100	-	70	60	60	-	70	60	60
Grado de enfangamiento de los bolones (%)	30	30	30	30	100	30	30	30	40	30	40	35	10	10	10	10	30	30	30	25	30	30	30	25
Roca madre (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolones (%)	85	85	85	85	40	80	80	80	85	85	80	85	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Grava (%)	5	5	5	5	0	10	10	10	5	5	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Arena/fango (%)	10	10	10	10	60	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Macrófitas sum. (%) algas filamentosas (%)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	5	5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Grandes residuos leñosos (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camadas de hojas (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofila bentónica total (mg/cm <sup>2</sup> )	-	0,0009	0,002	0,0032	-	0,0002	0,001	0,0031	-	0,0025	0,0009	0,0038	0,0011	0,0041	-	0,001	-	0,0011	0,0015	0,0021	-	0,0011	0,0015	0,0021



(continuación Tabla 7)

Componente / parámetros	BL20				AC10				AC10b				AC20				JU10			
	24/en	30/en	16/abr	30/dic	24/en	30/en	16/abr	30/dic	24/en	30/en	16/abr	30/dic	24/en	30/en	16/abr	30/dic	24/en	30/en	16/abr	30/dic
<b>1. Calidad del agua</b>																				
MOCST	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*	A	A	A	A
MSDO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*	A	A	A	A
P&H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*	A	A	A	A
SFV&ENN	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*	A	A	A	A
VA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*	A	A	A	A
Color	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Claras	Turb	Turb	*	Turb	Turb	Turb	Turb
<b>2. Variables estructurales del hábitat</b>																				
Ancho medio del cauce inundado (m)	-	13	14	12	-	31	16	17	-	28	15	25	-	10	12	0*	-	10	11	11
Tipo de sustrato	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón
Entorno directo	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	Bn/Ma	Bn/Ma	Bn/Ma	Bn/Ma
Entorno indirecto	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	D	D	D	D
Flora acuática vascular	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Presencia de algas filamentosas	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	*	P	P	P	P
Tipo de ambiente	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	*	RSB	RSB	RSB	RSB
Profundidad media (m)	-	0,3	0,15	0,28	-	>1	>1	>1	-	>1	>1	>1	-	0,12	0,1	0*	-	0,2	0,24	0,22
Evaluación del hábitat fluvial EPA (1999)																				
- Substrato para epifauna/cobertura	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15
- Caracterización del sustrato	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15
- Variabilidad del cauce	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10	10	10	10
- Depositación de sedimento	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
- Estatus del flujo del cauce	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10
- Alteración del cauce	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
- Sinuosidad del cauce	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	10	10	10	10
- Estabilidad de riberas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	10	10	10	10
- Protección vegetal	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	10	5
<b>3. Calidad del bosque de ribera</b>																				
Índice QBR	55	55	55	50	55	55	55	50	55	55	55	55	55	55	55	55	30	35	30	40
<b>4. Caracterización hidráulica</b>																				
Velocidad media (m/s)	-	0,13	0,21	20	-	0,25	0,17	0,2	-	0,22	0,18	0,22	-	0,1	0,08	0*	-	0,28	0,2	0,21
<b>5. Caracterización sedimentológica</b>																				
Diámetro medio de los bolones (mm)	-	20	25	18	-	20	25	20	-	20	21	15	-	10	12	12	-	28	21	25
Diámetro máximo de los bolones (mm)	-	140	120	120	-	65	60	70	-	50	70	70	-	25	25	30	-	70	70	75
Grado de enfangamiento de los bolones (%)	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	20	30	30	30	*	10	10	10	10
Roca madre (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolones (%)	85	85	85	80	80	80	80	80	80	80	80	80	85	85	85	85	80	80	80	80
Grava (%)	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	15	15	15	15
Arena/fango (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5
Macrófitas sum. (%) algas filamentosas (%)	0	0	0	0	0	<5	0	0	0	<5	0	0	10	10	10	0*	10	5	5	5
Grandes residuos leñosos (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camadas de hojas (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofila bentónica total (mg/cm <sup>2</sup> )	-	0,0002	0,0009	0,0005	-	0,0012	0,0012	0,0015	-	0,001	0,0009	0,0018	-	0,0089	0,005	0*	-	0,0015	0,0018	0,0015



### 4.3 Bioindicadores de calidad ambiental

Al igual que lo registrado en el estudio de EULA (2015), en la zona superior y media de la cuenca, las macrófitas estuvieron representadas sólo por algas filamentosas de gran tamaño como *Cladophora glomerata* y Chlorophyceae filamentosas que no se pueden identificar a simple vista a nivel de género o especie, pero que estuvieron integrados por *Spirogyra sp.*, *Tetrasporidium sp.*, *Ulothrix zonata* y *Ulothrix sp.* En todos estos casos, a pesar de estar presentes, sus coberturas medias fueron muy bajas. En la Tabla 7 se indica la cobertura determinada en cada una de las 10 estaciones de muestreo. No hay evidencia que hayan sido afectadas por la fuga de relave. Incluso estuvieron presentes (aunque escasas), en algunos sectores de la estación 23 en 24 enero del 2019.

Las Chlorophyceae filamentosas se registraron en prácticamente todas las estaciones de los ríos Blanco, Juncal, además del resto de la cuenca. El alga *Cladophora glomerata.*, estuvo presente en prácticamente todos los muestreos de los ríos Juncal y en el curso medio del río Blanco.

Con respecto a las microalgas perifíticas cuantificadas *in situ*, mediante las estimaciones de clorofila bentónica con un fluorómetro de contacto, mostró en general bajos niveles en todas las estaciones, lo que es propio en un río de montaña. Al igual que en el caso de las Chlorophyceae filamentosas, no hay evidencia que hayan sido afectadas por la fuga de relave.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, en el conjunto de muestras, obtenidas con red Surber en los cuatro muestreos llevados a cabo en 10 sitios en la cuenca del río Aconcagua, se obtuvo un total de 44 taxa. Al igual que lo reportado por EULA (2015), la mayor diversidad de ellos correspondió a estados inmaduros de insectos acuáticos (80%). Los grupos restantes, pertenecieron a Mollusca, Crustacea, Turbellaria, Nematoda, y Oligochaeta. En la Tabla 8 se presenta el listado taxonómico de los macroinvertebrados



bentónicos registrados en la cuenca. No se detectaron hidrobiológicos en ninguna de las estaciones de muestreo, es decir, una especie susceptible de ser aprovechada por el hombre (Ley 18.892, Art. 2º, letra p). Tampoco se registraron especies clasificadas en alguna categoría de conservación.

**Tabla 8.** Listado taxonómico de los macroinvertebrados bentónicos (>250 µm) presentes en las estaciones de muestreo cuenca hidrográfica del río Aconcagua.

<b>a) Phylum Platyhelminthes</b>	Familia Gripterygidae	28. Hydraenidae indet.
Clase Turbellaria	10. <i>Notoperla archiplatae</i> (Illies 1958)	Orden Hemiptera
Orden Tricladida	Limnoperla jaffueli	Familia Velliidae
Familia Dugesiidae	Orden Ephemeroptera	29. <i>Microvellia</i> sp.
1. <i>Dugesia anceps</i> (Kenk, 1930)	Familia Baetidae	Familia Belostomatidae
<b>b) Phylum Aschelminthes</b>	11. <i>Andesiops</i> sp.	30. <i>Belostoma</i> sp.
Clase Nematoda	12. <i>Andesiops peruvianus</i> (Ulmer, 1920)	Familia Corixidae
2. Nematoda indet.	13. <i>Andesiops torrens</i>	31. Corixidae indet.
<b>c) Phylum Annelida</b>	(Lugo-Ortiz & McCafferty, 1999)	Orden Lepidoptera
Clase Oligochaeta	Familia Leptophlebiidae	Familia Pyralidae
Orden Tubificida	14. <i>Meridialaris laminata</i> (Ulmer, 1920)	32. Pyralidae indet.
Familia Tubificidae	15. <i>Meridialaris chiloeensis</i>	Orden Odonata
3. <i>Tubifex</i> sp.	(Demoulin, 1955)	Familia Aeshnidae
Orden Clitellata	16. <i>Meridialaris diguillina</i>	33. <i>Aeshna</i> sp.
Familia Naididae	17. <i>Nousia bella</i>	Orden Diptera
4. Naididae indet.	18. <i>Massartellopsis irarazavali</i>	Familia Athericidae
Familia Lumbriculidae	Demoulin, 1955	34. <i>Dasyomma</i> sp.
5. Lumbriculidae indet.	19. <i>Penaphlebia barriai</i>	Familia Ceratopogonidae
<b>d) Phylum Mollusca</b>	Pescador & Peters, 1991	35. Ceratopogonidae spp. indet.
Clase Gastropoda	Orden Trichoptera	Familia Empididae
Orden Pulmonata	Familia Hydrobiosidae	36. Empididae indet.
Familia Physidae	20. Hydrobiosidae indet.	Familia Ephydriidae
6. <i>Physa chilensis</i> Clessin, 1886	Familia Hydropsychidae	37. Ephydriidae indet.
<b>e) Phylum Arthropoda</b>	21. <i>Smicridea</i> sp.	Familia Muscidae
Clase Chelicerata	Familia Glossosomatidae	38. Muscidae indet.
Orden Araneae	22. <i>Mastigoptila</i> sp.	Familia Simuliidae
7. Araneae indet.	Familia Leptoceridae	39. <i>Simulium</i> spp.
Orden Acari	23. <i>Brachysetodes</i> sp.	Familia Tipulidae
Familia Arrenuridae	Familia Sericostomatidae	40. Tipulidae indet.
8. Arrenuridae indet.	24. <i>Parasericostoma</i> sp.	Familia Limoniidae
Clase Crustacea	Orden Coleoptera	41. <i>Limonia</i> sp.
Orden Amphipoda	Familia Hydrophilidae	Familia Blephariceridae
Familia Hyalellidae	25. Hydrophilidae indet.	42. <i>Edwardsina</i> sp.
9. <i>Hyalella costera</i> González & Watling, 2001	Familia Elmidae	Familia Chironomidae
Clase Insecta	26. <i>Austrelmis</i> sp.	43. Chironomidae spp. indet.
Orden Plecoptera	Familia Dytiscidae	Orden Collembola
Orden Plecoptera	27. <i>Lancetes</i> sp.	Familia Onychiuridae
	Familia Hydraenidae	44. Onychiuridae indet.



#### 4.3.1 Variabilidad espacio-temporal de los macroinvertebrados

En la Tabla 9, se presentan los resultados de la composición y abundancia promedio ( $N/m^2$ ) de macroinvertebrados bentónicos ( $N=4$  réplicas por estación en muestreos 2-4; muestreo 1, una muestra de *ca.*  $0,44 m^2$ ). Al igual a lo reportado por EULA (2015), se registró una marcada variabilidad espacial, y una moderada a baja variabilidad temporal, en las características de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del Aconcagua. En la Figura 35 se muestra un dendrograma que permite comparar todas las estaciones y muestreos realizados en el presente estudio. Este fue construido utilizando los valores medios de abundancias con transformación  $\text{Log}_{10}(x+1)$ , empleando el índice de similitud de Bray & Curtis y la técnica de agrupamiento de ligamiento promedio. En esta clasificación, las agrupaciones destacadas en rojo, corresponden a muestras que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas según un “*similarity profile analysis*” (SIMPROF  $P>0,05$ ). De manera complementaria, la misma matriz de similitud de Bray & Curtis, se analizó empleando “Escalamiento no Métrico Multidimensional” (MDS) como técnica de agrupación. En la Figura 36 se muestra la ordenación de estaciones/muestreos obtenida con MDS, se han indicado los mismos grupos de estaciones identificados en el análisis de clasificación. En la Figura 37 se muestra la importancia de los Díptera Chironomidae en esta ordenación de estaciones.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, en el conjunto de muestras, obtenidas con red Surber en los cuatro muestreos llevados a cabo en 10 sitios en la cuenca del río Aconcagua, se obtuvo un total de 44 taxa, lo que está dentro de los rangos previamente reportados para el área por EULA (2014-2015).

El análisis de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos realizados mediante técnicas de clasificación (clusters; Figura 35) y ordenación (MDS; Figura 36), refleja la variabilidad natural del sistema con resultados similares a los previamente reportados para el área en el estudio de EULA (2014-2015). Se constata que



las estaciones 23 y 28, no se diferencian de manera significativa de la estación de referencia C en ninguno de los muestreos. Las restantes estaciones tienden a diferenciarse por diferencias en su composición de taxa y a las abundancias de Diptera Chironomidae (Figura 37).



Tabla 9. Composición y abundancia media (N/m<sup>2</sup>) de macroinvertebrados bentónicos.

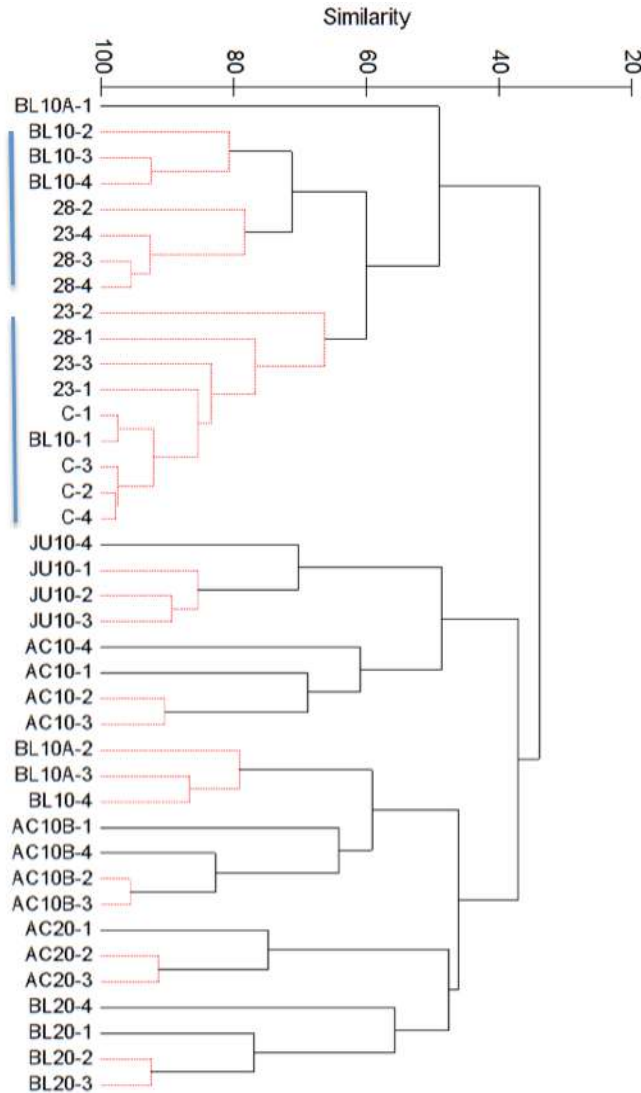
Taxa	C	C	C	C	23	23	23	23	28	28	28	28	BL10	BL10	BL10	BL10	BL10A	BL10A	BL10A	BL10A	
	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Notoperla archiplatae</i> (Plecoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Andesiops sp.</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,0	24,8	222,8	121,0	
<i>Meridialaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	8,3	8,3	5,5	
<i>Meridialaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,5	11,0	2,8	8,3	16,5	0,0	0,0	2,8	2,8	0,0	2,8	5,5	5,5	
<i>Meridialaris chilooensis</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	5,5	5,5	
<i>Massartellopsis irarrazavali</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	44,0	16,5	22,0	19,3	11,0	5,5	16,5	14,7	11,0	5,5	13,8	13,8	44,0	24,8	11,0	13,8	33,0	19,3	5,5	5,5	
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Smicridea sp.</i> (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	2,8	8,3	11,0	0,0	11,0	16,5	2,8	0,0	63,3	156,8	68,8	
<i>Mastigoptila sp.</i> (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Brachsetodes sp.</i> (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Parasericostoma sp.</i> (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Austrelmis sp.</i> (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	11,0	5,5	
<i>Lancetes sp.</i> (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydraenidae (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Microvelia sp.</i> (Hemiptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Belostoma sp.</i> (Hemiptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Corixidae (Hemiptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Aeshna sp.</i> (Odonata)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	5,5	
<i>Dasyomma sp.</i> (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ceratopogonidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Empididae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muscidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	2,8	0,0	
Simuliidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	55,0	60,5	13,8	
Tipulidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	2,8	2,8	2,8	2,8	0,0	5,5	13,8	13,8	11,0	5,5	5,5	35,8	
<i>Limonia sp.</i> (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Edwardsina sp.</i> (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chironomidae (Diptera)	66,0	82,5	90,8	68,8	22,0	5,5	143,0	132,0	33,0	13,8	178,8	118,3	44,0	82,5	126,5	159,5	33,0	118,3	214,5	181,5	
Ephydriidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	
Onychiuridae (Collembola)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Hyalella costera</i> (Amphipoda)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arrenuridae indet. (Acari)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,5	5,5	0,0	0,0	0,0	2,8	
Araneae (Araneida)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Tubifex sp.</i> (Oligochaeta)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Naididae (Oligochaeta)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dugesia anceps</i> (Platyhelminthes)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda (Nematoda)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



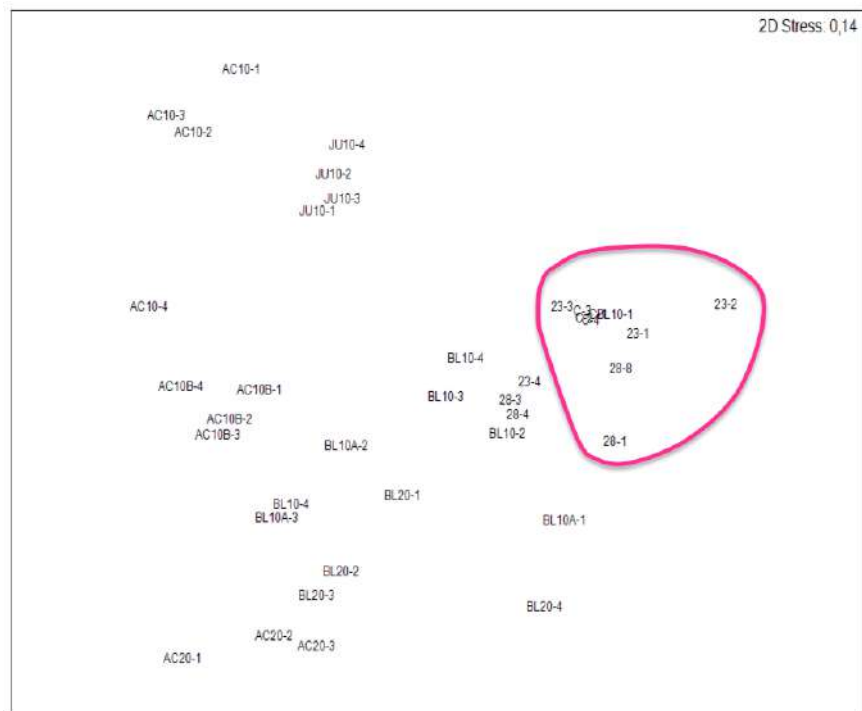


Continuación **Tabla 9.**

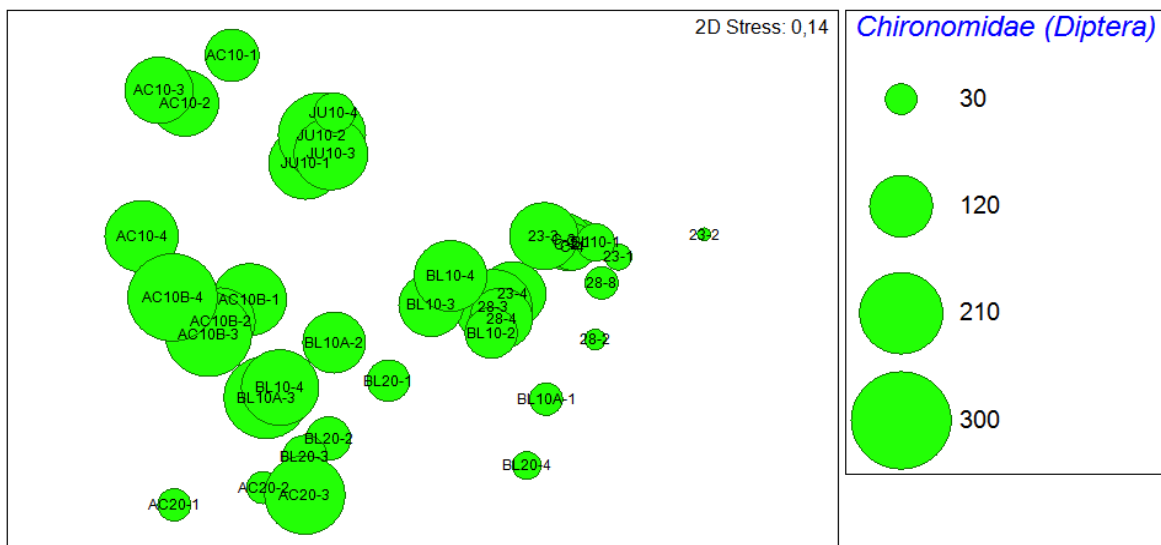
Taxa	BL20	BL20	BL20	BL20	AC10	AC10	AC10	AC10	AC10B	AC10B	AC10B	AC10B	AC20	AC20	AC20	AC20	JU10	JU10	JU10	JU10	
	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	24/ene	30/ene	16/abr	3/dic	
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	11,0	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	2,8	
<i>Notoperla archiplatae</i> (Plecoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	2,8	2,8
<i>Andesiops sp.</i> (Ephemeroptera)	11,0	49,5	123,8	0,0	0,0	2,8	2,8	11,0	22,0	55,0	178,8	66,0	165,0	99,0	110,0	-	44,0	11,0	19,3	16,5	
<i>Meridialaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Meridialaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	2,8	
<i>Meridialaris chilooensis</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Massartellops irarrazavali</i> (Ephemeroptera)	0,0	8,3	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	11,0	2,8	2,8	2,8	11,0	2,8	5,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	11,0	11,0	5,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	11,0	8,3	5,5	0,0	11,0	11,0	-	11,0	2,8	5,5	2,8	
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	11,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Smicridea sp.</i> (Trichoptera)	11,0	30,3	8,3	2,8	0,0	0,0	0,0	11,0	55,0	27,5	33,0	11,0	99,0	35,8	85,3	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Mastigoptila sp.</i> (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Brachysetodes sp.</i> (Trichoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Parasericotoma sp.</i> (Trichoptera)	0,0	2,8	5,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hydrophilidae (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Austrelmis sp.</i> (Coleoptera)	0,0	2,8	5,5	3,7	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	5,5	5,5	5,5	66,0	88,0	85,3	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Lancetes sp.</i> (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hydraenidae (Coleoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Microvella sp.</i> (Hemiptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Belostoma sp.</i> (Hemiptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Corixidae (Hemiptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Lepidoptera (Lepidoptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,5	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Aeshna sp.</i> (Odonata)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Dasyomma sp.</i> (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	11,0	2,8	5,5	8,3	
Ceratopogonidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	5,5	13,8	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	11,0	5,5	5,5	2,8	
Empididae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	5,5	11,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	2,8	
Muscidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	49,5	33,0	2,8	11,0	2,8	2,8	2,8	11,0	8,3	0,0	-	22,0	24,8	16,5	8,3	
Simuliidae (Diptera)	11,0	55,0	66,0	0,0	11,0	2,8	2,8	2,8	11,0	33,0	22,0	11,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Tipulidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	5,5	5,5	16,5	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Limonia sp.</i> (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	2,8	
<i>Edwardsina sp.</i> (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	2,8	2,8	5,5	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Chironomidae (Diptera)	55,0	60,5	60,5	24,8	88,0	137,5	140,3	162,3	165,0	145,8	225,5	242,0	33,0	33,0	195,3	-	165,0	231,0	165,0	49,5	
Ephydriidae (Diptera)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	27,5	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Onychiuridae (Collembola)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Hyalella costera</i> (Amphipoda)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Arrenuridae indet. (Acari)	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	8,3	11,0	2,8	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Araneae (Araneida)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,5	2,8	11,0	5,5	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	5,5	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Tubifex sp.</i> (Oligochaeta)	55,0	55,0	82,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	2,8	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Naididae (Oligochaeta)	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	2,8	5,5	11,0	0,0	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	-	11,0	2,8	2,8	2,8	
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,0	0,0	5,5	5,5	11,0	0,0	0,0	0,0	-	11,0	5,5	2,8	0,0	
<i>Dugesia anceps</i> (Platyhelminthes)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	
Nematoda (Nematoda)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	



**Figura 35.** Dendrograma que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus comunidades de macroinvertebrados (agrupaciones en rojo  $P > 0,05$ ). 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. El dendrograma fue construido mediante el método de agrupamiento UPGMA, en base a una matriz de similitud de Bray & Curtis con los datos con transformación  $\text{Log}_{10}(x+1)$ .



**Figura 36.** Ordenación obtenida con MDS, que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus comunidades de macroinvertebrados. Los círculos rojos destacan la estación 23 correspondiente a la estación de impacto directo de relave.



**Figura 37.** MDS de la figura anterior, en la cual se muestran “gráficos de burbujas” de las abundancias de Diptera Chironomidae.



#### 4.3.2 Macroinvertebrados como bioindicadores de calidad ambiental

En los muestreos del 23 y 30 de enero del 2019, se observó una similar riqueza de especies pero una menor abundancia de ellas en las estaciones 23 y 28 próximas a la fuga de relave, con respecto a la estación C (referencia) (Tabla 10). Ello es explicado por un cambio en el hábitat físico de estas especies debido el enfangamiento producido por la depositación del relave sobre los bolones del fondo y por el efecto causado por las actividades de limpieza desarrolladas por Codelco. Ello no es explicado por un efecto tóxico del relave, por tratarse de material inerte como lo demostraron los bioensayos de toxicidad de la muestra de relave obtenida el 30 de enero de 2019. Los parámetros comunitarios de zoobentos de las estaciones 23 y 28 muestran características similares a las de la estación C, en cuanto a los valores de Índice Biótico de Familias, que califican en clase IV como “mala” (Tabla 10). Esta situación es normal en los ríos de montaña, debido a las bajas, temperaturas, escasa productividad primaria y al efecto de la alta turbidez que afecta a estos ríos. Esta situación también se observó en la estación de referencia del río Juncal (JU10), que no tiene influencia de las actividades de Codelco. Esta estación también calificó según este índice en Clase VI (mala).



**Tabla 10.** Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. S= Riqueza específica, F= Número de familias, A= abundancia (N/m<sup>2</sup>), H' = Índice de diversidad de Shannon, J' = Equidad, IBF= Índice Biótico de Familias de Hilsenhoff, Cla= Clase de calidad según IBF.

Estación	Fecha	Código	S	F	A	H'	J'	IBF	Clase	Clasificación
C	24/ene	C-1	2	1	110,0	0,67	0,97	7,00	VI	Mala
C	30/ene	C-2	2	1	99,0	0,45	0,65	7,00	VI	Mala
C	16/abr	C-3	2	1	112,8	0,49	0,71	7,00	VI	Mala
C	3/dic	C-4	2	1	88,1	0,53	0,76	7,00	VI	Mala
23	24/ene	23-1	2	1	33,0	0,64	0,92	7,00	VI	Mala
23	30/ene	23-2	2	1	11,0	0,69	1,00	7,00	VI	Mala
23	16/abr	23-3	3	2	162,3	0,41	0,38	6,91	VI	Mala
23	3/dic	23-4	5	4	157,8	0,63	0,39	6,67	VI	Mala
28	24/ene	28-8	3	2	55,0	0,95	0,86	5,75	V	Relativamente mala
28	30/ene	28-2	5	4	27,7	1,36	0,85	5,50	IV	Regular
28	16/abr	28-3	5	4	212,0	0,63	0,39	6,61	VI	Mala
28	3/dic	28-4	5	4	162,4	0,92	0,57	6,10	V	Relativamente mala
BL10	24/ene	BL10-1	2	2	88,0	0,69	1,00	7,00	VI	Mala
BL10	30/ene	BL10-2	6	4	129,4	1,11	0,62	6,30	V	Relativamente mala
BL10	16/abr	BL10-3	8	4	181,7	1,13	0,55	6,20	V	Relativamente mala
BL10	3/dic	BL10-4	8	4	209,3	0,96	0,46	6,40	V	Relativamente mala
BL10A	24/ene	BL10A-1	6	4	121,0	1,67	0,93	5,00	III	Buena
BL10A	30/ene	BL10A-2	11	6	311,2	1,76	0,74	5,70	IV	Regular
BL10A	16/abr	BL10A-3	13	8	707,0	1,62	0,63	5,50	IV	Regular
BL10A	3/dic	BL10A-4	14	8	462,3	1,71	0,65	5,50	IV	Regular
BL20	24/ene	BL20-1	7	5	165,0	1,64	0,84	6,70	VI	Mala
BL20	30/ene	BL20-2	10	7	278,0	1,89	0,82	6,24	V	Relativamente mala
BL20	16/abr	BL20-3	10	7	368,7	1,70	0,74	6,57	V	Relativamente mala
BL20	3/dic	BL20-4	7	6	42,5	1,42	0,73	5,95	V	Relativamente mala
AC10	24/ene	AC10-1	8	5	165,0	1,60	0,77	6,50	V	Relativamente mala
AC10	30/ene	AC10-2	14	8	228,8	1,39	0,53	6,72	VI	Mala
AC10	16/abr	AC10-3	15	9	242,4	1,63	0,60	6,52	V	Relativamente mala
AC10	3/dic	AC10-4	20	13	267,5	1,68	0,56	6,28	V	Relativamente mala
AC10B	24/ene	AC10B-1	11	7	330,0	1,73	0,72	5,76	IV	Buena
AC10B	30/ene	AC10B-2	19	14	325,0	1,93	0,66	6,11	V	Relativamente mala
AC10B	16/abr	AC10B-3	19	14	520,3	1,60	0,54	6,29	V	Relativamente mala
AC10B	3/dic	AC10B-4	23	17	424,1	1,74	0,55	6,32	V	Relativamente mala
AC20	24/ene	AC20-1	9	7	418,0	1,68	0,76	4,77	III	Buena
AC20	30/ene	AC20-2	14	9	297,5	1,80	0,68	4,78	III	Buena
AC20	16/abr	AC20-3	13	9	512,0	1,63	0,63	5,63	IV	Regular
AC20	3/dic	AC20-4	-	-	-	-	-	-	-	-
JU10	24/ene	JU10-1	8	5	286,0	1,43	0,69	6,79	VI	Mala
JU10	30/ene	JU10-2	8	5	286,2	0,80	0,38	6,96	VI	Mala
JU10	16/abr	JU10-3	9	6	225,7	1,07	0,48	6,76	VI	Mala
JU10	3/dic	JU10-4	12	7	105,0	1,82	0,73	5,68	V	Relativamente mala



Dentro de los bioindicadores de ecosistemas fluviales de mayor relevancia en Chile y el mundo, destacan los macroinvertebrados bentónicos, los cuales corresponden a invertebrados con una talla superior a 0,5 mm y que viven en estrecha asociación con el substrato del fondo de los ríos. Este componente de los ríos está integrado por un amplio espectro de especies diferentes, siendo los más diversos los estados inmaduros de insectos acuáticos, seguidos por moluscos y crustáceos (CENMA, 2006; Valdovinos, 2006, 2008). Dentro de los primeros destacan por su diversidad de especies, insectos de los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera y Diptera, todos ellos presentes en los fondos del río Aconcagua (EULA, 2015).

Según Carter *et al.* (2007), el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad ambiental de ecosistemas fluviales, ha sido ampliamente empleado en el mundo debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota, como microalgas, plantas acuáticas y peces. Entre estas ventajas destacan las siguientes: a) incluye a un amplio espectro de sensibilidades a los estresores ambientales, b) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos dulceacuícolas, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; c) su naturaleza sedentaria permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; d) incluye a muchos organismos longevos, lo que permite integrar los efectos en el tiempo, e) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y f) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, validados en diferentes zonas del mundo.

Los métodos que consideran macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas, han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Sin embargo, en Chile han estado siendo utilizados de manera sistemática, a partir del estudio gestionado por CONAMA en 1997 en la cuenca hidrográfica del río Damas (EULA, 1998), del cual derivó la publicación de Figueroa *et al.* (2003). En dicho estudio se validó el uso del Índice Biótico de Familias (IBF), propuesto por Hilsenhoff (1988), para ríos de centro y sur de Chile que comparten una fauna acuática común, dentro de los cuales está el río Cruces. Este índice,



sobre la base del tipo de familias de invertebrados presentes en un tramo del río, un puntaje asignado a cada familia en función a su sensibilidad a la contaminación y la abundancia relativa de cada familia, permite clasificar el tramo de un río de Clase I (excelente) a Clase VII (muy malo). Dada la simplicidad en la estimación de este índice debido a su bajo nivel de resolución taxonómica y a su adecuada correlación con factores estresores antropogénicos (e.g. contaminación y alteraciones en el hábitat físico), en la actualidad está siendo utilizado en diferentes ríos del centro y sur de Chile (ver Fierro *et al.* 2017). Existen otros índices para la evaluación de la calidad de agua de los ecosistemas fluviales, sin embargo, ellos todavía requieren ser validados para ser aplicados a la realidad de nuestros ríos. Entre ellos caben mencionar el Trent Biotic Index (TBI), Biological Monitoring Working Party (BMWP), Belgium Biotic Index (BBI) y The River Invertebrate Prediction and Classification System (RIVPACS) (Figueroa *et al.*, 2003).

Dada la relevancia que tienen estos organismos como bioindicadores de calidad de los ecosistemas acuáticos fluviales, la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE de la Unión Europea, los ha considerado como un referente internacional para el establecimiento del “estado ecológico” de sus ecosistemas dulceacuícolas, proponiendo un enfoque metodológico más integrado que el uso aislado de índices bióticos específicos, al explicitar la relación biota-hábitat y estableciendo empíricamente áreas de referencia comparativas dentro de los ríos, como áreas de control.

#### 4.4 Caracterización del relave de Codelco

Con el objeto de conocer las características químicas y toxicológicas del relave de Codelco que se fugó en 23 de enero del 2019 al río blanco, el 30 de enero del 2019 se tomaron muestras de relave directamente en las instalaciones de Codelco (Figura 38). En la Figura 39 se muestran las actividades de terreno, mostrando la medición de parámetros *in situ* de la muestra del relave (a). Se pudo evidenciar que al dejar reposar la muestra de relave durante un minuto, 1/3 de la fracción de limo de la muestra sedimenta, separándose en dos fases



(b). Este material sedimentado del relave es similar con textura y coloración (c), que el limo depositado en el fondo y ribera del río en la estación 23 (enero 30, 2019).

Resultados de los análisis de la muestra de relave de Codelco obtenida en 30 de enero del 2019 se presentan en la Tabla 11. Se consideraron dos tipos de mediciones: a) relave total, en que la muestra fue previamente agitada antes del análisis y b) análisis del sobrenadante de la misma muestra sedimentada como se muestra en la Figura anterior. Las celdas naranjas indican aquellos parámetros que superan la norma Ch1333-riego y en celeste aquellos parámetros que no superan la norma.

En la muestra sin sedimentar, se pudo constatar que la muestra es alcalina y que además de la conductividad, los siguientes parámetros superaron la norma NCh1333-riego: Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Fierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno y Zinc. Los parámetros Plomo y Selenio no superaron esta norma. Por el contrario, al analizar el sobrenadante de la misma muestra, se constató que todas las concentraciones cumplieron con la norma, demostrando el efecto de la presencia de sólidos suspendidos (y su turbidez asociada), en los valores medidos.

Al hacer los bioensayos de toxicidad aguda con el microcrustáceo *Daphnia magna*, todo el material sólido sedimenta y los organismos sólo quedan expuestos al sobrenadante. Los resultados de la Tabla 12 muestran que el relave no tuvo efecto toxico agudo ni crónico sobre los organismos, como lo indican los resultados de LC<sub>50</sub>-24h, LC<sub>50</sub>-48h, NOAEC y LOAEC. Como niveles de referencia para los bioensayos de toxicidad crónica, se consideró una muestra del río Juncal (JU10) obtenida el mismo día. Se pudo constatar que no hubo diferencias de toxicidad entre el relave y el río Juncal.

Los resultados anteriores indican que el relave de DAND que se fugó en el río Blanco el 23 de enero de 2019, tiene una alta carga de sólidos ricos en metales y metaloides que habrían sedimentado, y que el sobrenadante remanente no presenta toxicidad para la vida acuática.





**Figura 38.** Actividades de muestreo del relave DAND para su caracterización y evaluación toxicológica, realizadas el 30 de enero del 2019.



**Figura 39.** a) Medición de parámetros in situ de la muestra del relave; b) Al dejar reposar la muestra de relave durante un minuto,  $1/3$  de la fracción de limo de la muestra sedimenta, separándose en dos fases; c) el limo depositado en el fondo y ribera del río en la estación 23 (enero 30, 2019), con similar textura y color a la del relave.



**Tabla 11.** Resultados de los análisis de la muestra de relave de Codelco obtenida en 30 de enero del 2019. Se consideraron dos tipos de mediciones: a) relave total, en que la muestra fue previamente agitada antes del análisis y b) análisis del sobrenadante de la misma muestra sedimentada como se muestra en la figura anterior. Las celdas naranjas indican aquellos parámetros que superan la norma Ch1333-riego y en celeste aquellos parámetros que no superan la norma.

Parámetro	Unidad	Relave total	Relave sobrenadante*	NCh1333 Riego
Conductividad	uS/cm	2432	-	750
pH	-	11,05	-	
Temperatura	-	25,9	-	
Sulfato	mg/L	1747,50	-	250
Aluminio	mg/L	1661	0,016	5
Arsénico	mg/L	1,88	0,0059	0,1
Cadmio	mg/L	0,317	<0,0005	0,01
Cobre	mg/L	50,39	0,02	0,2
Cromo	mg/L	1,939	<0,001	0,1
Fierro	mg/L	4117,9	0,047	5
Manganeso	mg/L	84,8	<0,001	0,2
Mercurio	mg/L	0,0021	<0,0005	0,001
Molibdeno	mg/L	3,251	0,552	0,01
Níquel	mg/L	-	<0,001	0,2
Plomo	mg/L	1,385	0,035	5
Selenio	mg/L	0,0018	0,0016	0,02
Zinc	mg/L	9,332	0,6742	2

\*Medidos adicionalmente por el Centro EULA con fines interpretativos.

**Tabla 12.** Síntesis de resultados de los bioensayos de toxicidad aguda (CL<sub>50</sub>-24h y CL<sub>50</sub>-48h) y crónica (LOAEC y NOAEC), realizados con las muestras de relave de Codelco (del 30 de enero 2019), empleando el microcrustáceo zooplanctónico *Daphnia magna* en condiciones experimentales de laboratorio. A modo de referencia se realizó el mismo bioensayo con aguas del río Juncal (JU10) considerado como área de referencia sin la influencia de las actividades de Codelco (del 30 de enero del 2019). NOAEC= dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control. LOAEC= dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Muestra	CL50-24 (%)	CL50-48 (%)	LOAEC (%)	NOAEC (%)
Relave Codelco	ND	ND	12,5	<12,5
JU10 (Río Juncal)	ND	ND	12,5	<12,5



## 4.5 Evaluación de la calidad de agua del ecosistema fluvial

### 4.5.1 Evaluación de parámetros químicos y físico-químicos

En las Tablas 13 y 14 se presenta una de síntesis de resultados de las mediciones de calidad de agua en los cuatro muestreos. Los parámetros están agrupados en seis categorías (a-g) para facilitar su interpretación. La segunda columna indica los valores normados en la NCh1333; los colores indican si corresponde a riego (verde), conservación de la vida acuática (celeste) y recreación y estética (naranja). Aquellas mediciones que superaron alguno de los valores normados, se destacan con la coloración correspondiente.

Del conjunto de parámetros de calidad de agua analizados, la mayor parte de aquellos normados por la NCh1333 cumplieron la Norma en las 10 estaciones y en los cuatro períodos de muestreo. Estos parámetros fueron los siguientes: pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Arsénico Total, Bario Total, Berilio Total, Boro Total, Cadmio Total, Cianuro, Cloruro, Cobalto Total, Color Verdadero, Cromo Total, Grasas y Aceites, Litio Total, Mercurio Total, Níquel Total, Plata Total, Plomo Total, R.A.S., Selenio Total, Vanadio Total y Zinc Total. Un total de 10 parámetros superaron en una o más oportunidad los valores normados en la NCh1333, los cuales se indican a continuación:

**Conductividad:** Del conjunto de mediciones, sólo una superó el valor máximo de 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  establecida en la NCh1333-riego. Ella correspondió al valor de 960  $\mu\text{S}/\text{cm}$  medido en la estación BL20, localizada al cierre de la cuenca del río Blanco, el 16 de abril del 2019. Por la fecha y valores de las estaciones aguas arriba (AC10b), este valor no es posible asociar a la fuga de relave.

**Sulfato:** El valor de 250 mg/L indicado en la NCh1333-riego, fue superado en todas las mediciones de la estación BL10 (Sector Saladillo), fluctuando entre 250,5 (30/1/19) y 421,1 mg/L (3/12/19). Dados los valores Sulfato las estaciones aguas arriba (C, 12 y 28), estos no son posibles asociar a la fuga de relave. La estación BL20 superó la norma el 16 de abril del



2019, con un valor de 275,2 mg/L. Estudios previos realizados por EULA (2014-2015) ya habían determinado esta situación y demostraron que estos valores de Sulfato se deben a la geoquímica natural de la cuenca.

**Aluminio Total:** El río Blanco y el río Aconcagua se caracterizan por tener en ciertos momentos del año aguas de elevada turbiedad, producto de las características propias de la cuenca descritas en el estudio de EULA (2014-2015). Esa turbiedad es producto del ingreso de sólidos suspendidos inorgánicos (SSI) de diversas fuentes, ricos en metales como Aluminio, Hierro, Manganeso, Cobre y Molibdeno. Debido a que en el análisis de estos metales se analiza la composición total (y no la disuelta), todas las mediciones de estos metales están afectadas por los SST. Esta situación también se observó en el presente muestreo. El Aluminio superó el valor normado en la NCh1333-riego de 5 mg/L en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 - 28, BL10, BL20, AC10, AC10B, AC20; 30 de enero 2019 - AC10, AC10B, AC20.

**Hierro total:** Superó el valor normado en la NCh1333-riego de 5 mg/L en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 - 28, BL20, AC10, AC10B, AC20; 30 de enero 2019 - AC10, AC10B, AC20.

**Manganeso total:** Superó el valor normado en la NCh1333-riego de 0,2 mg/L en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 - 28, BL10, BL20, AC10, AC10B; 30 de enero 2019 - C, AC10, AC10B, AC20; 16 de abril 2019 - C, 23, AC20.

**Cobre total:** Superó el valor normado en la NCh1333-riego de 0,2 mg/L sólo el 3 de diciembre del 2019 en las siguientes estaciones: C, 23, 28, BL20, AC10B.

**Molibdeno total:** Superó el valor normado en la NCh1333-riego de 0,01 mg/L en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 – C, AC20; 16 de abril 2019 – BL10, BL20; 3 de diciembre 2019 – BL10.



**Turbiedad:** Superó la NCh1333-vida acuática de 30 NTU en las siguientes estaciones y fechas: 24 de enero 2019 – 28, BL10, BL20, AC10, AC10B, 30 de enero 2019- 28, AC20, JU10; 16 de abril 2019 – AC1B, AC20; 3 de diciembre 2019 – 28, AC10, AC10B. Es importante destacar que este parámetro también fue superado en el río Juncal (JU10), que no tiene ningún grado de influencia de Codelco Andina, siendo una condición natural en el área.

**Sodio Porcentual:** El valor normado en la NCh1333-riego de 35%, fue superado en todas las estaciones de muestreo (incluyendo el río Juncal), en el muestreo del 24 de enero del 2019.

Los parámetros limnológicos de calidad de agua considerados en el presente estudio, pero que no se encuentran normados en la NCh1333 son los siguientes: DBO5, DQO, Dureza Total, Fósforo Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Sólidos Disueltos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Inorgánicos, Sólidos Suspendidos Orgánicos y Sólidos Suspendidos Totales. Todos los valores se medidos durante el 2019 estuvieron dentro de los rangos de variación previamente reportados para estas mismas estaciones por EULA (2014-2015).



**Tabla 13.** Tabla de síntesis de resultados de las mediciones de calidad de agua en los cuatro muestreos. Los parámetros están agrupados en seis categorías (a-g) para facilitar su interpretación. La segunda columna indica los valores normados en la NCh1333; los colores indican si corresponde a riesgo (verde), conservación de la vida acuática (celeste) y recreación y estética (naranja). Aquellas mediciones que superaron alguno de los valores normados, se destacan con la coloración correspondiente.

Parámetros	Normados NCh1333	C				23				28				BL10				BL10A			
		24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic
<b>a) Físico-químicos <i>in situ</i></b>																					
Conductividad (uS/cm)	750	340	371	484	304	340	370	484	330	276	304	431	314	328	692	969	1976	254	209	465	279
pH	6 a 9	7,81	7,78	11,97	7,35	7,71	8,19	7,78	7,35	7,68	8,25	7,8	7,2	8,04	8,27	7,79	7,8	8,01	8,4	7,98	7,86
Temperatura (°C)	3**	14,2	25,2	23,9	9,4	14,8	9,3	4,4	11,6	13,6	8,6	9,4	9,7	16,3	18,9	8,5	22,3	16,8	7,3	16,2	16,5
<b>b) Asociados al Oxígeno</b>																					
Oxígeno disuelto (mg/l)	5*	7,6	6,79	8,66	10,03	8,6	7,87	7,34	9,56	7,4	7,76	9,29	9,7	7,7	6,73	8,97	8,48	8,1	7,08	8,8	9,51
DBO5 (mgO2/l)		-	<1,0	<1,0	<1,0	-	<1,0	<1,0	1	-	<1,0	<1,0	1,1	-	<1,0	<1,0	<1,0	-	<1,0	1	<1,0
DQO (mgO2/l)		-	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	-	<2	75	<2	-	2	<2	<2	-	<2	<2	3
<b>c) Nutrientes</b>																					
Fósforo Total (mg/l)		-	0,09	<0,01	<0,006	-	0,12	<0,01	<0,006	-	0,24	<0,01	<0,006	-	0,09	<0,01	<0,006	-	0,14	0,07	<0,006
Nitrógeno amoniacal (mg/l)		<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02
Nitritos (mg/l)		-	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	-	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Nitratos (mg/l)		-	0,815	0,98	0,645	0,45	0,95	0,91	0,795	0,88	0,79	0,62	0,58	-	1,07	0,98	0,673	0,31	0,82	0,915	0,73
<b>e) Sólidos y turbiedad</b>																					
Turbiedad (NTU)	30	6	12	5	3	11	8	3	9	498	119	9	48	476	8	1	1	3	<1	23	12
Sólidos Sedimentables (ml/h)		-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1
Sól. Suspendidos Totales (mg/l)		-	84	8,9	1,7	-	55	2,7	3,6	-	277,6	4,4	24,7	-	5	1,3	<1,0	-	5,3	47,6	4,5
Sól. Susp. Inorgánicos (mg/l)		-	79	7,4	1,7	-	51,4	1,8	3,6	-	267,8	3,6	24,4	-	4,1	<1,0	<1,0	-	4,4	44	3,9
Sól. Susp. Orgánicos (mg/l)		-	5	1,5	<1,0	-	3,6	<1,0	<1,0	-	9,8	<1,0	<1,0	-	<1,0	<1,0	<1,0	-	<1,0	3,6	<1,0
<b>f) Limnológicos adicionales</b>																					
Sodio Porcentual (%)	35	252	4,26	6,69	11,6	255	4,55	6,17	12,62	219	4,64	6,71	0,23	252	16,78	13,46	1,15	159	8,47	13,7	16,23
Sulfato (mg/l)	250	-	135,38	165,87	69,69	112,87	126,84	169,72	74,6	81,12	90,03	131,4	79,86	-	250,5	370,72	421,13	64,66	33,66	118,86	43,19
Cloruro (mg/l)	200	-	5,18	12,13	7,27	8,42	8,15	11,86	10,42	6,1	8,23	16,82	8,83	-	38,51	58,55	71,38	6,51	4,93	22,3	6,88
Sólidos Disueltos (mg/l)		-	288	366	189	-	261	349	212	-	235	319	212,5	-	520	783	887	-	155	335	170
Dureza Total (mg CaCO3/l)		-	258,9	275,1	97,8	-	298,1	286,7	111,4	-	298,1	298,1	115,5	-	382,5	568,1	443,7	-	134,4	207	93,9
R.A.S.		<0,5	0,14	0,24	0,26	<0,5	0,17	0,22	0,31	<0,5	0,15	0,23	0,23	<0,5	0,8	0,75	1,15	<0,5	0,22	0,46	0,38
Color Verdadero (Pt/Co)	100	<5	<5	<5	<5	<5	7	<5	<5	28	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5
Grasas y Aceites (mg/l)	5	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	<2,0
<b>g) Metales y metaloides</b>																					
Manganeso Total (mg/l)	0,2	0,155	0,243	0,248	0,061	0,152	0,198	0,228	0,062	0,31	0,193	0,075	0,092	0,244	0,043	0,003	0,004	0,021	0,014	0,056	0,028
Aluminio Total (mg/l)	5	0,874	1,853	0,249	0,356	0,908	1,538	0,179	0,416	7,239	3,409	0,357	2,083	5,296	0,348	0,15	0,37	0,473	0,471	1,048	0,623
Hierro Total (mg/l)	5	0,817	2,406	0,142	0,132	1,063	2,093	0,087	0,232	11,51	4,784	0,449	1,595	7,62	0,494	0,225	0,044	0,497	0,375	1,191	0,39



Parámetros	Normados NCh1333	C				23				28				BL10				BL10A			
		24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic
Cobre Total (mg/l)	0,2	0,0476	0,0565	0,1089	0,6522	0,0529	0,0525	<0,0005	0,5	0,1125	0,0883	<0,0005	0,3309	0,1108	0,0082	<0,0005	0,1542	0,0081	0,0017	<0,0005	0,0164
Molibdeno Total (mg/l)	0,01	0,043	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	0,015	0,013	<0,001	<0,001	0,003	<0,001
Arsénico Total (µg/l)	100	2,9	4,1	3,2	7,36	3,6	3,9	3,6	3,86	35	8,4	2,5	3,85	9	2,1	4,6	4,33	3	5,6	7,5	6
Bario Total (mg/l)	4	-	0,024	0,021	0,023	-	0,021	0,02	0,022	-	0,042	0,033	0,038	-	0,038	0,033	0,039	-	0,023	0,035	0,033
Berilio Total (mg/l)	0,1	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Boro Total (mg/l)	0,75	-	0,065	0,024	0,091	-	0,067	<0,005	0,465	-	0,043	<0,005	0,066	-	0,172	0,144	0,295	-	0,056	0,086	0,127
Cadmio Total (mg/l)	0,01	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Cianuro (µg/l)	200	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	<0,9
Cobalto Total (mg/l)	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo Total (mg/l)	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,001	<0,001	0,003	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001
Litio Total (mg/l)	2,5	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,017	0,057	<0,005	<0,005	0,009	<0,005
Mercurio Total (µg/l)	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Níquel Total (mg/l)	0,2	0,014	0,013	0,004	0,005	<0,001	0,009	0,004	<0,001	<0,001	0,008	0,002	0,002	<0,001	0,028	0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,005	<0,001
Plata Total (mg/l)	0,2	0,033	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005
Plomo Total (mg/l)	5	0,14	0,017	<0,001	0,011	0,16	<0,001	<0,001	<0,001	0,14	<0,001	<0,001	<0,001	0,17	<0,001	<0,001	<0,001	0,19	<0,001	0,002	<0,001
Selenio Total (µg/l)	20	4,6	<0,5	<0,5	<0,5	4,9	<0,5	<0,5	<0,5	4,67	<0,5	<0,5	<0,5	4,84	<0,5	<0,5	<0,5	6,98	<0,5	<0,5	<0,5
Vanadio Total (mg/l)	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,017	<0,001	<0,001	0,003	0,01	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,003
Zinc Total (mg/l)	2	0,0315	0,0408	0,0476	<0,0002	0,0037	0,0224	0,037	<0,0002	0,0238	0,0209	0,0135	<0,0002	0,0211	0,0239	0,0075	<0,0002	<0,0002	0,0059	0,023	0,2178





**Tabla 14.** Tabla de síntesis de resultados de las mediciones de calidad de agua en los cuatro muestreos. Los parámetros están agrupados en seis categorías (a-g) para facilitar su interpretación. La segunda columna indica los valores normados en la NCh1333; los colores indican si corresponde a riesgo (verde), conservación de la vida acuática (celeste) y recreación y estética (naranja). Aquellas mediciones que superaron alguno de los valores normados, se destacan con la coloración correspondiente.

Parámetros	Normados NCh1333	BL20				AC10				AC10B				AC20				JU10			
		24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic
<b>a) Físico-químicos in situ</b>																					
Conductividad (uS/cm)	750	327	483	960	594	362	410	493	258	422	414	595	172	383	432	614	-	334	301	373	254
pH	6 a 9	7,96	8	8,18	7,51	7,98	8,25	7,98	7,7	8,17	8,24	8,31	7,78	8,22	8,29	7,78	-	8,18	8,31	7,39	8,01
Temperatura (°C)	3**	14,1	15,6	13,8	14,9	14,2	19	14,1	17,6	16,5	16	17,7	17,8	25,8	15,1	11,6	-	18	18,1	15,8	18,4
<b>b) Asociados al Oxígeno</b>																					
Oxígeno disuelto (mg/l)	5*	11,7	7,34	7,75	9,32	8,3	6,94	11,13	9,62	6,9	7,14	8,46	10,28	6,37	6,34	7,3	-	6,7	6,95	9,24	9,72
DBO5 (mgO2/l)		-	<1,0	1	1	-	<1,0	<1,0	1	-	<1,0	<1,0	<1,0	-	<1,0	1,6	-	-	<1,0	<1,0	<1,0
DQO (mgO2/l)		-	<2	11	4	-	<2	2	<2	-	<2	17	<2	-	<2	<2	-	-	<2	51	<2
<b>c) Nutrientes</b>																					
Fósforo Total (mg/l)		-	0,09	0,04	<0,006	-	0,23	0,02	<0,006	-	0,25	0,04	<0,006	-	0,37	0,89	-	-	0,18	<0,01	<0,006
Nitrógeno amoniacal (mg/l)		<0,005	<0,02	0,51	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,005	<0,02	0,21	-	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02
Nitritos (mg/l)		<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	-	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,42	<0,015	-	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Nitratos (mg/l)		0,53	5,84	1,265	1,045	0,11	0,93	1	0,64	-	1,045	1,05	0,8	2,27	3,32	7,92	-	1,59	0,765	1,27	0,75
<b>e) Sólidos y turbiedad</b>																					
Turbiedad (NTU)	30	223	5	6	6	566	<1	7	133	398	3	32	106	1	199	481	-	5	48	<1	1
Sólidos Sedimentables (ml/l/h)		-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	0,1	-	0,5	<0,1	0,1	-	1,5	0,5	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Sól. Suspendidos Totales (mg/l)		-	2	4	3,1	-	221	7,8	64	-	448,6	27,9	44	-	556	530	-	-	167,6	1,9	<1,0
Sól. Susp. Inorgánicos (mg/l)		-	1,3	2,2	3,1	-	208	6,4	59,6	-	427,2	24,2	40,4	-	515,2	488,5	-	-	144	1,1	<1,0
Sól. Susp. Orgánicos (mg/l)		-	<1,0	1,8	<1,0	-	13	1,4	4,4	-	21,4	3,7	3,6	-	40,8	41,5	-	-	23,6	<1,0	<1,0
<b>f) Limnológicos adicionales</b>																					
Sodio Porcentual (%)	35	288	39,6	44,71	43,48	294	6,52	17,78	12,67	314	8,78	12,55	13,87	283	11,1	10,88	-	237	7,44	10,76	12,34
Sulfato (mg/l)	250	96,43	128,28	275,22	149,91	121,72	133,18	152,49	128,81	-	135,7	181,07	134,25	124,31	123,3	174	-	62,8	64,1	64,18	90,86
Cloruro (mg/l)	200	10,51	38,86	91,74	40,37	8,18	10,95	25,7	15,37	-	13,31	31,02	19,27	12,65	14,62	30,75	-	17,45	13,07	20,08	24,44
Sólidos Disueltos (mg/l)		-	313	651	387	-	302	394	299	-	317	433	328	-	320	458	-	-	207	264	295
Dureza Total (mg CaCO3/l)		-	183,7	252,3	141,3	-	311,3	233,1	166,5	-	279,9	342,1	173,7	-	342,8	183,6	-	-	215,9	163,4	166
R.A.S.		<0,5	1,82	2,67	1,89	<0,5	0,25	0,67	0,38	<0,5	0,33	0,54	0,43	<0,5	0,47	0,34	-	<0,5	0,24	0,31	0,37
Color Verdadero (Pt/Co)	100	<5	<5	<5	<5	50	36	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	35	<5	-	<5	<5	<5	<5
Grasas y Aceites (mg/l)	5	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	<2,0	-	<2,0	<2,0	-	-	<2,0	<2,0	2,0
<b>g) Metales y metaloides</b>																					
Manganeso Total (mg/l)	0,2	0,585	0,028	0,064	0,035	0,43	0,293	0,005	0,188	0,524	0,382	0,081	0,151	0,001	0,547	0,791	-	<0,001	0,122	<0,001	0,004
Aluminio Total (mg/l)	5	12,42	0,291	0,126	0,379	12,04	8,975	0,138	4,971	13,98	11,48	1,169	3,854	0,175	16,16	13,34	-	0,178	3,989	0,106	0,313
Hierro Total (mg/l)	5	18,91	0,374	0,19	0,136	16,08	9,568	0,152	5,762	17,82	13,51	1,648	4,779	0,125	19,52	17,02	-	0,149	4,046	0,08	0,067
Cobre Total (mg/l)	0,2	0,2644	0,0153	<0,0005	0,0182	0,1554	0,056	<0,0005	0,0454	0,2454	0,0907	<0,0005	0,0355	0,0053	0,1044	0,0238	-	<0,0005	0,017	<0,0005	<0,0005
Molibdeno Total (mg/l)	0,01	<0,001	0,004	0,028	0,003	<0,001	0,002	0,007	<0,001	<0,001	0,005	0,006	<0,001	0,046	0,006	0,008	-	<0,001	<0,001	0,005	<0,001



Parámetros	Normados NCh1333	BL20				AC10				AC10B				AC20				JU10			
		24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic	24/Ene	30/Ene	16/Abr	3/Dic
Arsénico Total (µg/l)	100	33,4	7,1	8,8	7,5	15,3	10,5	5,2	8,15	15	10,5	6,1	8,45	2,8	22,4	15,9	-	5,1	7,5	4,7	3,56
Bario Total (mg/l)	4	-	0,023	0,028	0,029	-	0,065	0,022	0,049	-	0,082	0,028	0,047	-	0,118	0,131	-	-	0,026	0,011	0,016
Berilio Total (mg/l)	0,1	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005
Boro Total (mg/l)	0,75	-	0,098	0,071	0,095	-	0,019	<0,005	0,063	-	0,101	<0,005	0,059	-	<0,005	0,071	-	-	0,073	<0,005	0,125
Cadmio Total (mg/l)	0,01	-	<0,000	<0,000	<0,000	-	<0,000	<0,000	<0,000	-	<0,000	<0,000	<0,000	-	<0,000	<0,000	-	-	<0,000	<0,000	<0,000
Cianuro (µg/l)	200	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	<0,9	-	<0,9	<0,9	-	-	<0,9	<0,9	<0,9
Cobalto Total (mg/l)	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,007	0,006	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo Total (mg/l)	0,1	0,007	0,007	<0,001	0,002	0,006	0,003	<0,001	0,008	0,007	0,007	<0,001	0,002	<0,001	0,011	0,012	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Litio Total (mg/l)	2,5	<0,005	<0,005	0,012	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	0,01	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Mercurio Total (µg/l)	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Níquel Total (mg/l)	0,2	<0,001	0,004	0,002	<0,001	<0,001	0,012	0,014	0,005	<0,001	0,011	0,004	<0,001	<0,001	0,016	0,017	-	<0,001	0,005	0,002	<0,001
Plata Total (mg/l)	0,2	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	0,031	<0,005	<0,005	-	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005
Plomo Total (mg/l)	5	0,23	<0,001	<0,001	<0,001	0,18	<0,001	<0,001	<0,001	0,49	<0,001	0,006	<0,001	0,25	0,005	0,02	-	0,31	<0,001	0,009	<0,001
Selenio Total (µg/l)	20	6,64	<0,5	<0,5	<0,5	4,93	<0,5	<0,5	<0,5	11,9	<0,5	<0,5	<0,5	6,83	<0,5	<0,5	-	9,5	<0,5	<0,5	<0,5
Vanadio Total (mg/l)	0,1	0,029	<0,001	<0,001	0,002	0,026	<0,001	<0,001	0,009	0,027	<0,001	0,003	0,007	<0,001	<0,001	0,038	-	<0,001	<0,001	0,001	0,002
Zinc Total (mg/l)	2	0,0337	0,0167	0,0072	<0,000 2	0,0333	0,0405	0,0038	<0,000 2	0,0502	0,056	0,0302	<0,000 2	0,0103	0,0728	0,1009	-	<0,000 2	0,019	0,0282	<0,000 2



En la Figura 40. Se presenta un dendrograma que agrupa los cuatro muestreos por estación según su calidad de agua (agrupaciones en rojo  $P > 0,05$ ). 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. Este dendrograma fue construido mediante el método de agrupamiento UPGMA, en base a una matriz de similitud de distancia Euclidiana con los datos con transformación  $\text{Log}_{10}(x+1)$ . En esta Figura se observan cinco grupos de estaciones, que agrupan a estaciones con similar calidad de agua (destacadas en rojo). Además, hay 11 muestras que por sus diferentes calidades de agua, quedan aisladas y no reunidas en los grupos antes mencionados.

El grupo más grande de estaciones, incluye a: C (muestreos 2 y 3), 23 (muestreos 1, 2 y 3) 28-3 (muestreo 3), BL10A (muestreos 1 y 2), AC10 (muestreo 4), AC10B (muestreos 3 y 4), JU10 (todos los muestreos, 1 a 4). A este grupo pertenecen las estaciones con la calidad de agua más cercana a la condición “natural”, como se constata en la presencia de todas las muestras del río Juncal (JU10, muestreos 1 a 4). Es importante destacar que a este grupo pertenece la estación 23 del muestreo del 24 de enero del 2019, y que corresponde a la del impacto directo de la fuga de relave. Esto significa que al momento del muestreo, el pulso de relave ya había sido transportado río abajo.

A este grupo, se siguen las estaciones 28, BL20, AC10 y AC10B del 24 de enero del 2019, que presentan una elevada similitud en la química de las aguas. Estas estaciones se diferencian marcadamente de las estaciones C y 23 localizadas aguas arriba, en el mismo período. Dados los elevados niveles de turbidez y de concentraciones de metales de este grupo de estaciones, es posible deducir que sus características se deben a la influencia del relave de Codelco. Lo anterior está de acuerdo con las observaciones directas de terreno realizadas el 24 de enero del 2019 descritas anteriormente.

Otros dos grupos son BL20 (muestreos 2 y 4), y el grupo C, 23 y 28 (del muestreo 4). Dada las características de las aguas y temporalidad, se deduce que no pueden asociarse al relave de Codelco.



En la Figura 41 se muestran los resultados de la ordenación obtenida con MDS, que agrupa los cuatro muestreos por estación según los parámetros de calidad de agua, empleando la misma matriz utilizada en el dendrograma de la figura anterior. En esta Figura, la zona encerrada en rojo indica las estaciones cuya química del agua fue afectada por la fuga de relave (estaciones 28, BL20, AC10 y AC10B del 24 de enero del 2019).

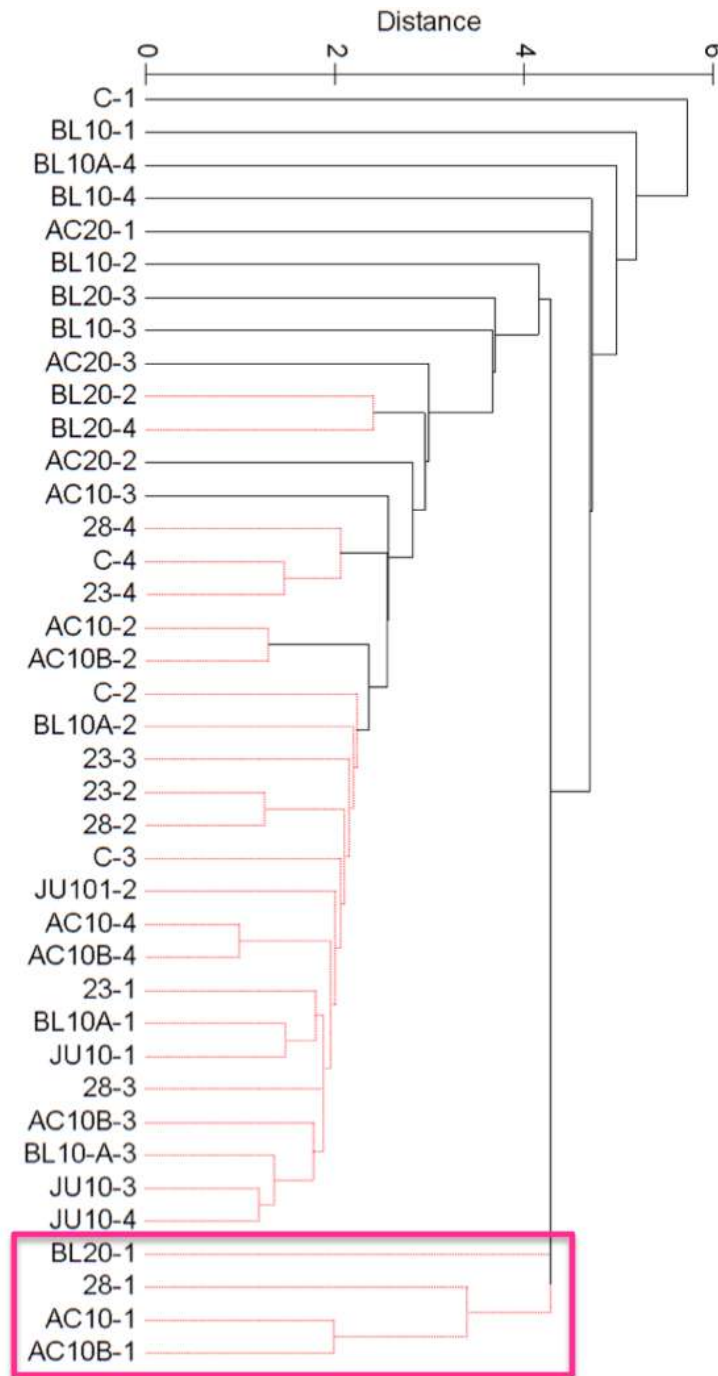
En la Figura 42, sobre MDS de la figura anterior (Figura 41), se han realizado “gráficos de burbujas” de las concentraciones de Hierro total, Aluminio total y Arsénico total, con el objeto de poder realizar una correlación visual que facilite la interpretación de los datos de calidad de agua. En esta figura se constata que las estaciones 28, BL20, AC10 y AC10B del 24 de enero del 2019, tienen altas concentraciones de estos elementos, aunque también se observaron altos en los muestreos 2 y 3 de la estación AC20. En el cuarto muestreo, la calidad de agua de esta estación no pudo ser evaluada debido a que el cauce del río Aconcagua estuvo seco debido a extracciones de agua para riego. Estos resultados son congruentes con la composición del relave total (sin sedimentar), presentados en la Tabla 11.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus parámetros de calidad de agua, se presenta en la Figura 43. En esta figura, la zona roja destaca las estaciones afectadas por el derrame de relave. En este análisis, el primer plano principal explica el 43,8% de la varianza total de los datos (PCA1= 28,6%, PCA2= 15,2%).

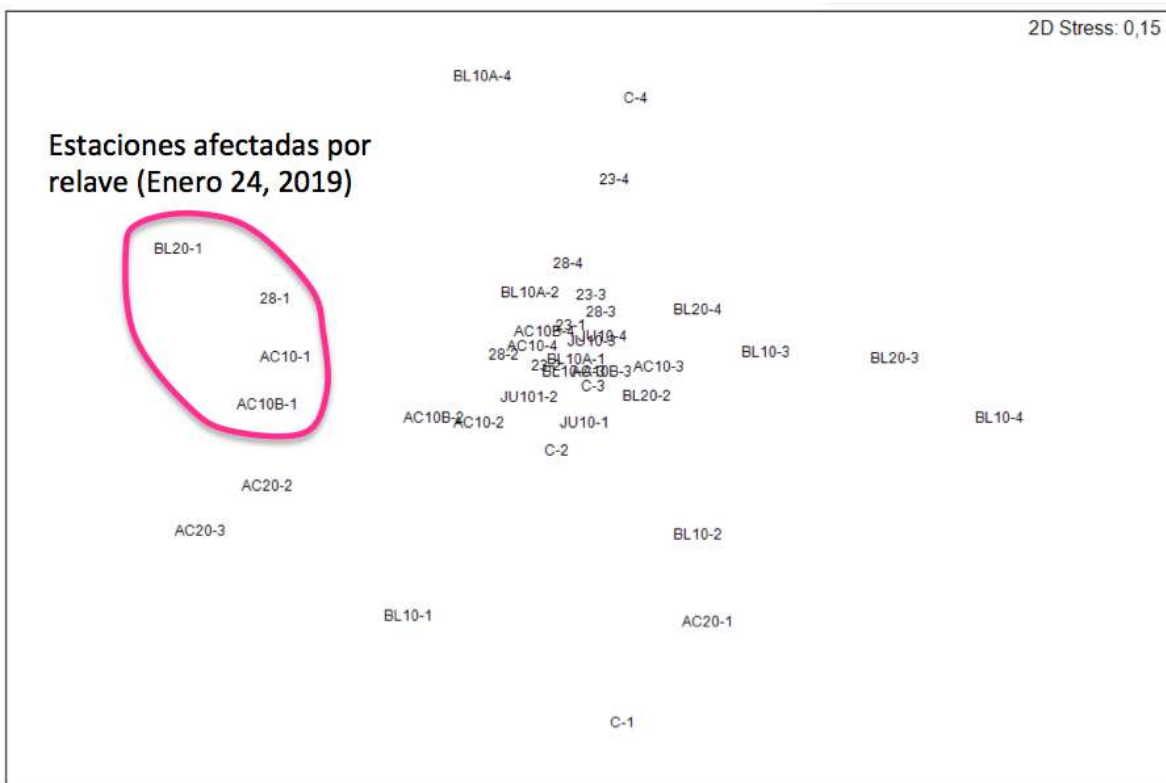
Los principales parámetros que participan por componente fueron: PC1 - Turbiedad y metales (Aluminio, Arsénico, Hierro y Manganeso); PC2 - Parámetros limnológicos (Conductividad, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Sulfato). En este análisis se segregan claramente las estaciones muestreadas el 24 de enero del 2019, y que son consideradas las afectadas por el derrame de relave (estaciones 28, BL20-1, AC10-1, AC10B-1). Ello se debe



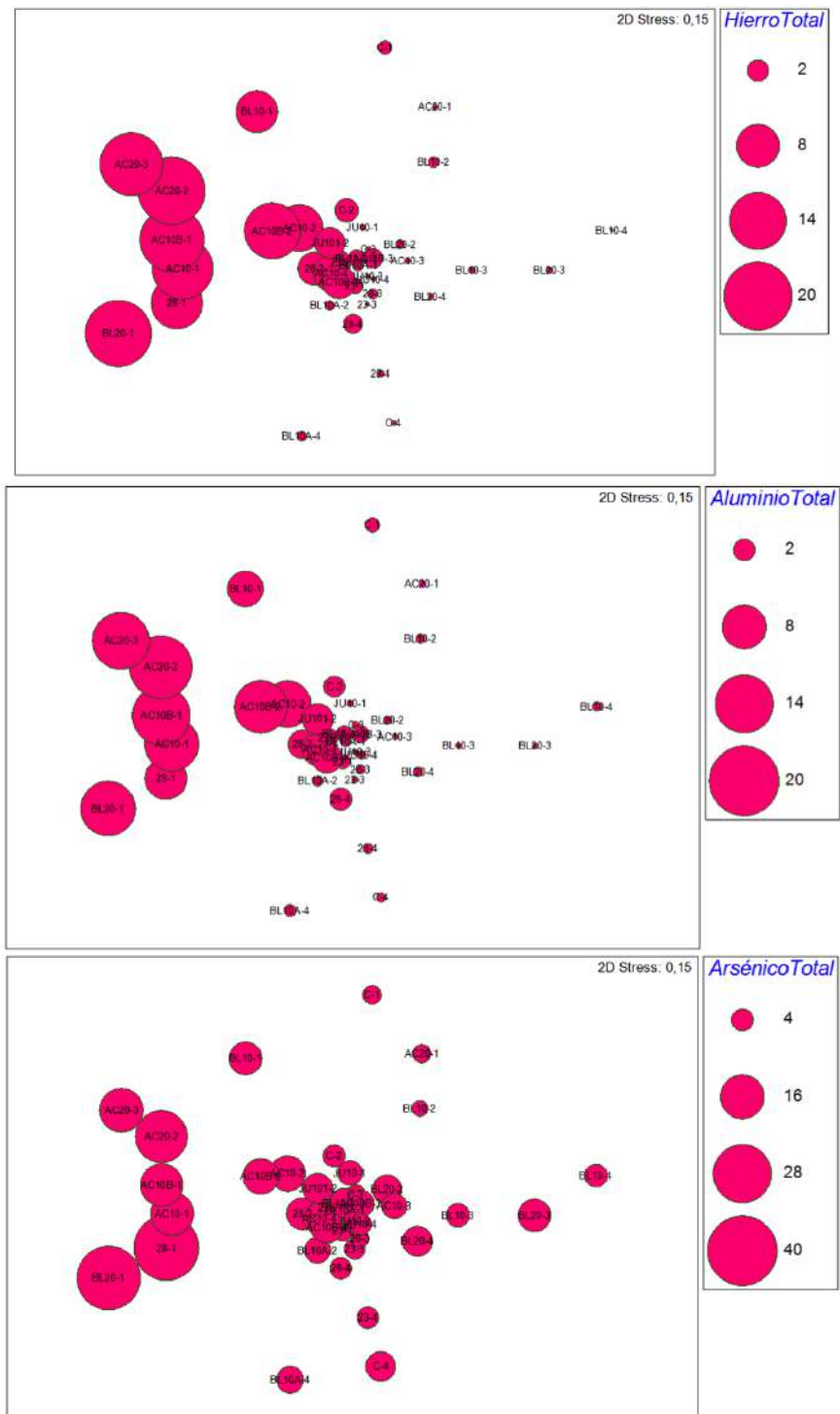
a las mayores concentraciones de los elementos del eje PC1 (Conductividad, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Sulfato). Sin embargo, también se asocian a este grupo la estación AC20 (muestreros 2 y 3), sugiriendo que ellas fueron afectadas posteriormente por la fuga de relave, aún cuando muestran diferencias significativas según los resultados del análisis de conglomerados de la Figura 40.



**Figura 40.** Dendrograma que agrupa los cuatro muestreos por estación según su calidad de agua (agrupaciones en rojo  $P > 0,05$ ). 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. El dendrograma fue construido mediante el método de agrupamiento UPGMA, en base a una matriz de similitud de Bray & Curtis con los datos con transformación  $\text{Log}_{10}(x+1)$ . El rectángulo rojo destaca las estaciones afectadas por el relave.

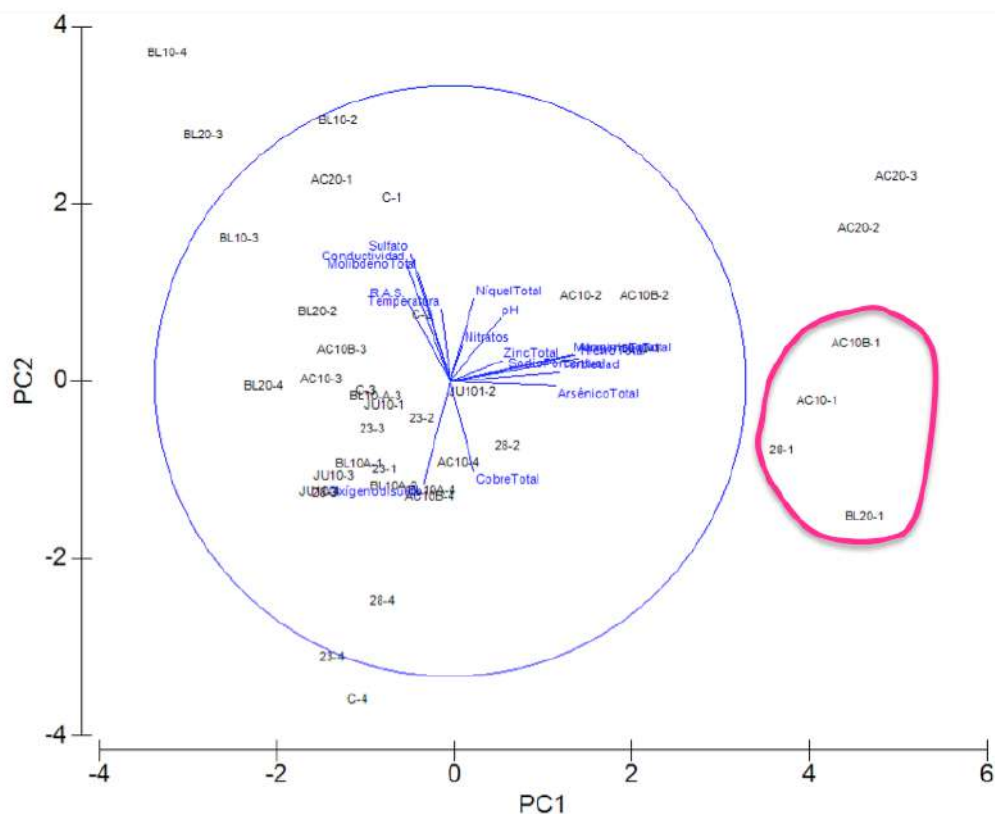


**Figura 41.** Ordenación obtenida con MDS, que agrupa los cuatro muestreos por estación según los parámetros de calidad de agua. 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. La zona encerrada en rojo indica las estaciones cuya química del agua fue afectada por la fuga de relave.



**Figura 42.** MDS de la figura anterior, en la cual se muestran “gráficos de burbujas” de las concentraciones de Hierro total, Aluminio total y Arsénico total.





**Figura 43.** Análisis de Componentes Principales (ACP) que agrupa los cuatro muestreos por estación según sus parámetros de calidad de agua. 1= 24 enero 2020, 2= 30 de enero 2020, 3= 16 de abril del 2020 y 4= 3 de diciembre 2020. La zona roja destaca las estaciones afectadas por el derrame de relave.

#### 4.5.2 Evaluación ecotoxicológica con *Daphnia magna*

En la Tabla 15 se presenta una síntesis de resultados de los bioensayos de toxicidad aguda ( $CL_{50-24h}$  y  $CL_{50-48h}$ ) y crónica ( $LOAEC$  y  $NOAEC$ ), realizados con las muestras de agua del ecosistema fluvial empleando el microcrustáceo zooplanctónico *Daphnia magna* en condiciones experimentales de laboratorio. En color celeste se destacan los valores en que se registró toxicidad atípica. La estación del río Juncal (JU10) es de referencia para los bioensayos, correspondiendo a la única estación que no tiene influencia directa o indirecta de las actividades de Codelco Andina.



Como se muestra en la tabla, no existió toxicidad aguda a las 24 y 48 h en ninguna de las 10 estaciones del ecosistema fluvial, incluyendo la estación de referencia C (con influencia de las actividades mineras de Codelco) y la estación JU10 del río Juncal (sin la influencia de Codelco). Ello significa que la fuga de relave no tuvo efecto tóxico agudo. En el muestreo de abril del 2019 se registró puntualmente efecto tóxico en la estación 23, pero no río abajo. Ello no es explicado por efecto del relave, sino por el efecto de la estación C situada aguas arriba de la zona de fuga de relave. Con los antecedentes disponibles no es posible determinar con precisión los factores causales de esta condición en las estaciones C y 23. Sin embargo, es altamente probable que ello esté asociado al hecho que el muestreo se realizó con uno de los caudales más bajos de la historia. En el muestreo de diciembre, no se detectó toxicidad aguda en ninguna de las estaciones.

En relación a la toxicidad crónica, la mayor parte de las estaciones y muestreos presentaron condiciones similares al río Juncal (JU10), que no tiene influencia de las actividades mineras de Codelco, y que puede considerarse como referencia en el caso de estudios ecotoxicológicos (LOAEC varió entre <25 y 25%). Una excepción a lo anterior, fue puntualmente en la estación BL10 del muestreo del 30 de enero del 2019, en el cual fue del 50%. Otras excepciones fueron tres estaciones del muestreo del 14 de abril del 2019, correspondientes a las estaciones C, 23 y 28. Al igual que en el caso de la toxicidad aguda indicada anteriormente, esta toxicidad es explicada por el efecto de las aguas de la estación C y no del efecto del relave, en condiciones de caudal en extremo bajas. La disminución de la toxicidad de las estaciones C y 23 (ambas con LOAEC de 3,1%), al llegar a la estación 28 (LOAEC 50%), es explicada por efecto de dilución causado por el ingreso del estero Los Leones al río Blanco.



**Tabla 15.** Síntesis de resultados de los bioensayos de toxicidad aguda (CL<sub>50</sub>-24h y CL<sub>50</sub>-48h) y crónica (LOAEC y NOAEC), realizados con las muestras de agua del ecosistema fluvial empleando el microcrustáceo zooplanctónico *Daphnia magna* en condiciones experimentales de laboratorio (NOAEC= dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control. LOAEC= dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control). En color celeste se destacan los valores en que se registró toxicidad atípica. La estación del río Juncal (JU10) es de referencia para los bioensayos, correspondiendo a la única estación que no tiene influencia directa o indirecta de las actividades de Codelco Andina.

Toxicidad	Fecha	C	23	28	BL10	BL10A	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
CL <sub>50</sub> -24 (%)	30-ene-19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	16-04-19	36,2	38,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	03-12-19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
CL <sub>50</sub> -48 (%)	30-ene-19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	16-04-19	20,9	16,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	03-12-19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
LOAEC (%)	30-ene-19	25	25	25	50	25	25	25	25	25	25
	16-04-19	3,1	3,1	50	25	25	25	25	25	ND	25
	03-12-19	25	25	25	25	25	25	25	25	-	25
NOAEC (%)	30-ene-19	<25	<25	<25	25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
	16-04-19	<3,1	<3,1	25	<25	<25	<25	<25	<25	ND	<25
	03-12-19	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	-	<25



## 4.6 Evaluación de los sedimentos

### 4.6.1 Caracterización granulométrica de los sedimentos

En la Tabla 16 se presenta una síntesis de resultados de la caracterización granulométrica de la fracción fina de las estaciones de muestreo, indicando Phi-medio, selección, asimetría, curtosis y la clasificación textural de los sedimentos según la clasificación de Wentworth (1922). Como se indicó en la evaluación del hábitat fluvial, los bolones corresponden al fondo dominante en el río Aconcagua debido a los caudales y pendientes del cauce, sin embargo, aquí se presenta la evaluación de la fracción fina que es la de interés por su contenido de metales y por los efectos del ingreso del relave al río Blanco. Como se observa en la tabla, las características granulométricas de la fracción fina son muy variables tanto espacialmente como temporalmente. En el caso de las granulometrías, lo único atípico que se pudo observar y que se puede asociar con la fuga de relave, como se constató además visualmente en terreno, fue la acumulación de amplios depósitos de “limo muy grueso” el 24 de enero del 2019, con Phi medio de 4,91. Estos sedimentos contrastan marcadamente con de la estación de referencia C, los que además de ser más escasos, corresponden a “arena muy fina” con un valor de Phi medio de 3,68. La inspección de terreno del 24 de enero del 2019 permite establecer que estos sedimentos proceden del relave. Es la única condición atípica que se pudo evidenciar cuantitativamente en toda el área de estudio y períodos de muestreo.



**Tabla 16.** Síntesis de resultados de la caracterización granulométrica de las estaciones de muestreo, indicando Phi-medio, selección, asimetría, curtosis y la clasificación textural de los sedimentos según la clasificación de Wentworth (1922).

Est.	Fecha	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Textura
C	23-ene-19	3,68	1,86	1,23	4,64	Arena muy fina
	30-ene-19	2,52	2,12	1,57	4,71	Arena fina
	16-abr-19	5,46	1,64	0,51	3,19	Limo grueso
	03-dic-19	4,46	1,81	0,76	2,89	Limo muy grueso
23	23-ene-19	4,91	1,96	1,07	3,19	Limo muy grueso
	30-ene-19	2,67	1,73	1,96	7,13	Arena fina
	146-abr-19	2,06	2,18	1,52	5,11	Arena media
	03-dic-19	5,15	1,73	0,26	2,55	Limo grueso
28	23-ene-19	2,99	10,76	2,34	11,1	Arena fina
	30-ene-19	3,91	1,34	1,92	8,38	Arena muy fina
	16-abr-19	2,12	1,35	2,01	8,85	Arena media
	03-dic-19	4,04	1,44	1,59	6,72	Arena muy fina
BL10	23-ene-19	2,08	1,96	1,42	4,47	Arena fina
	30-ene-19	1,05	1,28	2,47	12,73	Arena gruesa
	16-abr-19	2,06	1,25	2,08	10,18	Arena media
	03-dic-19	1,56	1,28	1,27	9,22	Arena media
BL10A	23-ene-19	1,83	2,04	2,05	6,51	Arena media
	30-ene-19	2,57	1,99	1,19	4,32	Arena fina
	16-abr-19	2,57	1,38	1,56	7,39	Arena fina
	03-dic-19	2,38	1,39	2,01	8,08	Arena fina
BL20	23-ene-19	2,12	1,34	2,52	6,72	Arena media
	30-ene-19	3,44	1,98	0,93	3,23	Arena muy fina
	16-abr-19	2,97	1,39	1,59	6,61	Arena fina
	03-dic-19	3,15	1,32	1,84	7,24	Arena fina
AC10	23-ene-19	3,17	1,62	1,62	4,45	Arena muy fina
	30-ene-19	3,5	1,68	1,65	5,82	Arena muy fina
	16-abr-19	3,15	1,78	1,45	5,43	Arena muy fina
	03-dic-19	4,63	1,84	0,75	3,32	Limo muy grueso
AC10B	23-ene-19	2,76	1,52	1,25	8,02	Arena fina
	30-ene-19	1,96	1,22	2,68	12,91	Arena media
	16-abr-19	3,87	1,78	1,16	4,21	Arena muy fina
	03-dic-19	5,02	1,69	1,05	3,99	Limo muy grueso
AC20	23-ene-19	2,71	1,63	2,04	11,15	Arena fina
	30-ene-19	1,36	1,44	2,62	11,57	Arena media
	16-abr-19	1,51	1,54	2,49	10,38	Arena media
	03-dic-19	1,31	1,16	2,18	11,58	Arena media
JU10	23-ene-19	1,77	1,11	2,37	12,98	Arena media
	30-ene-19	1,67	1,21	1,52	8,89	Arena media
	16-abr-19	2,55	1,12	1,44	8,41	Arena fina
	03-dic-19	2,94	1,27	1,44	7,73	Arena fina



#### 4.6.2 Caracterización química de los sedimentos

En la Tabla 17 se presentan los resultados de la caracterización de los fondos blandos presentes entre los bolones de las diferentes estaciones de muestreo. Los bolones corresponden al fondo dominante en el río Aconcagua debido a los caudales y pendientes del cauce, sin embargo, aquí se presenta la evaluación de la fracción fina que es la de interés por su contenido de metales y por los efectos del ingreso del relave al río Blanco. La mayor parte de los valores están dentro de los rangos previamente reportados para el área (EULA 2014-2015), y son próximos a los valores de la estación de referencia C localizada inmediatamente aguas arriba de la zona de la fuga. Las excepciones son el molibdeno y el cobre de los sedimentos de las estaciones 23 y 28, de los muestreos del 24 y 30 de enero del 2019 (no afectando río abajo), situación que desaparece del muestreo de abril y diciembre del mismo año. Las concentraciones de molibdeno fueron respectivamente 49,61 y 11,8 mg/Kg en las estaciones 23 y 28 del muestreo del 24 de enero del 2019. En el muestreo del 30 de enero fueron más elevadas: 77,58 y 6,588 mg/Kg, respectivamente.

El cobre presentó concentraciones no tan elevadas como el caso del molibdeno, con niveles levemente superiores a los de la estación C. La concentración de cobre fue de 1015 mg/kg el 14 de enero 2019, la cual decae fuertemente en las estaciones de río abajo. Desde un punto de vista temporal, este valor en la estación 23 disminuyó a 697 mg/kg en el muestreo del 30 de enero 2019.

Las concentraciones de metales de la estación de referencia C son muy variables en los cuatro muestreos, por lo cual para poder interpretar estos resultados, se requiere analizar el “Factor de Concentración”, lo cual se presenta más adelante.



**Tabla 17.** Caracterización de los sedimentos superficiales de las 10 estaciones de muestreo para cada uno de los períodos estudiados. La estación (destacada en gris) corresponde a la estación de referencia situada aguas arriba de la fuga de relave. Los datos destacados en celeste son aquellos que aparecen particularmente elevados al ser comparados con la estación de referencia.

Parámetro	Fecha	C	23	28	BL10	BL10A	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
Materia	24-ene-19	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Orgánica	30-ene-19	1,1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Total (%)	16-abr-19	2,9	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
	03-12-19	1,8	1,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	2	1,1	1,2
pH	24-ene-19	7,6	7,5	7,6	7,8	7,9	8,0	7,9	8,0	7,9	8,0
	30-ene-19	7,9	8,0	7,9	8,0	8,2	8,1	8,2	8,2	8,0	7,9
	16-abr-19	7,7	7,9	7,8	7,9	8,1	7,5	8,2	7,9	8,1	8,1
	03-12-19	7,5	7,4	7,3	7,9	7,8	7,6	7,7	7,7	7,9	7,9
Eh (mv)	24-ene-19	103	121	119	120	119	-12	132	123	101	130
	30-ene-19	89	90	154	132	123	132	86	111	134	119
	16-abr-19	99	96	245	119	141	25	112	143	156	112
	03-12-19	130	125	110	105	143	-81	151	172	123	143
Hierro (mg/kg)	24-ene-19	49301	26668	43059	46288	42681	51362	46304	40414	50695	48380
	30-ene-19	41802	24258	44612	35160	37316	39247	41015	36097	37901	34784
	16-abr-19	65913,8	47561,1	40794,4	39300,5	42112,8	49537	37652,3	45997,8	38090,3	50898,6
	03-12-19	51659,3	65308,9	54161,5	44127,2	45447,5	46891,5	47374,3	50055,4	37799,7	48900,9
Aluminio (mg/kg)	24-ene-19	16916	6391	14041	15278	15475	16180	17860	19317	18264	19655
	30-ene-19	16704	6356	11973	12234	13719	13972	16973	15955	14088	17834
	16-abr-19	28784,6	18449,1	15543,9	13636,2	14763,6	17690,1	15953,1	18794,5	18093	18783
	03-12-19	13997,8	24384,9	19647,1	18326,8	18520,7	16670,1	25431	25224	15511,1	25782,1
Cobre (mg/kg)	24-ene-19	884,82	1015	487,41	277,27	235,46	259,42	114,54	113,93	115,44	32,095
	30-ene-19	623,5	697,1	270,1	188,8	181,3	241,3	95,3	50,53	50,7	<0,013
	16-abr-19	1400,8	1313	<5,04	204,2	< 5,04	239,9	<5,04	<5,04	<5,04	<5,04
	03-12-19	2310,2	1922,4	332,6	504,8	422,1	681,7	217,6	278,6	86,56	38,55
Manganeso (mg/kg)	24-ene-19	1342	841,3	920,4	1189	1113	1234	977,4	999,6	963,9	1009
	30-ene-19	1225	871,32	867,89	1086	1059	1046	947,1	1003	936,1	935
	16-abr-19	1832,9	1558	1069,5	1167,7	1026,7	949,1	993,2	1060,9	965,1	1113,2
	03-12-19	1897,4	1910,4	1049,4	1092,9	1099,2	788,6	1118,1	1143,5	1095,3	1190,8
Zinc (mg/kg)	24-ene-19	139	95,13	43,82	49,17	78	93,48	96,96	86,74	108	85,68
	30-ene-19	149,5	134,7	52,77	75,41	67,44	63,53	65,2	70,89	78,38	76,83
	16-abr-19	297,4	201,8	74,34	99,68	78,02	75,47	76,02	84,01	85,75	81,89
	03-12-19	284,3	239,6	67,9	103,9	92,6	91,1	102,6	104,8	107,1	97,4
Plomo (mg/kg)	24-ene-19	27,33	16,6	7,513	5,853	5,939	6,669	11,11	11,86	12,73	13,11
	30-ene-19	11,72	12,92	5,932	6,094	5,34	6,943	8,745	7,395	9,606	11,4
	16-abr-19	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
	03-12-19	26,23	18,64	7,96	8,24	8,87	9,51	12,24	13,45	12,1	11,57
Molibdeno	24-ene-19	6,144	49,61	11,8	3,995	5,194	6,023	4,544	5,778	4,887	3,439



Parámetro	Fecha	C	23	28	BL10	BL10A	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
(mg/kg)	30-ene-19	1,565	77,58	6,588	0,233	2,34	2,776	0,452	<0,025	<0,025	<0,025
	16-abr-19	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
	03-12-19	16,26	13,61	12,43	8,15	6	13,39	6,35	8,54	3,68	4,77
Arsénico (mg/kg)	24-ene-19	33,29	24,87	24,46	23,3	16,67	20,43	24,99	23,42	27,22	23,13
	30-ene-19	33,21	26,12	36,05	19,96	25,09	24,37	24,49	22,91	22,28	18,19
	16-abr-19	45,27	24,6	23,22	21,07	21,58	30,74	18,54	21,79	14,62	13,78
	03-12-19	36,69	34,02	40,46	24,18	24,56	28,03	19,91	30,53	15,18	14,56
Cromo (mg/kg)	24-ene-19	25,81	13,26	24,88	17,33	14,58	20,73	18,71	14,26	19,48	17,72
	30-ene-19	18,61	11,3	26,48	12,8	15,28	17,55	17,51	12,36	11,93	14,14
	16-abr-19	31,28	20,08	21,13	21,8	21,01	24,4	17,84	23,18	12,63	24,68
	03-12-19	22,00	24,97	26,19	22,64	24,87	25	20,91	23,69	11,11	21,17
Cadmio (mg/kg)	24-ene-19	4,038	1,643	3,125	3,211	2,805	3,54	3,242	2,896	3,745	3,45
	30-ene-19	5,111	1,914	4,788	3,473	3,831	3,936	4,26	3,645	4,211	3,582
	16-abr-19	4,52	2,72	2	2,03	1,93	2,29	1,96	2,42	1,97	2,5
	03-12-19	3,58	2,55	1,8	1,62	1,6	1,59	1,63	1,97	1,34	1,59
Mercurio (µg/kg)	24-ene-19	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7
	30-ene-19	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7
	16-abr-19	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7
	03-12-19	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7

#### 4.6.3 Análisis del Factor de Enriquecimiento

Con el objeto de evaluar la calidad de los sedimentos fluviales, en relación a la estación de referencia localizada inmediatamente aguas arriba del sitio de la fuga, las estaciones fueron comparadas de acuerdo a rangos de clases de calidad según el Factor de Enriquecimiento (FE) considerando la información de la estación C (estación de referencia aguas arriba). Los valores fueron estandarizados en función de los niveles de Hierro total, y se consideraron como niveles de referencia (*background*), los niveles de Hierro total y otros metales y metaloides medidos en la estación C. Como se indica en la Tabla 18, a cada rango se le asignó un color, para facilitar la interpretación visual de los resultados. Se construyó una “matriz de calor” (Tabla 19), clasificando cada valor de Factor de Enriquecimiento FE en siete rangos según su grado de enriquecimiento.





Como se observa en la Figura 17, a las 24h de ocurrida la fuga de relave (24 enero 2019), de las 8 estaciones localizadas en su área de influencia directa e indirecta, sólo se registró un enriquecimiento significativo en relación al nivel “background” (estación C) en la estación 23 correspondiente a la de impacto directo, y solo para el caso del molibdeno.

En esta estación, en FE fue de 14,9 que califica como “enriquecimiento severo”, por lo cual se le considera desde el punto de vista de los sedimentos, como “fuertemente contaminada”. Aguas abajo de esta estación, todas las restantes estaciones, incluyendo la del río Juncal (JU10), calificaron en las categorías de “sin enriquecimiento” o de “enriquecimiento menor”.

A una semana de ocurrido la fuga (30 enero 2019), se observó un incremento del FC del molibdeno en la estación 23 y de la estación localizada inmediatamente río abajo correspondiente a la estación 28. En esa oportunidad, el FE de la estación 23 fue de 85,4, correspondiente a “enriquecimiento extremadamente severo” calificando como “muy fuertemente contaminada”. La estación 28 presentó un FI del mismo metal de 3,9 que corresponde a “enriquecimiento moderado”, calificando como “moderadamente contaminada”. Aguas abajo de la estación 28, las demás estaciones, calificaron en las categorías de “sin enriquecimiento” o de “enriquecimiento menor”.

En los dos siguientes muestreos realizados en abril y diciembre del 2019, se evidenció una recuperación de las estaciones 23 y 28, calificando al igual que las restantes estaciones en las categorías de “sin enriquecimiento” o de “enriquecimiento menor” para todos los parámetros.

En síntesis, de acuerdo a los datos de sedimentos, sólo hubo contaminación significativa por molibdeno, la cual estuvo espacialmente circunscrita a las estaciones 23 y 28, y que desde el punto de vista temporal, mostró recuperación en el muestreo de abril del 2019 en adelante.



**Tabla 18.** Rangos de clases de calidad según el Factor de Enriquecimiento (FE) según Hanif *et al.* (2016), Nourouzi *et al.* (2014), Sakan *et al.* (2009), Chen *et al.* (2007). En el presente estudio, los valores fueron estandarizados en función de los niveles de Hierro total siguiendo a Universidad de Chile (2016). Se consideraron como niveles de referencia (*background*), los niveles de Hierro total y otros metales y metaloides medidos, en la estación C del río Blanco (sin influencia de la fuga de relave). A cada rango se le asignó un color, para facilitar la interpretación visual de los resultados a través de la construcción de una “matriz de calor”.

Rango	Grado de enriquecimiento	Interpretación ambiental
FE < 1	Sin enriquecimiento	No contaminado
1 < FE < 3	Enriquecimiento menor	No contaminado a moderadamente
3 < FE < 5	Enriquecimiento moderado	Moderadamente contaminado
5 < FE < 10	Enriquecimiento moderadamente severo	Moderadamente a fuertemente contaminado
10 < FE < 25	Enriquecimiento severo	Fuertemente contaminado
25 < FE < 50	Enriquecimiento muy severo	Fuertemente a muy fuertemente contaminado
FE > 50	Enriquecimiento extremadamente severo	Muy fuertemente contaminado



**Tabla 19.** Factores de Enriquecimiento (FE) de metales y metaloides totales evaluados en la fracción fina de los sedimentos superficiales (0-50 mm) desde el sitio de la fuga de relave (estación 23) hacia abajo, incluyendo el río Juncal (JU10). Estos valores fueron estandarizados en función de los niveles de Hierro total siguiendo a Universidad de Chile (2016). Se consideraron como niveles de referencia (*background*), los niveles de Hierro total y otros metales y metaloides medidos en la estación de referencia C localizada inmediatamente aguas arriba del sitio de la fuga. Se construyó una “matriz de calor” clasificando cada valor de FE en siete rangos según su grado de enriquecimiento y su correspondiente nivel de contaminación.

Parámetro	Fecha	C	23	28	BL10	BL10A	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
Aluminio	24-ene-19	1	0,7	1,0	1,0	1,1	0,9	1,1	1,4	1,0	1,2
	30-ene-19	1	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	0,9	1,3
	16-abr-19	1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	1,1	0,8
	03-12-19	1	1,4	1,3	1,5	1,5	1,3	2,0	1,9	1,5	1,9
Cobre	24-ene-19	1	2,1	0,6	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0
	30-ene-19	1	1,9	0,4	0,4	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	ND
	16-abr-19	1	1,3	ND	0,2	ND	0,2	ND	ND	ND	ND
	03-12-19	1	0,7	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0
Manganeso (mg/kg)	24-ene-19	1	1,2	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
	30-ene-19	1	1,2	0,7	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9
	16-abr-19	1	1,2	0,9	1,1	0,9	0,7	0,9	0,8	0,9	0,8
	03-12-19	1	0,8	0,5	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,8	0,7
Zinc	24-ene-19	1	1,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6
	30-ene-19	1	1,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6
	16-abr-19	1	0,9	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4
	03-12-19	1	0,7	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
Plomo	24-ene-19	1	1,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5
	30-ene-19	1	1,9	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,9	1,2
	16-abr-19	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	03-12-19	1	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5
Molibdeno	24-ene-19	1	14,9	2,2	0,7	1,0	0,9	0,8	1,1	0,8	0,6
	30-ene-19	1	85,4	3,9	0,2	1,7	1,9	0,3	ND	ND	ND
	16-abr-19	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	03-12-19	1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,9	0,4	0,5	0,3	0,3
Arsénico	24-ene-19	1	1,4	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8	ND	0,8	0,7
	30-ene-19	1	1,4	1,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
	16-abr-19	1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	0,6	0,4
	03-12-19	1	0,7	1,1	0,8	0,8	0,8	0,6	0,9	0,6	0,4
Cromo	24-ene-19	1	0,9	1,1	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
	30-ene-19	1	1,0	1,3	0,8	0,9	1,0	1,0	0,8	0,7	0,9
	16-abr-19	1	0,9	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	0,7	1,0
	03-12-19	1	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,0	1,1	0,7	1,0
Cadmio	24-ene-19	1	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
	30-ene-19	1	0,6	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8
	16-abr-19	1	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7
	03-12-19	1	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Mercurio	24-ene-19	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	30-ene-19	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	16-abr-19	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	03-12-19	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



Como discute Universidad de Chile (2016), el FE ha sido extensamente empleado en estudios de ecotoxicología y química ambiental como de referencia, siendo un enfoque adecuado para determinar el estado de contaminación ambiental por metales. Considera los elementos más abundantes de la corteza terrestre tales como Aluminio, Silicio y Fierro. Este último es considerado en el factor, debido a que su concentración natural en sedimentos tiende a ser uniforme y es un elemento de normalización de los datos, que disminuye las variaciones producidas por la heterogeneidad de los sedimentos. Químicamente el Fierro, en forma de hidróxidos, forma precipitados con los metales y disminuyen su disponibilidad. Universidad de Chile (2016) señala que varios autores han usado exitosamente hierro para normalizar metales contaminantes (*e.g.* Baptista-Neto *et al.* 2000; Mucha *et al.* 2003; Conrad & Chisholm-Brause 2004; Cevik *et al.* 2009; Christophoridis *et al.* 2009; Meza-Figueroa *et al.* 2009; Bhuiyan *et al.* 2011; Esen *et al.* 2010). Estos autores señalan que en referencias internacionales (Hanif *et al.* 2016; Nourouzi *et al.* 2014; Chen *et al.* 2007) han interpretado un  $FE < 3$  como “no contaminado a moderadamente contaminado”, mientras que según Varol (2011) y Varol & Şen (2012), lo ha interpretado como “enriquecimiento menor”. Un FE mayor a 3 se interpreta como “moderadamente contaminado”.



## 5. CONCLUSIONES

- a) El relave de Codelco que ingresó al río Blanco en enero del 2019, correspondió a un material semisólido de alta densidad dado su elevado contenido de metales y metaloides en estado elemental. Es por ello que al ingresar al río Blanco la mayor parte de este material se depositó en el fondo. La fracción más fina del material fue transportada río abajo por los flujos turbulentos dominantes en el área.
- b) El relave se caracterizó como material inerte, que no mostró toxicidad aguda ni crónica para los organismos acuáticos, tal como lo demostraron los bioensayos de toxicidad aguda y crónica realizados con el microcrustáceo de alta sensibilidad, *Daphnia magna*.
- c) No se reportaron cambios significativos en la biota acuática perifiton (clorofila), macrófitos y macroinvertebrados bentónicos atribuibles a la fuga de relave. Las fluctuaciones poblacionales observadas están dentro de la variabilidad natural del sistema. La única excepción, fue una leve disminución de las abundancias de macroinvertebrados de las estaciones 23 y 28 en enero del 2019, derivado de un cambio físico en el hábitat bentónico de bolones, producto de la depositación de material de relave. Situación que no fue observada en las estaciones localizadas río abajo y que desapareció en los siguientes muestreos (abril y diciembre del 2019).
- d) En cuanto a la calidad de agua y de los sedimentos, sólo se observó el incremento de las concentraciones de algunos parámetros de calidad de agua en algunas estaciones, especialmente asociados al incremento de turbidez de las aguas, en el muestreo del 24 de enero del 2019. Esta situación no fue observada en los muestreos posteriores. De acuerdo a los datos de sedimentos, sólo hubo contaminación significativa por molibdeno, la cual estuvo espacialmente circunscrita a las estaciones 23 y 28, y que desde el punto de vista temporal, mostró



recuperación en el muestreo de abril del 2019 en adelante. Sin embargo, las características químicas de la columna de agua y de los sedimentos, no tuvieron un impacto significativo sobre la biota acuática del río.

- e) Los resultados del presente estudio muestran que la fuga de relave de Codelco, no tuvo un efecto significativo en la estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial de la cuenca del río Aconcagua. El efecto se manifestó puntualmente en la primera semana luego del derrame, especialmente en la estación 23 de impacto directo (y parcialmente en la 28), en la cual se acumuló sedimento del relave que alteró el hábitat bentónico. Sin embargo, no tuvo un efecto tóxico por tratarse de un material inerte, como lo demostraron los bioensayos de toxicidad y los bioindicadores de calidad de agua. Este sedimento fue removido por Codelco, observándose una clara recuperación en los muestreos posteriores.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- Baptista-Neto, J., B. Smith, J. McAllister. 2000. Metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. *Environmental Pollution* 109: 1–9.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition*. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Bhuiyan, M., N. Suruvi, S. Dampare, M. Islam, S. Quraishi, S. Ganyaglo, S. Suzuki. 2011. Investigation of the possible sources of heavy metal contamination in lagoon and canal water in the tannery industrial area in Dhaka, Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment* 175(1-4): 633-649.
- Cairns, J. & K.L. Dickson. 1971. A simple method for the biological assessment of the effects of the water discharges on aquatic bottomdwelling organisms. *J. Wat. Poll. Control Fed.* 43 (5):755-772.
- Carter J., Resh, V., Hannaford, M. & M. Myers. 2007. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. En: *Methods in Stream Ecology*, R Hauer & G Lamberti (Eds). 35: 805-834.
- CENMA. 2006. *Manual de evaluación de calidad del agua*. Centro Nacional del Medio Ambiente, Santiago. 104 pp.
- Cevik, F., M. Göksu, O. Derici, O. Findik. 2009. An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment* 152(1–4): 309– 317.
- Chen, C., C. Kao, C. Chen, C. Dong. 2007. Distribution and accumulation of metals in sediments of Kaoshiung Harbor, Taiwan. *Chemosphere* 66: 1431–1440.
- Christophoridis, C., D. Dedepsidis, K. Fytianos. 2009. Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. *Assessment using pollution indicators. Journal of Hazardous Materials* 15: 1082– 1091.



- Clapcott, J.E., Young, R.G., Harding, J.S., Matthaei, C.D., Quinn, J.M. & Death, R.G. 2011. Sediment Assessment Methods: Protocols and guidelines for assessing the effects of deposited fine sediment on in-stream values. Cawthron Institute, Nelson, New Zealand.
- Conrad, C. & C. Chisholm Brause. 2004. Spatial survey of trace metal contaminants in the sediments of the Elizabeth River, Virginia. *Marine Pollution* 49: 319–324.
- Cook, C., Gut, B., Rux, E. Schnettler, J. & Seitz, M. 1974. Water plants of the world – A manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes. Dr. W. Junk b.v. Publihers. La Haya. 561 pp.
- Environment Canada. 2007. Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation. Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 39 pp.
- Esen, E., F. Kucuksezgin, E. Uluturhan. 2010. Assessment of trace metal pollution in surface sediments of Nemrut Bay, Aegean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment* 160: 257–266.
- EULA. 1998. Diagnóstico de la Calidad del Río Damas X Región, Lineamientos para un Plan de Prevención y/o Descontaminación. Financiamiento: Conama X Región (1997-1998); Proyecto realizado por el Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción.
- EULA. 2015. Antecedentes Generales a Considerar para la Formulación de la Norma Secundaria de Calidad de Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Aconcagua. Informe técnico elaborado por el centro EULA de la Universidad de Concepción.
- Faxon, W. 1914. Notes on the crayfishes in the United States National Museum and the Museum of Comparative Zoology, with descriptions of new species and subspecies, to which is appended a catalogue of the known species and subspecies. *Mem. Mus. Comp. Zool., Harv.*, 40: 347-427.





- Fierro, P., C. Valdovinos, L. Valrgas-Chacoff, C. Bertrán & I. Arismendi. 2017. Macroinvertebrates and fishes as bioindicators of stream water pollution. En: Water Quality. Ed. Hlangnani Tutu. Intexch, Croatia. Capítulo 2: 23-38.
- Figuroa, R., C. Valdovinos, E. Araya & O. Parra. 2003. Benthic macroinvertebrates as water quality bioindicators of southern Chile streams. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76: 191-201.
- Hanif, N., S. Eqani, S. Ali, A. Cincinelli, N. Ali, I. Katsoyiannis, H. Bokhari. 2016. Geoaccumulation and enrichment of trace metals in sediments and their associated risks in the Chenab River, Pakistan. *Journal of Geochemical Exploration* 165: 62 – 70.
- Hauer, F. & G. Lamberty (1996) *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, United States of America. 674 pp.
- Hilsenhoff, W. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68.
- Martcorena, C. & M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 44(1): 135-157.
- Meza-Figueroa, D., R. Maier, M. de la O-Villanueva, A. Gómez-Alvarez, A. Moreno-Zazueta, J. Rivera. 2009. The impact of unconfined mine tailings in residential areas from a mining town in a semi-arid environment: Nacozari, Sonora, Mexico. *Chemosphere* 77(1): 140–147.
- Mohiuddin, K.M., H.M. Zakir, K. Otomo, S. Sharmin & N. Shikazono. 2010. Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 7: 17–28
- Montgomery, D. R. & J. M. Buffington. 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin* 109(5): 596-611.
- Mucha, A., M. Vasconcelos, A. Bordalo. 2003. Macrobenthic community in the Doura estuary: Relations with trace metals and natural sediment characteristics. *Environmental Pollution* 121: 169–180.
- Munné, A., C. Sola & N. Prat. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua* 175: 20-37.



- Munné, A., N Prat, C. Sola, N. Bonada & M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams. QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 147-164.
- Nowrouzi, M. & A. Pourkhabbaz. 2014. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. *Chemical Speciation and Bioavailability (2014)*, 26(2):99 - 105.
- Palma, A., F. Figueroa & V. Ruiz. 2009. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana* 73(1): 57-63.
- Ramírez, C. 1995. Flora y vegetación acuática. Río Cruces Santuario de la Naturaleza. Descripción Línea Base Proyecto Valdivia. Forestal Arauco. Geotécnica. 26 pp.
- Suarez, M.L, M.R. Vidal-Abarca, M. Sanchez-Montoya, J. Alba-Tercedor, M. Alvarez, J. Aviles, N. Bonada, J. Casas, P. Jáimez-Cuellar, A. Munné, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, M.J. salinas, M. Toro & S. Vivas. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: El uso del índice QBR. *Limnética* 21: 135-148.
- Universidad de Chile. 2016. Evaluación Química de sedimentos de Ribera en los ríos Blanco y Aconcagua. Región de Valparaíso mes de abril 2016 (informe final). Documento elaborado por el laboratorio de química d suelos y aguas, Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 48 pp.
- Valdovinos C, A Kiessling, M Mardones, C Moya, A Oyanedel, J Salvo, V Olmos & O Parra. 2010. Distribución de macroinvertebrados (Plecoptera y Aeglidae) en ecosistemas fluviales de la Patagonia chilena: ¿Muestran señales biológicas de la evolución geomorfológica postglacial? *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 267-287.
- Valdovinos, C. & O. Parra. 2013. Comunidades de las Aguas Continentales (Lagos y Ríos): Bentos. En: "Guía para la elaboración de líneas bases de ecosistemas acuáticos continentales: aspectos conceptuales, teóricos básicos y metodologías para su caracterización, análisis y seguimiento ambiental". Informe técnico elaborado por el Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción, para el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).



- Valdovinos, C. & R. Figueroa. 2000. Benthic community metabolism and trophic conditions of four South American lakes. *Hydrobiologia*. 429: 151-156.
- Valdovinos, C. (Ed.). 2006. Biodiversidad dulceacuícola de Chile. In: Gayana, *International Journal of Biodiversity, Oceanology and Conservation*. 70 (1). 162 pp.
- Valdovinos, C. 2008. Invertebrados dulceacuícolas. En: Conama, Eds. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos. Ocho Libros Editores, Santiago de Chile. :204-225.
- Valdovinos, C., E. Habit, A. Jara, P. Piedra, J. González & J. Salvo. 2012. Dinámica espacio-temporal de 13 especies de peces nativos en un ecotono lacustre-fluvial de la cuenca del río Valdivia (Chile). En: Valdovinos, C. & O. Parra (Editores) (2012) Peces nativos del río San Pedro (Chile): estudios poblacionales, comunitarios y de hábitats, para su conservación y seguimiento ambiental. *Gayana (volumen espacial)*: 45-58.
- Varol, M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials* 195: 355 – 364.
- Varol, M. y Şen, B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena* 92, 1-10.



## 7. ANEXOS

### **ANEXO 1: Resultados de la Campaña 1 (24 de enero del 2019)**

- Anexo 1-1: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 1-2: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**
- Anexo 1-3: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**
- Anexo 1-4: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**
- Anexo 1-5: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**

### **ANEXO 2: Resultados de la Campaña 2 (30 de enero del 2019)**

- Anexo 2-1: Informe de terreno.**
- Anexo 2-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 2-3: Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 2-4: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**
- Anexo 2-5: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**
- Anexo 2-6: Informe de laboratorio de la química del relave.**
- Anexo 2-7: Informe de terreno del muestreo del relave.**
- Anexo 2-8: Informe de laboratorio de la granulometría del relave.**
- Anexo 2-9: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**
- Anexo 2-10: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**



**ANEXO 3: Resultados de la Campaña 3 (16 de abril del 2019)**

- Anexo 3-1: Informe de terreno.**
- Anexo 3-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 3-3: Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 3-4: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**
- Anexo 3-5: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**
- Anexo 3-6: Informe de laboratorio de la química del relave.**
- Anexo 3-7: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**
- Anexo 3-8: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**

**ANEXO 4: Resultados de la Campaña 4 (3 de diciembre del 2019)**

- Anexo 4-1: Informe de terreno.**
- Anexo 4-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 4-3: Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial.**
- Anexo 4-4: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**
- Anexo 4-5: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**
- Anexo 4-6: Informe de laboratorio de la química del relave.**
- Anexo 4-7: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**
- Anexo 4-8: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**

**ANEXO 1: Resultados de la campaña 1 del 23 de enero del 2019.**

**Anexo 1-1: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N° 228/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No Aplica.
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No Aplica.
<b>MUESTREADO POR</b>	: Cliente.
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 23/01/2019 (1)
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua, Los Andes. (1)
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 28/01/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 07/03/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Arsenico Total	: 3114 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Bario Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Berilio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Boro Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Cadmio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Cianuro	: 4500 CN - C (Destilación) - 4500 CN – E (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Cloruro	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Cobalto Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Cobre Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Color Verdadero	: 2120 C Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.

**Nota:**

(1): Fecha y lugar de muestreo informada por el cliente.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***

***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Por el departamento libre del espíritu

Centro Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: info@eula.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 228/2019**

Conductividad	: 2510 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition
Cromo Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Hierro Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Litio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Manganeso Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Mercurio Total	: 3112 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Molibdeno Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Niquel Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Nitratos	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Nitritos	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
pH	: 4500-H B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Plata Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Plomo Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
R.A.S.	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Selenio Total	: 3114 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Sodio Porcentual	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Sólidos Disueltos	: 2540 C Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Sulfato	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Turbiedad	: 2130 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Vanadio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Zinc Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento tiene del copante

Nueva Universidad de Concepción - Casilla 160-C - Fono: (56) 41 270 2000, 270 20 18 - Fax: (56) 41 270 20 28  
 Concepción, Chile - Email: eula@ulcc.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 228/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (3)
Aluminio Total	mg/l	0,874	0,908	7,239	5,298	0,473	30-01-19
Arsenico Total	µg/l	2,9	3,6	35,0	9,0	3,0	31-01-19
Cloruro	mg/l	-	8,42	6,10	-	6,51	28-01-19
Cobalto Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	30-01-19
Cobre Total	mg/l	0,0476	0,0529	0,1125	0,1108	0,0081	30-01-19
Color Verdadero	Pt/Co	<5	<5	28	<5	<5	29-01-19
Conductividad	µS/cm	324,0	336,0	260,0	324,0	249,0	20-01-19
Cromo Total	mg/l	<0,001	<0,001	0,004	0,001	<0,001	30-01-19
Hierro Total	mg/l	0,817	1,063	11,51	7,620	0,497	30-01-19
Litio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	30-01-19
Manganeso Total	mg/l	0,155	0,152	0,310	0,244	0,021	30-01-19
Mercurio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	31-01-19
Molibdeno Total	mg/l	0,043	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	30-01-19
Niquel Total	mg/l	0,014	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	30-01-19
Nitratos	mg/l	-	0,45	0,88	-	0,31	28-01-19
Nitritos	mg/l	-	<0,015	<0,015	-	<0,015	29-01-19
pH	-			(4)			20-01-19
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	30-01-19
Plomo Total	mg/l	0,033	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	30-01-19
R.A.S.	-	0,14	0,16	0,14	0,17	0,19	30-01-19
Selenio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	31-01-19
Sodio Porcentual	%	4,60	4,90	4,87	4,84	6,98	30-01-19
Sólidos Disueltos	mg/l	252,0	255,0	219,0	252,0	159,0	28-01-19
Sulfato	mg/l	-	112,87	81,12	-	64,66	28-01-19
Turbiedad	NTU	6	11	498	476	3	28-01-19
Vanadio Total	mg/l	<0,001	<0,001	0,017	0,010	<0,001	30-01-19
Zinc Total	mg/l	0,0315	0,0037	0,0238	0,0211	<0,0002	30-01-19

Nota:

- (2) Preservación y empaques propios otorgados por el Laboratorio de Ensayo EULA-Chile.
- (3) Fecha correspondiente al inicio de la realización de los análisis.
- (4) Parámetro medido en el laboratorio valor indicado en forma referencial, de lo contrario a que este análisis debe medirse in situ. El valor medido en estas muestras corresponde a: C pH: 7,76 (25 °C), 23 pH: 7,80 (25 °C), 28 pH: 7,85 (25 °C), BL10 pH: 7,78 (25 °C), BL10A pH: 7,79 (25 °C).
- (5) Análisis no realizado por falta de volumen de muestra.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento tiene del copiente

Rector: Universidad de Concepción - Dirección: EULA - P.O. Box 411 279 20100, 279 00 18 - Fono: 501 700 00 28  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uconce.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 228/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (3)
Aluminio Total	mg/l	12,42	12,04	13,96	0,175	0,175	31-01-19
Arsenico Total	µg/l	33,4	15,3	15,0	2,8	5,1	31-01-19
Cloruro	mg/l	10,51	8,18	-	12,65	17,45	28-01-18
Cobalto Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	30-01-18
Cobre Total	mg/l	0,2644	0,1554	0,2454	0,0053	<0,0005	30-01-18
Color Verdadero	Pt/Co	< 5	50	< 5	< 5	< 5	24-01-19
Conductividad	µS/cm	319,0	356,0	423,0	389,0	333,0	20-01-18
Cromo Total	mg/l	0,007	0,006	0,007	<0,001	<0,001	31-01-19
Hierro Total	mg/l	18,91	16,08	17,82	0,125	0,149	30-01-18
Litio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	30-01-18
Manganeso Total	mg/l	0,585	0,430	0,524	0,001	<0,001	30-01-18
Mercurio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	31-01-18
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,046	<0,001	30-01-18
Niquel Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	30-01-18

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento tiene del copiado


  
 Avenida Universidad 1 - Casilla 160 - Concepción, Chile - Fono: (56) 41 270 2000, 270 20 18 - Fax: (56) 41 270 20 28  
 Concepción, Chile - Email: eula@ulbc.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 228/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (3)	
Nitratos	mg/l	0,53	0,11	-	2,27	1,59	26-01-19	
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	-	<0,015	<0,015	26-01-19	
pH	-	(4)						26-01-19
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	30-01-19	
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,031	<0,001	30-01-19	
R.A.S.	-	0,23	0,18	0,49	0,25	0,31	30-01-19	
Selenio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	31-01-19	
Sodio Porcentual	%	8,84	4,93	11,9	6,83	9,50	30-01-19	
Sólidos Disueltos	mg/l	288,0	294,0	314,0	283,0	237,0	26-01-19	
Sulfato	mg/l	96,43	121,72	-	124,31	62,80	26-01-19	
Turbiedad	NTU	223	566	398	1	5	26-01-19	
Vanadio Total	mg/l	0,029	0,026	0,027	<0,001	<0,001	30-01-19	
Zinc Total	mg/l	0,0337	0,0333	0,0502	0,0103	<0,0002	30-01-19	

Nota:

- (2) Parámetro medido en el laboratorio valor indicado en forma referencial, de lo contrario este análisis debe medirse in situ. El valor medido en estas muestras corresponde a: BL20 pH: 7,77 (25 °C); AC10 pH: 7,85 (25 °C); AC10B pH: 7,81 (25 °C); AC20 pH: 7,79 (25 °C); JU10 pH: 7,91 (25 °C).




**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal




Firmado digitalmente por  
 Johanna Elizabeth Beltrán  
 Concha  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): c=CL, st=DEL BIOBIO,  
 o=Concepción, ou=Universidad  
 de Concepción, ou=Centro  
 EULA, cn=Johanna Elizabeth  
 Beltrán Concha,  
 email=beltran@udec.cl  
 fecha: 2019.03.07 17:00:04  
 -03'00'

**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento firmo del cliente

Avenida Balmaceda 1000 - Concepción, Chile - Fono: (56) 41 270 2000, 270 20 18 - Fax: (56) 41 270 20 28  
 Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl



**Anexo 1-2: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N° 230/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No Aplica.
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No Aplica.
<b>MUESTREO POR</b>	: Cliente.
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 23/01/2019 (1)
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua, Los Andes. (1)
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 28/01/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 14/03/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Arsénico	: EPA-3050-B (Digestión) - 3114 B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cadmio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cobre	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cromo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.

**Nota:**

(1) Fecha y lugar de muestreo informada por el cliente.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Por el destinatario libre del espíritu

Centro Universitario s/n - Casilla 150-C - Fono (56-41) 520 40 03 - 220 40 10 - Fax (56-41) 520 70 70  
 Concepción, Chile - Email: [informe@eula.cl](mailto:informe@eula.cl) - [www.eula.cl](http://www.eula.cl)



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 230/2019**

Hierro	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Manganeso	: EPA-245.5 (Digestión) - 3112B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Materia Organica Total	: Métodos de análisis recomendados para Gobierno de Chile Ministerio de los suelos de Chile Revisión 2006. Agricultura, INIA y Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo. Método 1.1, Preparación de las muestras. Método 7.2. Pérdida por calcinación.
Mercurio	: EPA-245.5 (Digestión) - 3112B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Molibdeno	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Plomo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Zinc	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Por el documento tiene del científico



Reserva Ministerial Autorizada - Calle Valdivia 1800 - P.O. Box 411 - 3500-0000 - 2000-00-100 - P.O. Box 411 - 3500-00-00  
Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 230/2019**

Parámetros en Sedimentos (2)	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (3)
Aluminio	mg/kg	18916	6391	14041	15278	15475	31-01-19
Arsenico	mg/kg	33,29	24,87	24,46	23,30	16,67	31-01-19
Cadmio	mg/kg	4.038	1,643	3,125	3,211	2,805	31-01-19
Cobre	mg/kg	894,82	1015,0	487,41	277,27	235,46	31-01-19
Cromo	mg/kg	25,81	13,26	24,88	17,33	14,58	31-01-19
Hierro	mg/kg	49301	26668	43059	46268	42681	31-01-19
Manganeso	mg/kg	1342	841,3	920,4	1189	1113	31-01-19
Materia Organica Total	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	04-02-19
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	31-01-19
Molibdeno	mg/kg	6,144	49,61	11,80	3,995	5,194	31-01-19
Plomo	mg/kg	27,33	16,60	7,513	5,853	5,939	31-01-19
Zinc	mg/kg	139,0	95,13	43,82	49,17	78,00	31-01-19

Lema:

- (2) Presentación y envases proporcionado por el Laboratorio de Ensayo EULA-CHILE.  
 (3) Fecha corresponde al inicio de la realización del análisis.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Para el documento tiene del científico



Avenida Mariscal Armada - 11.º Valle 180.000 - Fono: (56-91) 2260 40 00 - 2260 40 10 - Fax: (56-91) 2260 30 00  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 230/2019**

Parámetros en Sedimentos (2)	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (3)
Aluminio	mg/kg	16180	17860	19317	18264	19055	31-01-19
Arsenico	mg/kg	20,43	24,99	23,42	27,22	23,13	31-01-19
Cadmio	mg/kg	3,540	3,242	2,896	3,745	3,450	31-01-19
Cobre	mg/kg	259,42	114,54	113,93	115,44	32,095	31-01-19
Cromo	mg/kg	20,73	19,71	14,26	19,48	17,72	31-01-19
Hierro	mg/kg	51362	46304	40414	50695	48360	31-01-19
Manganeso	mg/kg	1234	977,4	999,6	963,9	1009	31-01-19
Materia Organica Total	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	04-02-19
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	31-01-19
Molibdeno	mg/kg	6,023	4,544	5,778	4,987	3,439	31-01-19
Piomo	mg/kg	6,669	11,11	11,86	12,73	13,11	31-01-19
Zinc	mg/kg	93,46	96,96	86,74	108,0	85,68	31-01-19




**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal




**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

Ustedes digitaron por  
Johanna Beltrán Cordero  
Ronda de Inspección  
I.N.T. S.A. - I.N.T.S. B.C.S.C.  
E. Concepción, Universidad  
de Concepción, Chile  
EULA, o EULA de ELEC  
Johanna Cordero  
anal-johanna@eula.cl  
Fecha: 2019/01/31 09:46:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Para el documento tiene del científico

Ronda de Inspección - E. Concepción, Chile - Teléfono: (56) 51 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56) 51 220 40 00  
Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Anexo 1-3: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios Ambientales</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 231/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos o Suelos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREADO POR</b>	: Cliente
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 23/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 07/02/2019 <sup>(1)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 05/03/2019
<b>INST GEST. AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

#### METODOLOGÍA:

##### Granulometría:

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue tamizada a 2000µm. La fracción menor a 2000 µm fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumentó entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

<sup>(1)</sup> - fecha de recepción en laboratorio de Sedimentología

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu



Revo Universidad de Concepción - Dirección: 190 0000 - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 78 - Fax: (56-41) 220 70 78 - Concepción, Chile - Correo: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Chilean University Accreditation
	Versión 5.0	

Informe N° 231/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
C	3,68	1,86	1,23	4,64	Arena muy fina*
23	4,91	1,96	1,07	3,19	Limo muy grueso
28	2,99	10,76	2,34	11,10	Arena fina
BL10	2,08	1,96	1,42	4,47	Arena fina
BL10A	1,83	2,04	2,05	6,51	Arena media
BL20	2,12	1,34	2,52	11,15	Arena media
AC10	3,17	1,62	1,62	6,72	Arena muy fina
AC10B	2,76	1,52	1,25	4,45	Arena fina
AC20	2,71	1,63	2,04	8,02	Arena fina
JU10	1,77	1,11	2,37	12,98	Arena media

\* Parámetros que representan la porción de la muestra <2000  $\mu$ m, correspondiente al 47,32% de la submuestra original.

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Muy bien seleccionada	Asimetría muy fina	Muy platocúrtica
Bien seleccionada	Asimetría fina	Platocúrtica
Modestamente bien seleccionada	Simétrica	Mesocúrtica
Modestamente seleccionada	Asimetría gruesa	Leptocúrtica
Fuertemente seleccionada	Asimetría muy gruesa	Muy leptocúrtica
Muy pobremente seleccionada		
Extremadamente mal seleccionada		

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu



Barrío Universitario s/n - Casilla 160-0 - Fono (56) 41 220 00 00 - 220 40 18 - Fax (56) 41 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 231/2019

**RESULTADOS**

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
C	34	66	0
23	37	63	0
28	9	91	0
BL10	18	82	0
BL10A	13	87	0
BL20	6	94	0
AC10	22	78	0
AC10B	20	80	0
AC20	13	87	0
JU10	3	97	0

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

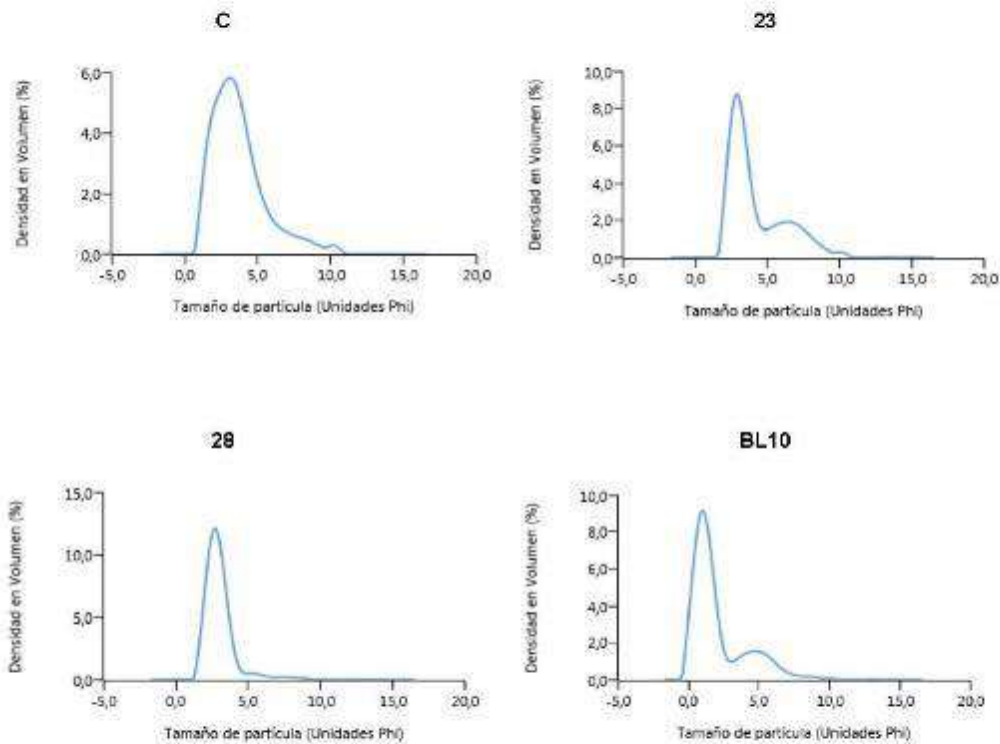
Por el desarrollo libre del espíritu

Recinto Universitario Sur - Casilla 150-D - Pajaritos (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uconce.cl - www.eula.cl



Informe N° 231/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

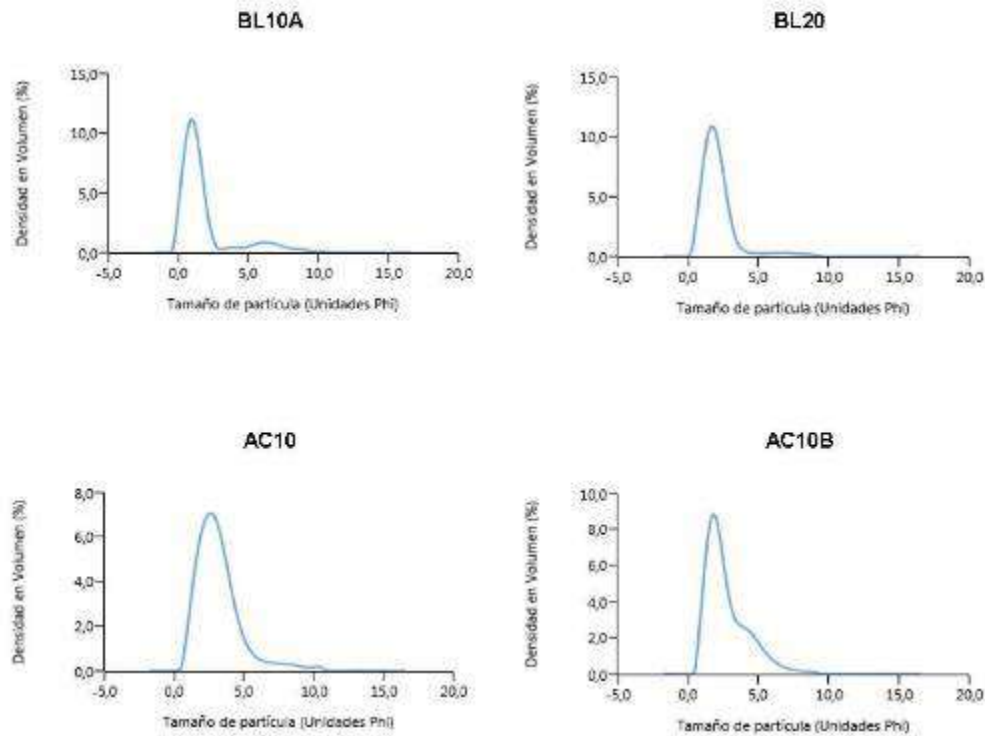
Por el decanato libre del espíritu

Avda. Universidad 671 - Casilla 160-D - Fono: (56-41) 222 40 00 - 222 49 18 - Fax: (56-41) 222 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: [info@ulc.cl](mailto:info@ulc.cl) - [www.ulc.cl](http://www.ulc.cl)



Informe N° 231/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas (continuación)



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decano/a libre del espíritu

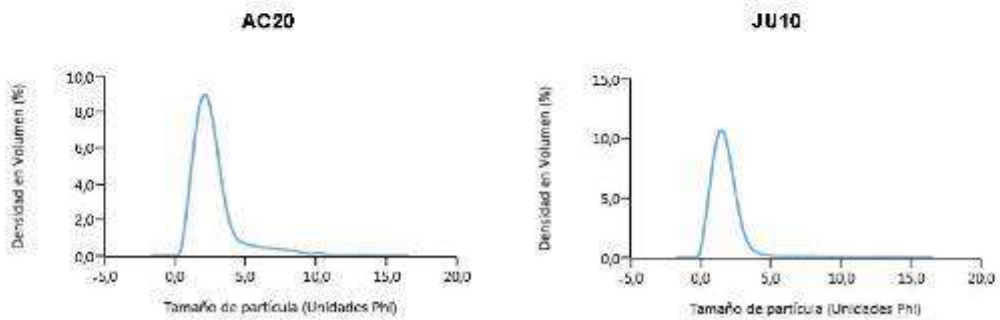


Barrío Universitario s/n. - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 222 40 10 - Fax (56-41) 229 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: info@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 231/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas (continuación)



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decano/a libre del espíritu

Banco Universitario s/n. - Calle 160-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
Concepción - Chile - E-mail: [info@eula.cl](mailto:info@eula.cl) - [www.eula.cl](http://www.eula.cl)





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Acreditación</small>
	Código: LEE-FOR-510-0	

Informe N° 231/2019

### Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradstat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus International. 2000. Diffraction for particle size analysis - why use Mie theory? Malvern Instruments Ltd. England.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

  
 Firma digitalmente con Alberto Araneda C. en 19/05/2019 a las 11:02:45.  
 El tiempo de generación del PDF es: 2019-05-19 11:02:45.  
 In-Concepto de la Universidad de Concepción, en el Centro EULA, en el Laboratorio de Sedimentología.  
 Calle 19, Concepción.  
 e-mail: macedo@eula.uco.cl  
 Fecha: 2019-05-06 11:02:45 -03:00

Dr. Alberto Araneda C.  
Laboratorio de Sedimentología

DAS/AEAC

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo de este informe:

Centro Universitario de la Concepción - Calle 160-C - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uco.cl - www.uco.cl



**Anexo 1-4: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**

 Universidad de Concepción	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión: 5.0	Inicio

**Informe N°232/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: APHA, 2017 10500 B. Standard Methods 23th Edition.
<b>MUESTREADO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 23/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 28/01/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 09/10/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS ETFA 021-03 (UDECE EULA)**

Zoobentos cuantitativo : Benthic macroinvertebrates – Sample processing and analysis

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el encargado de la impresión



Centro de Estudios Ambientales EULA - Casilla 160-0 - Fono: (56-91) 222 1212 - 222 10 18 - Fax: (56-91) 222 10 18  
Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LFF-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Versión 5.0	

**Informe N°232/2019**

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	C	23	28	BL10	BL10A	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
<i>Limnoperla raffaelli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	1	0	2	15	4
<i>Meridialaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Meridialaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridialaris chiloeensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Mesocentropus amarawati</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nausia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	1	1	1	1	3	1	0	1	0	1
<i>Andesiops tarrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	1	0	5	9	0
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Fimidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belostomat</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Nota: Abundancias de zombentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento libre del usuario  
 Centro de Estudios Ambientales - Calle 140 C. - Fono 55 41 220 ext 03 - 220 42 14 - Fax 55 41 220 20 75 -  
 Concepción, Chile - Email: eula@ulca.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios Ambientales</small>
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Final

Informe N°232/2019

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	C	23	28	BL10	BL10A	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Limonio sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	6	7	3	4	3	5	8	15	3	15
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyalella sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Physa chilensis (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tubifex sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).




Dr. Claudio Valdovinos  
Supervisor Laboratorio de Macrofauna

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**Anexo 1-5: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**



**ANEXO 2: Resultados de la campaña 2 del 30 de enero del 2019.**



**Anexo 2-1: Informe de terreno.**



**Universidad  
de Concepción**

**INFORME DE MUESTREO**

LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE | CODIGO STRA 021-03  
Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025-01:2005



Código : LEE-FOR-607-17	Versión 2	Inicio
<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Informe N° 234/2019
Pag. 1 de 4		
Empresa solicitante / Titular del Proyecto	: Corporación Nacional del Cobre de Chile	Comuna/ Región : Los Andes / V
Fuente Emisora	: GSAE – Codalco División Andina	Fecha de emisión : 26-02-2019
Dirección Fuente emisora	: Santa Teresa 513, Los Andes	C. de T./Cadena C. : 58
Georreferenciación UTM, Datum WGS84	: Ver Anexo	N° de Muestras : 30-01-2019
Punto de Muestreo	: Ver Detalle	Tipo de Muestra : Agua Superf./Sedimentos
Responsable Monitoreo EULA - Chile	: Sr. Cristian Espinoza H.	Código/A : 10.579.309-K
Responsable Monitoreo Solicitante	: Dr. Claudio Valdovinos	Cargo : Investigador Centro EULA

**ANTECEDENTES**

Centro EULA- CHILE, a solicitud de los Sres. Corporación Nacional del Cobre de Chile ha realizado monitoreo y análisis de Aguas Superficiales y Sedimentos con medición en terreno, con el objetivo de realizar un control en base a normativa vigente. El detalle de este monitoreo, se presenta a continuación.

**METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO**

NCH-ISO58876:2015

Manual de Procedimientos de Muestreo: LEE-MDT-507-01, LEE-PRO-507-01, LEE-PRO-507-02

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile**

Conductividad: 2510 B Standard Methods 23th Edition.

pH: 4500 H B Standard Methods 23th Edition.

Temperatura: 2550 B Standard Methods 23th Edition.

Oxígeno Disuelto: 4500 O Standard Methods 23th Edition.

**ANTECEDENTES DEL MONITOREO**

Naturaleza de la muestra		Tipo de muestreo		Tipo de muestra		Duración monitoreo, hr	
Ril <input type="checkbox"/>	Mezcla <input type="checkbox"/>	Manual <input checked="" type="checkbox"/>	Puntual <input checked="" type="checkbox"/>	Compuesta <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/>	
Agua servida <input type="checkbox"/>	Agua Superf. <input checked="" type="checkbox"/>	Automático <input type="checkbox"/>	Tiempo <input type="checkbox"/>	Caudal <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/>	
					Otro <input checked="" type="checkbox"/>		
Fecha inicio monitoreo :	30-01-2019	Fecha término monitoreo :	30-01-2019				
Hora inicio monitoreo :	10:00	Hora término monitoreo :	18:00				
Lugar de Compuesta :	N/A	Hora Compuesta :	N/A				

**EQUIPOS DE TERRENO UTILIZADOS**

Equipo	Código	Nro. Serie	Características			
Medidor de pH	pH-13	II 1209	Portátil <input checked="" type="checkbox"/>	Linea <input type="checkbox"/>		
Temperatura	pH-13	II 1209	Portátil <input checked="" type="checkbox"/>	Linea <input type="checkbox"/>		
Conductivímetro	C-15	II 1600	Automático <input type="checkbox"/>	Manual <input checked="" type="checkbox"/>		
Medidor de caudal	N/A		Área velocidad <input type="checkbox"/>	Estructura hidráulica <input type="checkbox"/>	Manning <input type="checkbox"/>	Volumétrico <input type="checkbox"/>
Forma caudal			Tubería <input type="checkbox"/>	Canal rectangular <input type="checkbox"/>		Dispositivo primario <input type="checkbox"/>
Tipo de descarga			Discontinua <input type="checkbox"/>	Continua <input type="checkbox"/>		Otro <input type="checkbox"/>
Otro						

**OBSERVACIONES EN TERRENO**


**ENTREGA DE MUESTRAS**

Laboratorio de Ensayo: Centro EULA- CHILE	
Responsable de entrega de muestras:	: Sr. Cristian Espinoza H.
Responsable de recepción de muestras:	Sra. Ana Montano
Fecha entrega de muestras:	01-02-2019
Hora entrega de muestras:	9:30 Hrs.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código : LEE-FOR-507-17	Versión 2	

Informe N° 234/2019

Pag. 2 de 4

Empresa solicitante : Corporación Nacional del Cobre de Chile  
Fuente Emisora : GSAE – Codelco División Andina  
Punto de Muestreo : Ver Detalle

**MUESTREO COMPUESTO-TEMPERATURA PRIMERA MUESTRA**

\*\* Pto. Muestreo Compuesto:  
Temperatura primera muestra: N/A  
Temperatura al inicio del muestreo, °C: N/A  
Temperatura recepción laboratorio, °C: N/A  
Flujo promedio 24 horas  $\mu\text{S}$  : N/A


Punto Muestreo	Coordenadas Datum WGS84 H-19	Fecha	Hora	Conductiv. $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Temp. °C	O.Disuuelto $\text{mgO}_2/\text{L}$
Est- C	6350311,6 382201,6	30-ene	10:30	371	7,78	7,3	7,08
Est- 23	6349100,61 382793,7	30-ene	11:30	370	8,19	9,3	7,34
Est- 28	6350311,6 382201,6	30-ene	12:00	304	8,25	8,6	6,95
Est- BL 10	6353409,6 381153,6	30-ene	13:00	692	8,27	18,9	6,94
Est- BL 10a	6353409,6 381153,6	30-ene	14:00	209	8,40	15,6	7,14
Est- BL 20	6357384,5 378633,5	30-ene	14:50	483	8,00	18,1	6,34
Est- JU10	6358002,4 378501,9	30-ene	15:20	301	8,31	19,0	6,79
Est- AC 10	6362554,9 368332,2	30-ene	16:00	410	8,25	16,0	7,87
Est- AC 10b	6362554,9 368332,2	30-ene	16:40	414	8,24	15,1	7,76
Est- AC20	6376248,5 335093,5	30-ene	17:20	432	8,29	25,2	6,73

Verificación de pH				Verificación Conductividad			
Aceptabilidad pH $\pm 0,02$				84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (83,16 y 84,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ )			
				1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1398,13 y 1427,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ )			
Fecha	valor buffer	lectura equipo	V°B°	Fecha	Estándar $\mu\text{S}/\text{cm}$	lectura equipo	V°B°
30-01-2019	7,00	6,95	√	30-01-2019	84,0	85	√

Nota: Patrones de pH y Conductividad trazables a Nist  
Buffer Ph 7 lote N° : HC67897739  
Patron Conductividad 84  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lote N°: 0024  
Patron Conductividad 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lote N°: 9910

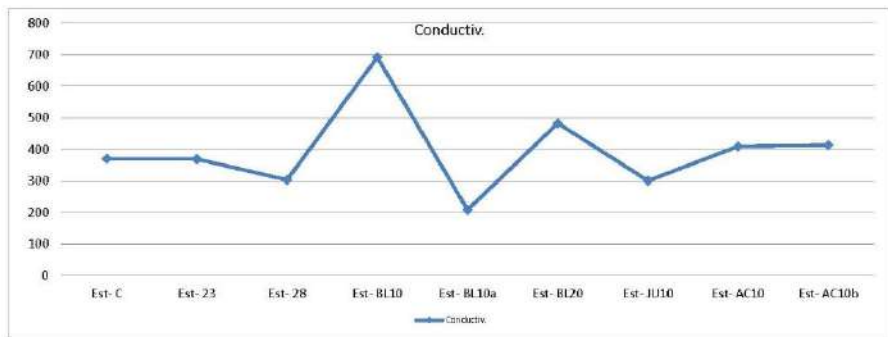
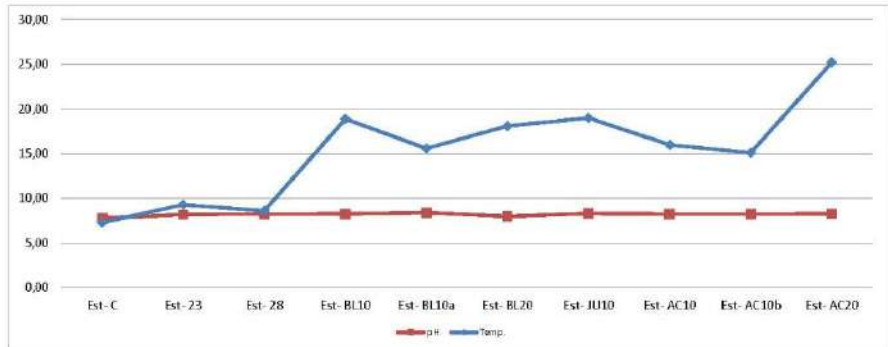
Control de Calidad Oxígeno Disuuelto			
Duplicado 1	Duplicado 2	Promedio	% RSD
7,08	7,10	7,09	1

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código: LEE-FOR-507-17	Versión 2	

Informe N° 234/2019

Pag. 3 de 4

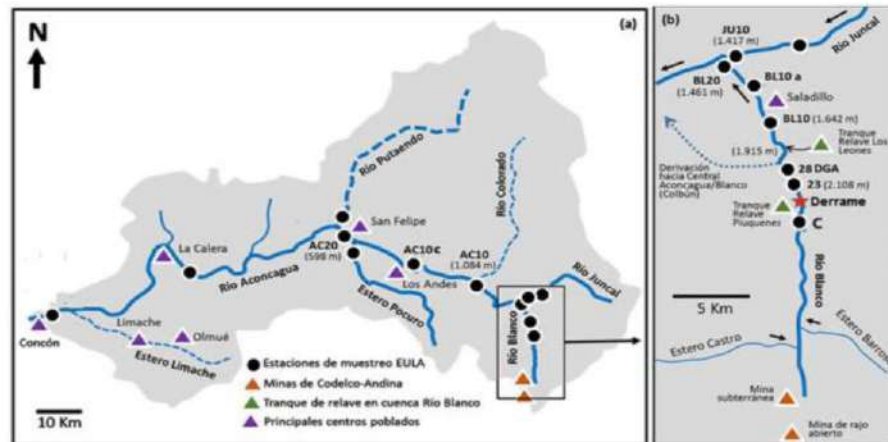


**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu



Barrío Universitario s/n - Casilla 160 C - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udoc.cl - www.eula.cl



Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.




Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal




Sr. Cristian Espinoza H.  
Muestreo y medición

Por el desarrollo libre del espíritu



**Anexo 2-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Indo

**Informe N° 233/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.518-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristian Espinoza H. / 10.579.300-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh ISO 5667/6 :2015
<b>MUESTREADO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 01/02/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 11/03/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Arsénico Total	: 3114 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Bario Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Borilio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Boro Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cadmio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cianuro	: 4500 CN - C (Destilación) - 4500 CN – E (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cloruro	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition
Cobalto Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cobre Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Color Verdadero	: 2120 C Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cromo Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu

Camino Universitario s/n - Casilla 160-05 - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: info@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 233/2019**

DBO <sub>5</sub>	: 5210 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
DQO	: 5220 D Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Dureza Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Fosforo Total	: 4500-P-E (Cuantificación) - 4500 P-B (Digestión) Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Grasas y Aceites	: 5520-D Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Hierro Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Litio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Manganeso Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Mercurio Total	: 3112 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Molibdeno Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Niquel Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Nitratos	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Nitritos	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Nitrógeno amoniacal	: 4500-Norg-B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Plata Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Plomo Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
R.A.S.	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Selenio Total	: 3114 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sodio Porcentual	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Disueltos	: 2540 C Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Sedimentables	: 2540 F Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Suspendidos Inorgánicos	: 2540-E Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Suspendidos Orgánicos	: 2540-E Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Suspendidos Totales	: 2540-D Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sulfato	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Turbiedad	: 2130 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Vanadio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Zinc Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Por el desarrollo libre del espíritu



Carretera Universidad km 7 - Casilla 104-0 - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 20  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 233/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (*)
Aluminio Total	mg/l	1,853	1,538	3,409	0,348	0,471	01-02-19
Arsénico Total	µg/l	4,1	3,9	8,4	2,1	5,6	31-01-19
Bario Total	mg/l	0,024	0,021	0,042	0,038	0,023	01-02-19
Berilio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Boro Total	mg/l	0,065	0,067	0,043	0,172	0,056	01-02-19
Cadmio Total	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	01-02-19
Cianuro	µg/l	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	01-02-19
Cloruro	mg/l	5,18	8,15	8,23	38,51	4,93	01-02-19
Cobalto Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Cobre Total	mg/l	0,0565	0,0525	0,0883	0,0082	0,0017	01-02-19
Color Verdadero	Pt/Co	< 5	7	< 5	< 5	< 5	01-02-19
Cromo Total	mg/l	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	01-02-19
DBO <sub>5</sub> (2)	mgO <sub>2</sub> /l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	01-02-19
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	<2	<2	<2	2	< 2	01-02-19
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	259,9	298,1	298,1	382,5	134,4	01-02-19
Fósforo Total	mg/l	0,09	0,12	0,24	0,09	0,14	05-02-19
Graasas y Aceites	mg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	22-02-19
Hierro Total	mg/l	2,406	2,093	4,784	0,494	0,375	01-02-19
Litio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Manganeso Total	mg/l	0,243	0,198	0,193	0,043	0,014	01-02-19
Mercurio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	01-02-19
Molibdeno Total	mg/l	0,004	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	01-02-19

Nota:


(\*) Fecha corresponde al inicio de la realización del análisis.

(2) Tabla: Índice de oxígeno de muestra (DRO<sub>5</sub>)

	C	23	28	BL10	BL10A
Temperatura recepción	4°C				
Hora Muestreo	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
Hora de Inicio de Análisis	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
Tiempo de almacenamiento	00:00:00	00:00:00	00:00:00	01:00:00	01:00:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento libre del copiado


  
 Avda. Universidad 110 - Concepción 407 000 - Fono: 508 40 000 - 508 40 100 - Fax: 508 40 300 000  
 Concepción, Chile - Correo: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 233/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (1)
Níquel Total	mg/l	0,013	0,009	0,008	0,028	0,003	01-02-19
Nitratos	mg/l	0,815	0,950	0,790	1,070	0,820	01-02-19
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	01-02-19
Nitrógeno amoniacal	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	01-02-19
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Plomo Total	mg/l	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	01-02-19
R.A.S.	-	0,14	0,17	0,15	0,80	0,22	01-02-19
Selenio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	01-02-19
Sodio Porcentual	%	4,26	4,55	4,64	16,78	8,47	01-02-19
Sólidos Disueltos	mg/l	288,0	261,0	235,0	520,0	155,0	01-02-19
Sólidos Sedimentables	ml/h	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	01-02-19
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	79,0	51,4	267,8	4,1	4,4	01-02-19
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	5,0	3,6	9,8	< 1,0	< 1,0	01-02-19
Sól. Suspendidos Totales	mg/l	84,0	55,0	277,6	5,0	5,3	01-02-19
Sulfato	mg/l	135,38	126,84	90,03	250,50	33,66	01-02-19
Turbiedad	NTU	12	8	119	8	< 1	01-02-19
Vanadio Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	01-02-19
Zinc Total	mg/l	0,0408	0,0224	0,0209	0,0239	0,0059	01-02-19

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario alm. - Casilla 150-C - Fono (56-41) 520 40 03 - 520 40 10 - Fax (56-41) 520 70 76  
 Concepción, Chile - Email: [adm@eula.cl](mailto:adm@eula.cl) - [www.eula.cl](http://www.eula.cl)



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 233/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (1)
Aluminio Total	mg/l	0,291	6,975	11,48	16,16	3,989	01-02-19
Arsénico Total	µg/l	7,1	10,5	10,5	22,4	7,5	31-07-19
Bario Total	mg/l	0,023	0,085	0,082	0,118	0,026	01-02-19
Berilio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Boro Total	mg/l	0,098	0,019	0,101	<0,005	0,073	01-02-19
Cadmio Total	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	01-02-19
Cianuro	µg/l	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	01-02-19
Cloruro	mg/l	38,88	10,95	13,31	14,62	13,07	01-02-19
Cobalto Total	mg/l	<0,005	<0,005	0,005	0,007	<0,005	01-02-19
Cobre Total	mg/l	0,0153	0,0560	0,0607	0,1044	0,0170	01-02-19
Color Verdadero	Pt/Co	< 5	36	< 5	35	< 5	01-02-19
Cromo Total	mg/l	0,007	0,003	0,007	0,011	<0,001	01-02-19
DBO <sub>5</sub> (2)	mgO <sub>2</sub> /l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	01-02-19
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	01-02-19
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	183,7	311,3	279,9	342,8	215,9	01-02-19
Fósforo Total	mg/l	0,09	0,23	0,25	0,37	0,18	25-02-19
Grasas y Aceites	mg/l	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	23-02-19
Hierro Total	mg/l	0,374	9,568	13,51	19,52	4,046	01-02-19
Litio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Manganeso Total	mg/l	0,028	0,293	0,382	0,547	0,122	01-02-19
Mercurio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	01-02-19
Molibdeno Total	mg/l	0,004	0,002	0,005	0,006	<0,001	01-02-19

Nota:

- (1) Fecha corresponde al inicio de la realización del análisis.  
 (2) Tabla: Indicaciones de muestreo DBO<sub>5</sub>.

	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
Temperatura recepción	4°C	4°C	4°C	4°C	4°C
Hora Muestreo	14:50	16:00	16:40	17:20	15:20
Hora de Inicio de Análisis	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
Tiempo de almacenamiento	19:10:00	18:00:00	17:20:00	16:40:00	16:40:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el presente hago del conocimiento

Servicio Universitario S.U. - Casilla 160-D - Fono: (56-51) 22041000 - 22041018 - Fax: (56-51) 22041018  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 233/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (f)
Níquel Total	mg/l	0,004	0,012	0,011	0,016	0,005	01-02-19
Nitratos	mg/l	5,840	0,930	1,045	3,320	0,765	01-02-19
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	<0,015	0,420	<0,015	01-02-19
Nitrógeno amoniacal	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	01-02-19
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	01-02-19
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	01-02-19
R.A.S.	-	1,82	0,25	0,33	0,47	0,24	01-02-19
Selenio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	01-02-19
Sodio Porcentual	%	39,6	6,52	8,78	11,1	7,44	01-02-19
Sólidos Disueltos	mg/l	313,0	302,0	317,0	320,0	207,0	01-02-19
Sólidos Sedimentables	ml/h	< 0,1	<0,1	0,5	1,5	< 0,1	01-02-19
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	1,3	208,0	427,2	515,2	144,0	01-02-19
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	< 1,0	13,0	21,4	40,8	23,6	01-02-19
Sól. Suspendidos Totales	mg/l	2,0	221,0	448,6	556,0	167,6	01-02-19
Sulfato	mg/l	128,28	133,18	135,70	123,30	64,10	01-02-19
Turbiedad	NTU	5	< 1	3	199	48	01-02-19
Vanadio Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	01-02-19
Zinc Total	mg/l	0,0167	0,0405	0,0560	0,0728	0,0190	01-02-19

  
 Firmado y sellado por  
 Johanna Beltrán C.  
 Ing. en Ciencias Ambientales  
 MSc. en Gestión Ambiental  
 Universidad de Concepción  
 Laboratorio de  
 Estudios Ambientales  
 EULA-CHILE  
 Calle 2000, 111, Concepción  
 Chile 4180000 - Teléfono:  
 +56 91 220 70 70

**Johanna Beltrán C.**  
**I.A. Medición / Análisis**  
**Jefa Laboratorio**

*Esta información es válida sólo en original y con el "V" B" del Jefe de Laboratorio*  
*Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

**Anexo 2-3: Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios Ambientales</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 236/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: Según ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREADO POR</b>	: Cliente
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 06/03/2019 <sup>(1)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 07/03/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

#### METODOLOGÍA:

##### Granulometría:

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de agua desde la muestra original. La submuestra fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumentó entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott, 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

<sup>(1)</sup> - fecha de recepción en laboratorio de Sedimentología

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Concepción, Chile - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 78 - Fax: (56-41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - Correo: eula@eula.uchile.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión 5.0	

Informe N° 236/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
28	5,48	2,21	0,49	2,13	Limo grueso
BL10A	6,33	1,62	0,41	3,02	Limo medio
AC10	6,41	2,09	0,03	2,20	Limo medio
AC10B	5,99	2,09	0,32	2,17	Limo grueso
AC20	7,82	1,49	-0,14	2,69	Limo fino

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Muy bien seleccionado	Asimetría muy fina	Muy platocúrtica
Bien seleccionado	Asimetría fina	Platocúrtica
Moderadamente bien seleccionado	Simétrica	Mesocúrtica
Moderadamente seleccionado	Asimetría gruesa	Laplaciana
Poco bien seleccionado	Asimetría muy gruesa	Muy leptocúrtica
Muy poco bien seleccionado		
Completamente no seleccionado		

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del examen:



Barrío Universitario - Casilla 160-0 - Fono (56-41) 226 00 00 - 226 40 18 - Fax (56-41) 226 20 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
--	--	---

Informe N° 236/2019

**RESULTADOS**

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
28	66	34	0
BL10A	93	7	0
AC10	85	15	0
AC10B	79	21	0
AC20	99	1	0

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del espíritu

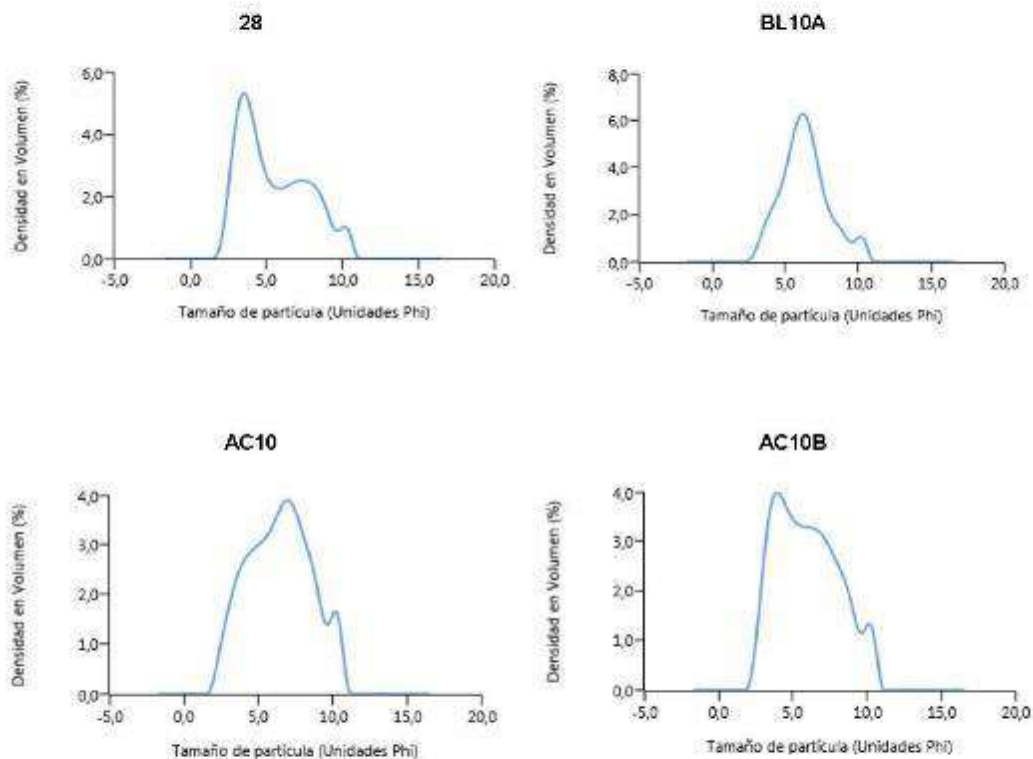
Centro Universitario SM - Casilla 150-D - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl





Informe N° 236/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas



**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el decanato libre del espíritu

Avda. Universidad 671 - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 222 40 00 - 222 40 18 - Fax: (56-41) 222 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: [ej@eula.cl](mailto:ej@eula.cl) - [www.eula.cl](http://www.eula.cl)



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 236/2019



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decanato libro del espíritu



Barrío Universitario s/n. - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 222 40 10 - Fax (56-41) 229 70 70  
Calle Montemar, 1140 - E-mail: info@concepcion.cl - www.uco.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<p style="text-align: center;"><b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</p> <p style="text-align: center;">Versión 5.0</p>	
--	---	---

Informe N° 236/2019

### Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth I'ye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus international. 2000. Diffraction for particle size analysis - why use Min theory? Malvern Instruments Ltd. England.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.


  
 Fianza digital emitida por Alberto Arañeda Arañeda  
 Nombre de usuario: alberto@eula-chile.cl  
 C=CL O=OE BOBO  
 Universidad de Concepción  
 Concepción, Chile  
 EULA-CHILE  
 Dr. Alberto Arañeda Arañeda  
 Laboratorio de Sedimentología

DAS/AEAC

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el decanato libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 160-C - Fono (56-41) 22040 03 - 22040 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: banco@bancu.cl - www.bancu.cl



**Anexo 2-4: Bioensayos de toxicidad de las aguas de ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-PCR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
	Versión: 5.0	

**Informe N° 235/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos.
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: CODELCO ANDINA.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial.
<b>I.A. ANALISIS / CODIGO</b>	: No aplica.
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica.
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE 2018 CRVZ 11.
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh ISO 5667/8 2015.
<b>MUESTREADO POR</b>	: Centro EULA - Chile, Universidad de Concepción.
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019.
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua, Los Arceles.
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 01/02/2019.
<b>FECHA EMISION DE INFORME</b>	: 15/03/2019.
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica.

**ANALISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA-Chile.**

Toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i>	: NCh 2083 Of (1999).
Toxicidad crónica con <i>Daphnia magna</i>	: US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300 Daphnia Chronic Toxicity Test. USEPA. 712-C-96-120.

La mantención de los cultivos de dafnidos y los bioensayos de toxicidad aguda con *D. magna* se realizaron de acuerdo a la NCh 2083 Of. 1999. En primer lugar se efectúa un test preliminar con diluciones de la muestra de 100%, 50%, 25%, 12,5% y 6,25%; en base a estos resultados, se hizo el test definitivo dentro del rango de diluciones adecuadas para obtener la concentración de inhibición de movilidad 50 (CI<sub>50</sub>)<sup>(1)</sup>. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad aguda se muestra en la Tabla 1. El método estadístico para la obtención del CI<sub>50</sub> corresponde al método Probit (USEPA, 1991).

Para comparar el efecto de la muestra sobre la reproducción de *D. magna* con respecto al control, se trabajó en base a los resultados del bioensayo agudo; por lo tanto, se utilizó un intervalo de diluciones generalmente en progresión geométrica, donde la mayor es aquel valor en el cual no se observa mortalidad sobre la población experimental. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad crónica se muestra en la Tabla 2. Se utilizó el programa estadístico TOXSTAT (versión 2.1) para determinar las diferencias significativas entre la muestra y el control de laboratorio.

Nota:

(1) CI<sub>50</sub>: Concentración de muestra que inmobiliza el 50% de los organismos en 24 y 48 horas de exposición expresada en porcentaje de muestra o en mg/L, de acuerdo a la NCh 2083 Of.1999.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

Informe N° 235/2019

**Tabla 1.** Resumen de las condiciones de ensayos agudos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático sin renovación
2. Duración de la prueba.	24 y 48 horas
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperiodos	Oscuridad
5. Edad de los organismos	Neonatos de ≤ 24 hrs.
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L expresada como CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Criterio de toxicidad	Inhibición de movilidad (Cl <sub>50</sub> )
8. Criterio de aceptabilidad	Movilidad de controles ≥ 90%

**Tabla 2.** Resumen de las condiciones de ensayos crónicos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático con renovación
2. Duración de la prueba	21 días
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperiodo	16 hrs. luz; 8 hrs. oscuridad
5. Tratamiento	Según Cl <sub>50</sub>
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Régimen de alimentación	Día por medio
8. Efecto	Reproducción
9. Criterio de aceptabilidad	Sobrevivencia de controles >80%

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario Chile - Casilla 160-C - Faxes (56-41) 226 40 00 - 226 40 18 - Fax (56-41) 232 70 76  
 Concepción, Chile - Email: eula@ucec.cl - www.eula.cl



Informe N° 235/2019

**MUESTRA: C**

**Tabla 3.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		C
pH	-	7,78
Conductividad	µS/cm	371

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: C, no registró toxicidad (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		C
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: C, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 5).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrío Universitario sin - Casilla 160-D - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 79 74  
Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Sección de Análisis de Laboratorio</small>
	Versión 5.0	

Informe N° 235/2019

**Tabla 5.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
C (25%)	10	23,8	2,0	4,0	16,9*
C (50%)	10	17,1	2,5	6,3	23,6*
C (100%)	10	15,4	2,3	5,4	25,2*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: C, no registró toxicidad aguda (CI<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: 23**

**Tabla 6.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		23
pH	-	8,19
Conductividad	µS/cm	370

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 23, no registró toxicidad (Tabla 7).

**Tabla 7.** Resultados de toxicidad aguda CI<sub>50</sub> con *D. magna*.

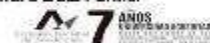
Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		23
Toxicidad aguda 24 h CI <sub>50</sub>	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h CI <sub>50</sub>	%	N.D

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrío Universitario s/n - Casilla 160-D - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 79 74  
 Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl





**Informe N° 235/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO AND-NA 23, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 8).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 8.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
23 (25%)	10	17,5	3,3	10,7	20,9*
23 (50%)	10	15,0	2,7	7,3	23,2*
23 (100%)	10	13,8	1,5	2,4	24,2*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $p = 0,05$ ), (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO AND-NA 23, no registró toxicidad aguda ( $CI_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universidad Chile - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-S10-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

**Informe N° 235/2019**

**Tabla 11.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
28 (25%)	10	24,6	2,1	4,5	17,7*
28 (50%)	10	19,1	1,6	2,5	23,7*
28 (100%)	10	15,7	2,3	5,1	27,4*

Valor de tabla Dunnett = 3,47 ( $\alpha = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 28, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: BL 10**

**Tabla 12.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10
pH	-	8,27
Conductividad	µS/cm	692

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*.

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10, no registró toxicidad (Tabla 13).

**Tabla 13.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario Chile - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 26  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 235/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA BL 10, se registró un LOAEC de 50% y un NOAEC de 25% de dilución de la muestra (Tabla 14).

<sup>1</sup>LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

<sup>2</sup>NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 14.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
BL 10 (25%)	10	39,8	2,0	4,0	1,1
BL 10 (50%)	10	32,7	2,4	5,6	7,8*
BL 10 (100%)	10	23,9	2,8	7,7	16,2*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA BL 10, no registró toxicidad aguda (Cl<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 50% y un NOAEC de 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: BL 10A**

**Tabla 15.** Condiciones de ensayo agudo por *D. magna* para la muestra analizada.

Parámetros(*)	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10A
pH	-	8,40
Conductividad	µS/cm	205

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-S10-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

**Informe N° 235/2019**

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10A, no registró toxicidad (Tabla 16).

**Tabla 16.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10A
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.- No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10A, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 17).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 17.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett:

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
BL 10A (25%)	10	35,7	2,2	4,7	5,0*
BL 10A (50%)	10	29,1	2,6	6,5	12,2*
BL 10A (100%)	10	19,0	2,4	6,0	20,9*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $\alpha = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10A, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 01 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 235/2019**

**MUESTRA: BL 20**

**Tabla 18.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 20
pH	-	8,00
Conductividad	µS/cm	783

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, BL 20, no registró toxicidad (Tabla 19).

**Tabla 19.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 20
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA, BL 20, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 20).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 235/2019**

**Tabla 20.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
BL 20 (25%)	10	35,7	2,1	4,5	4,5*
BL 20 (50%)	10	31,7	2,5	6,5	8,7*
BL 20 (100%)	10	25,3	2,6	6,9	13,4*

Valor de tabla Dunnett = 3,47 ( $p = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, BL 20, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC 10**

**Tabla 21.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10
pH	-	5,25
Conductividad	$\mu S/cm$	410

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, AC 10, no registró toxicidad (Tabla 22).

**Tabla 22.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - P.O. Box 411 220 90 03 - 220 40 16 - Fax (56-41) 255 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 235/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA AC 10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 23).

<sup>1</sup>LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

<sup>2</sup>NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 23.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
AC 10 (25%)	10	31,9	2,6	7,0	8,1*
AC 10 (50%)	10	25,3	2,6	6,9	14,0*
AC 10 (100%)	10	22,6	2,5	6,0	16,5*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA AC 10, no registró toxicidad aguda (CL<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC 10B**

**Tabla 24.** Condiciones de ensayo agudo por *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10B
pH	-	8,24
Conductividad	µS/cm	414

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario s.a. - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 235/2019**

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, AC 10B, no registró toxicidad (Tabla 25).

**Tabla 25.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10B
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo, se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA, AC 10B, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 26).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 26.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
AC 10B (25%)	10	27,7	2,4	5,8	15,4*
AC 10B (50%)	10	19,9	2,5	6,3	20,9*
AC 10B (100%)	10	17,9	2,3	5,2	21,9*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $p = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Casilla 160-C - Fono: (56) 41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56) 41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl





**Informe N° 235/2019**

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 103, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC 20**

**Tabla 27.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 20
pH	-	8,25
Conductividad	µS/cm	432

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 20, no registró toxicidad (Tabla 28).

**Tabla 28.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 20
Toxicidad aguda 24 h - $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h - $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo: se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: AC 20, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 29).

LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 235/2019**

**Tabla 29.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,9	2,2	4,8	
AC 20 (25%)	10	26,7	2,3	5,3	13,7*
AC 20 (50%)	10	18,0	2,4	5,6	22,1*
AC 20 (100%)	10	16,2	2,4	5,7	23,9*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05) (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 20, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: JU 10**

**Tabla 30.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada.

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		JU 10
pH		8,31
Conductividad	µS/cm	301

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: JU 10, no registró toxicidad (Tabla 31).

**Tabla 31.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		JU 10
Toxicidad aguda 24 h - $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h - $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**Informe N° 235/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo, se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: JU 10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 32).

LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 32.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,5	2,2	4,8	
JU 10 (25%)	10	32,1	2,8	8,1	-8,4*
JU 10 (50%)	10	24,1	1,9	3,7	-16,1*
JU 10 (100%)	10	22,8	2,3	5,3	-17,3*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: JU 10, no registró toxicidad aguda ( $LC_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.


  
 Firmado digitalmente por  
 Roberto Urrutia Paez  
 Nombre de acreditación (DN):  
 c=CL, st=DF, B=BOB, O=Instituto de Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico, cn=Roberto Urrutia Paez  
 email=ro.urrutia@eula.cl  
 Fecha: 2019.05.09 09:38:53 -0500

**Dr. Roberto Urrutia P.**  
Supervisor Analítico de Bioensayos

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**Anexo 2-5: Bioensayos de toxicidad del relave de Codelco-Andina.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión: 5.0	

Informe N° 251/2019

TITULAR DEL PROYECTO	: CODELCO ANDINA.
DIRECCIÓN FUENTE EMISORA	: Barrio Universitario s/n, Concepción.
SOLICITADO POR	: Dr. Claudio Valdovinos.
FUENTE / ACTIVIDAD	: CODELCO ANDINA.
TIPO DE MUESTRA	: RIL
I.A. ANÁLISIS / CODIGO	: Johanna Beltrán C. / 20115 (Centro EULA - Chile).
I.A. MUESTREO / CODIGO	: No aplica.
PROGRAMA MUESTREO	: ATE-2019-CRVZ-11.
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	: NCh 411/10 Of. 2005.
MUESTREADO POR	: Centro Eula - Chile, Universidad de Concepción.
FECHA DE MUESTREO	: 30/01/2019
LUGAR DE MUESTREO	: Los Andes.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 01/02/2019
FECHA EMISIÓN DE INFORME	: 15/03/2019
INST GEST.AMB. APLICABLE	: No aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA-Chile.**

Toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i>	: NCh 2083 Of (1999).
Toxicidad crónica con <i>Daphnia magna</i>	: US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300. Daphnid Chronic Toxicity Test. USEPA, 712-C-96-120.

La mantención de los cultivos de dáfidos y los bioensayos de toxicidad aguda con *D. magna* se realizaron de acuerdo a la NCh 2083 Of. 1999. En primer lugar se efectúa un test preliminar con diluciones de la muestra de 100%, 50%, 25%, 12,5% y 6,25%; en base a estos resultados, se hizo el test definitivo dentro del rango de diluciones adecuadas para obtener la concentración de inhibición de movilidad 50 (CI<sub>50</sub>) (1). Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad aguda se muestra en la Tabla 1. El método estadístico para la obtención del CI<sub>50</sub>, corresponde al método Probit (USEPA, 1991).

Para comparar el efecto de la muestra sobre la reproducción de *D. magna* con respecto al control, se trabaja en base a los resultados del bioensayo agudo, por lo tanto, se utiliza un intervalo de diluciones generalmente en progresión geométrica, donde la mayor es aquel valor en el cual no se observa mortalidad sobre la población experimental. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad crónica se muestra en la Tabla 2. Se utilizó el programa estadístico TOXSTAT (versión 2.1) para determinar las diferencias significativas entre la muestra y el control del laboratorio.

Nota:

(1) CI<sub>50</sub>: Concentración de muestra que inmoviliza el 50% de los organismos en 24 y 48 horas de exposición expresada en porcentaje de muestra a en mg/L de acuerdo a la NCh 2083 Of. 1999.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-D - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 96  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 251/2019

**Tabla 1.** Resumen de las condiciones de ensayos agudos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático sin renovación
2. Duración de la prueba	24 y 48 horas
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperíodos	Oscuridad
5. Edad de los organismos	Neonatos de ≤ 24 hrs.
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L expresada como CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Criterio de toxicidad	Inhibición de movilidad (Cl <sub>50</sub> )
8. Criterio de aceptabilidad	Movilidad de controles ≥ 90%

**Tabla 2.** Resumen de las condiciones de ensayos crónicos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático con renovación
2. Duración de la prueba	21 días
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperíodo	16 hrs. luz; 8 hrs. oscuridad
5. Tratamiento	Según Cl <sub>50</sub>
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L CaCO <sub>3</sub> . pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Régimen de alimentación	Día por medio
8. Efecto	Reproducción
9. Criterio de aceptabilidad	Sobrevivencia de controles >80%

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desahucio libre del espíritu

Centro Universitario CH - Casilla 160-D - Fono: (56-41) 299-80 00 - 299-80 18 - Fax: (56-41) 299-70 76  
Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 251/2019

**Tabla 3.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada.

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		Relave
pH	-	11.05
Conductividad	µS/cm	2432

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

## RESULTADOS

### Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA; Relave, no registró toxicidad (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		Relave
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario de Concepción - Calle 190-D - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl

**7** AÑOS  
 DE EXPERIENCIA  
 EN EL SERVICIO

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-610-01	Versión 5.0	

Informe N° 251/2019

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%. Debido a la mortalidad de la totalidad de los individuos expuestos a la muestra sin diluir (100%), a los 4 días de haber comenzado el análisis, se repitió el ensayo con la muestra diluida en un 50%, 25% y 12,5%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: Relave, se registró un LOAEC de 12,5% y un NOAEC < 12,5% de dilución de la muestra (Tabla 5).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

†NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 5.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	46,5	2,0	3,8	
Relave (12,5%)	10	34,3	2,5	6,0	11,5*
Relave (25%)	10	24,1	2,3	5,4	21,0*
Relave (50%)	10	15,4	2,7	7,4	29,2*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56) 41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56) 41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

Informe N° 251/2019

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA; Relave, no registró toxicidad ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición, mientras que el bioensayo crónico con *D. magna* registró un LOAEC de 12,5% y un NOAEC < 12,5% de dilución de la muestra.



Firmado digitalmente por  
 Roberto Urrutia Urrutia P.  
 Fecha de reconocimiento:  
 2019.03.08 09:00:00  
 =Concepción, Chile=

**Dr. Roberto Urrutia P.**  
Supervisor Analítico de Bioensayos

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Concepción 4070000 - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 78  
Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl



**Anexo 2-6: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N° 237/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: Manual Eula Basado en: Sediment sampling gukte and methodologies. Ohio EPA - Nov.2001
<b>MUESTREO POR</b>	: Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 01/02/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 14/03/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Arsenico	: EPA-3050-B (Digestión) - 3114 B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cadmio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cobre	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cromo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el destinatario libre del espíritu

Centro Universitario s/n - Casilla 150-C - Fono (56-41) 520 40 03 - 220 40 10 - Fax (56-41) 520 70 70  
Concepción, Chile - Email: info@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 237/2019**

Hierro	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Manganeso	: EPA-245.5 (Digestión) - 3112B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Materia Organica Total	: Métodos de análisis recomendados para Gobierno de Chile Ministerio de los suelos de Chile Revisión 2006. Agricultura, INIA y Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo. Método 1.1, Preparación de las muestras. Método 7.2, Pérdida por calcinación.
Mercurio	: EPA-245.5 (Digestión) - 3112B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Molibdeno	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Plomo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Zinc	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Fin el documento tiene del científico



Avenida Mariposa, 11, Valdivia 5110000 - Fono: (56) 41 226 40 00 - 226 40 100 - Fax: (56) 41 226 40 00  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 237/2019**

Parámetros en Sedimentos (1)	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (2)
Aluminio	mg/kg	16704	6356	11973	12234	13719	22-02-18
Arsenico	mg/kg	33,21	26,12	36,05	19,96	25,09	22-02-18
Cadmio	mg/kg	5,111	1,914	4,788	3,473	3,831	22-02-18
Cobre	mg/kg	623,5	697,1	270,1	188,8	181,3	22-02-18
Cromo	mg/kg	18,61	11,30	26,48	12,80	15,28	22-02-18
Hierro	mg/kg	41802	24258	44612	35160	37316	22-02-18
Manganeso	mg/kg	1225	871,32	867,89	1086	1059	22-02-18
Materia Organica Total	%	1,1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	10-02-18
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	22-02-18
Molibdeno	mg/kg	1,565	77,58	6,588	0,233	2,340	22-02-18
Plomo	mg/kg	11,72	12,92	5,932	6,094	5,340	22-02-18
Zinc	mg/kg	149,5	134,7	52,77	75,41	67,44	22-02-18

**Nota:**

- (1) Presentación y envases proporcionado por el Laboratorio de Ensayo EULA-CHILE.
- (2) Fecha corresponde al inicio de la realización del análisis.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Para el documento tiene del científico


  
 Avenida Mariscal Armada - 11.º Valle 180.000 - Fono: (56-51) 2260.40.00 - 2260.40.10 - Fax: (56-51) 2260.30.00  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 237/2019**

Parámetros en Sedimentos (1)	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (2)
Aluminio	mg/kg	13972	16973	15965	14088	17834	22-02-19
Arsenico	mg/kg	24,37	24,49	22,91	22,29	18,19	22-02-19
Cadmio	mg/kg	3,936	4,260	3,645	4,211	3,582	22-02-19
Cobre	mg/kg	241,3	95,30	50,53	50,70	<0,013	22-02-19
Cromo	mg/kg	17,55	17,51	12,36	11,93	14,14	22-02-19
Hierro	mg/kg	39247	41015	36097	37901	34784	22-02-19
Manganeso	mg/kg	1046	947,1	1003	936,1	935,0	22-02-19
Materia Organica Total	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	10-02-19
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	22-02-19
Molibdeno	mg/kg	2,776	0,452	<0,025	<0,025	<0,025	22-02-19
Piomo	mg/kg	6,943	8,745	7,395	9,606	11,40	22-02-19
Zinc	mg/kg	63,53	65,20	70,89	78,38	76,83	22-02-19




**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal




**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio*  
*Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Para el documento tiene del cliente:

Avenida Mariscal Armada - 11.000 180 00 - Fono: (56-51) 2200 40 00 - 2200 40 10 - Fax: (56-51) 2200 30 00  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Anexo 2-7: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios Ambientales</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 238/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREADO POR</b>	: Cliente
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 07/02/2019 <sup>(1)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 06/03/2019
<b>INST GEST. AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

#### METODOLOGÍA:

##### Granulometría:

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue tamizada a 2000µm. La fracción menor a 2000 µm fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumentó entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott, 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

<sup>(1)</sup> - fecha de recepción en laboratorio de Sedimentología

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

Reino Universitario s/n - Concepción, Chile - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 78 - Fax: (56-41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - Correo: eula@eula.uchile.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 238/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
C	2,52	2,12	1,57	4,71	Arena fina
23	2,67	1,73	1,96	7,13	Arena fina
28	3,91	1,34	1,92	8,38	Arena muy fina
BL10	1,05	1,28	2,47	12,73	Arena gruesa
BL10A	2,57	1,99	1,19	4,32	Arena fina
BL20	3,44	1,98	0,93	3,23	Arena muy fina
AC10	3,50	1,68	1,65	5,82	Arena muy fina
AC10B	1,96	1,22	2,68	12,91	Arena media
AC20	1,36	1,44	2,62	11,57	Arena media
JU10	1,67	1,21	1,52	8,89	Arena media

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Mayor selección	Asimetría muy fina	Muy platocúrtica
Bien seleccionado	Asimetría fina	Platocúrtica
Mediamente bien seleccionado	Simétrica	Mesocúrtica
Mediamente seleccionado	Asimetría gruesa	Leptocúrtica
Poco bien seleccionado	Asimetría muy gruesa	Muy leptocúrtica
Mayormente seleccionado		
Mayormente mal seleccionado		
Mal seleccionado		

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del espíritu



Barrío Universitario s/n - Casilla 160-0 - Fono (56) 41 220 50 00 - 220 40 18 - Fax (56) 41 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 238/2019

**RESULTADOS**

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
C	20	80	0
23	14	86	0
28	37	63	0
BL10	3	97	0
BL10A	21	79	0
BL20	34	66	0
AC10	25	75	0
AC10B	5	95	0
AC20	5	95	0
JU10	3	97	0

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

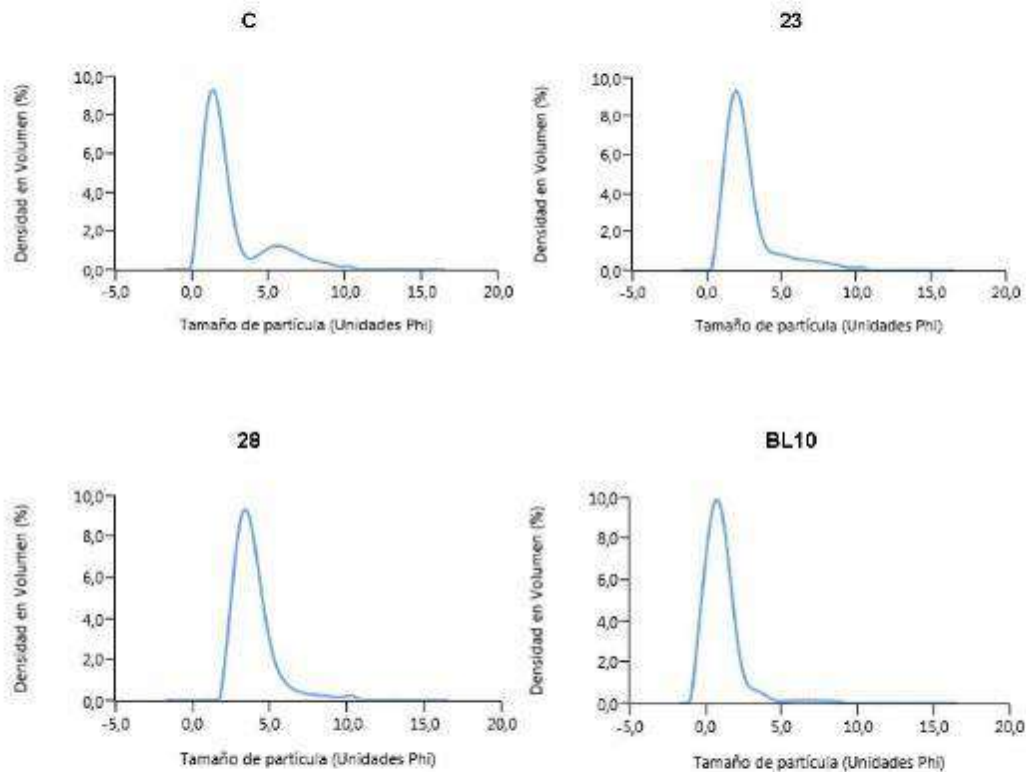
Por el desarrollo libre del espíritu

Recinto Universitario Sur - Casilla 150-D - Pajaritos (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uadec.cl - www.eula.cl



Informe N° 238/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decanato libre del espíritu

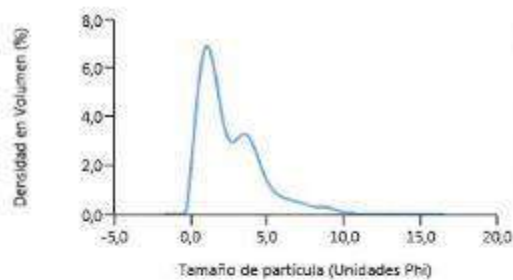
Mayo Universitario s/n - Casilla 160-D - Fono: (56-41) 200 40 00 - 200 40 18 - Fax: (56-41) 200 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: [publico@uco.cl](mailto:publico@uco.cl) - [www.uco.cl](http://www.uco.cl)



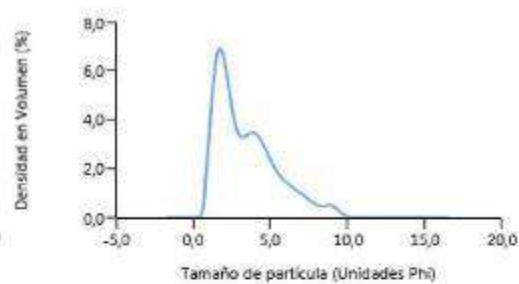
 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 238/2019

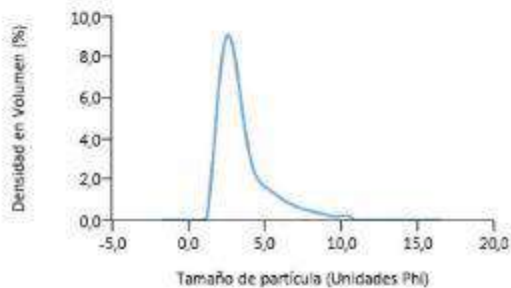
**BL10A**



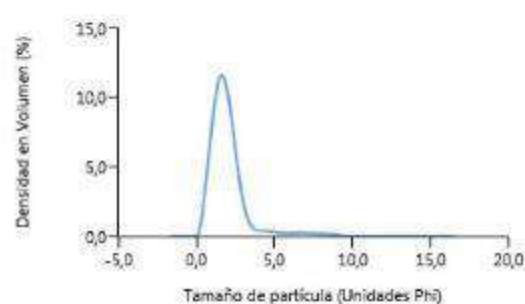
**BL20**



**AC10**



**AC10B**



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

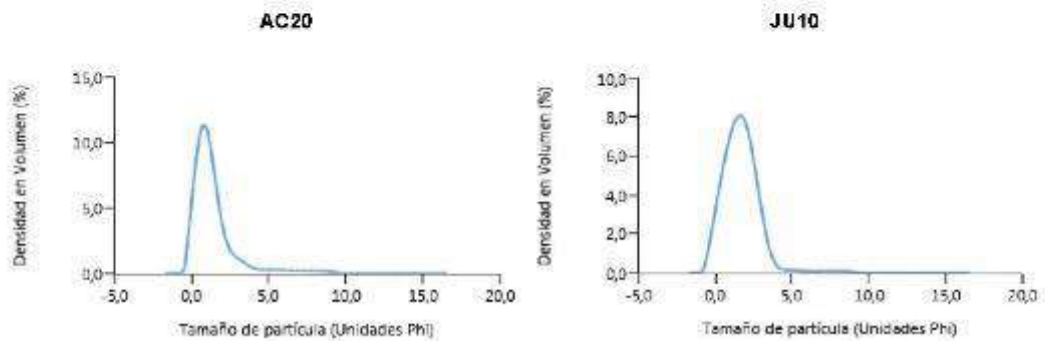
Por el decanato libro del espíritu



Barrío Universitario s/n. - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 222 40 10 - Fax (56-41) 229 70 70  
Calle República, 518 - E-mail: info@eula-chile.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Ensayos y Control de Calidad</small>
--	--	--

Informe N° 238/2019



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decanato libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
Concepción - Chile - E-mail: [info@buc.cl](mailto:info@buc.cl) - [www.buc.cl](http://www.buc.cl)



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-0	Versión 5.0	

Informe N° 238/2019

### Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus International. 2000. Diffraction for particle size analysis - why use Mie theory? Malvern Instruments Ltd. England.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.



  
 Firmado y sellado por Alberto Arnedo  
 Director del Laboratorio de Sedimentología  
 del IIAE (FONDECYT 1000000)  
 Colección de Universidades  
 Concepción, Chile (Mg)  
 11. Alameda de la Armada  
 4070000  
 051 909 500 000  
 051 909 500 000

Dr. Alberto Arnedo  
Laboratorio de Sedimentología

DAS/AEAC

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo de este informe:

Centro Universitario de - Casillo 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uconcepcion.cl - www.uconcepcion.cl



**Anexo 2-8: Informe de laboratorio de la química del relave.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	In de

**Informe N° 263/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: RIL
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh-411/10Of. 2005
<b>MUESTREO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 01/02/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 08/03/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA - Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Arsénico Total	: NCh 2313/9 Of. 96.
Cadmio Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Cianuro	: NCh 2313/14 Of. 97.
Cobre Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Cromo Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Manganeso Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Mercurio Total	: NCh 2313/12 Of. 96.
Molibdeno Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Plomo Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Sulfato	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition
Zinc Total	: NCh 2313/25 Of. 97.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el director del Área de Análisis

Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas - Avenida 180-02 - Fono: (51) 2291 40 100 - 2291 40 101 - Fax: (51) 2291 40 206  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl







 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	-112

**Informe N° 263/2018**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	Relave	Fecha (1)
Aluminio Total	mg/l	1661	01-02-18
Arsénico Total	mg/l	1,88	01-02-18
Cadmio Total	mg/l	0,317	01-02-18
Cianuro	mg/l	0,0109	01-02-18
Cobre Total	mg/l	50,39	01-02-18
Cromo Total	mg/l	1,939	01-02-18
Manganeso Total	mg/l	84,80	01-02-18
Mercurio Total	mg/l	0,0021	01-02-18
Molibdeno Total	mg/l	3,251	01-02-18
Plomo Total	mg/l	1,385	01-02-18
Sulfato	mg/l	1747,50	01-02-18
Zinc Total	mg/l	9,332	01-02-18

**Nota:**

- (1) Fecha correspondiente al inicio de la realización del análisis.

**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal





**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

Firmado digitalmente por  
Johanna Beltrán C.  
Codigo  
Nombre de reconocimiento  
DN: c=CL, o=EULA BIOLOGIA,  
ou=Concepción,  
ou=Universidad de  
Concepción, ou=Centro  
de Estudios Ambientales,  
ou=Johanna Beltrán  
C., email=jbeltran@eula.cl,  
serial=20180208154007  
+0300

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu


  
 Museo Etnográfico - Casilla 140-0 - Fono: 56 41 226 4700 - 226 47 18 - Fax: 56 41 226 30 76  
 Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl

**Anexo 2-9: Informe de terreno del muestreo del relave.**



Universidad de Concepción

INFORME DE MUESTREO

LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CÓDIGO ESTACIONES  
LABORATORIO 76001500-MC-100-1/2002-03-000



Código: LEE-FOR-027-17	Versión 2	n/a	
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	Informe N°: 26502012	No. I.A.S.	
Empresa solicitante: Gobierno Regional de Concepción	Comisión Ambiental del Gobierno de Chile	Comisión de Vigilancia	Desarrollador:
Proyecto: Eureka	ASAP - Centro de Estudios Ambientales	Fecha de entrega:	26-09-19
Ciudad: Puerto Montal	Carretera Terceira 915, Los Andes	Ciudad: Concepción	SN
Comunidad: UTU - Comunidad 134	Verónica	Nº de Muestra:	30-11-2010
Actividad: Estudios	San Vicente	Fecha de Muestreo:	14
Responsable Técnico EULA-CHILE:	Dr. Cristian Espinoza	Categoría:	30-075-100-4
Responsable Técnico Solicitante:	Dr. Claudio Valdivia	Categoría:	Técnico Centro EULA

ANTECEDENTES

Centro EULA-CHILE, a cargo de los Sres. Corporación Nacional del Cobre de Chile (en adelante, "CNC") y sus sucursales, con domicilio en la ciudad de Concepción, Chile, solicita a este laboratorio que realice el análisis de metales pesados en base a normalización de acuerdo a la ley de agua potable y saneamiento básico.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO

Método: N° 4500-4 B Standard

Material: Filtrado de agua de Muestreo: Líquido de muestra: Líquido de muestra: Líquido de muestra

ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA-CHILE

Conductividad: 2510 B Standard Método 2510 F Standard

pH: 4500-4 B Standard Método 2510 B Standard

Temperatura: 2500 B Standard Método 2510 B Standard

ANTECEDENTES DEL MONITOREO

Número de muestra	Todo muestra	Todo muestra	Cada 250 monitores
Agua: <input type="checkbox"/> Agua: <input type="checkbox"/> Muestra: <input type="checkbox"/> Muestra: <input type="checkbox"/>	Paros: <input type="checkbox"/> Muestra: <input type="checkbox"/>	Paros: <input type="checkbox"/> Muestra: <input type="checkbox"/> Cond. 250: <input type="checkbox"/> Cond. 250: <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/>
Fecha de muestreo: 30-11-2010	Fecha final de muestreo: 30-11-2010	Fecha de entrega: 11-12	24 <input type="checkbox"/>
Horario de muestreo: 11:00	Horario de entrega: 11:00	Fecha de entrega: 11-12	30 <input type="checkbox"/>
Horario de entrega: 11:00	Horario de entrega: 11:00	Fecha de entrega: 11-12	Cero <input type="checkbox"/>

EQUIPOS DE TERRENO UTILIZADOS

Equipo	Código	Nro. Serie	Características	
Medidor de pH	H-111	4-780	Presión: <input checked="" type="checkbox"/>	Flujo: <input type="checkbox"/>
Temperatura	H-111	4-780	Presión: <input checked="" type="checkbox"/>	Flujo: <input type="checkbox"/>
Cond. Conductividad	25-45	4-780	Presión: <input type="checkbox"/>	Flujo: <input checked="" type="checkbox"/>
Muestreo de agua	25-45	4-780	Presión: <input type="checkbox"/> Especifico: <input type="checkbox"/> Manifold: <input type="checkbox"/>	Flujo: <input type="checkbox"/>
Temperatura	25-45	4-780	Presión: <input type="checkbox"/> Especifico: <input type="checkbox"/>	Flujo: <input type="checkbox"/>
Temperatura	25-45	4-780	Presión: <input type="checkbox"/> Especifico: <input type="checkbox"/>	Flujo: <input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES EN TERRENO


ENTREGA DE MUESTRAS

Libre de todo Ensayo: Centro EULA-CHILE	
Responsable de entrega de muestras:	Dr. Claudio Valdivia
Responsable de recepción de muestras:	Dr. Cristian Espinoza
Fecha de entrega de muestras:	11-12-2010
Fecha de recepción de muestras:	11-12-2010

Este documento es válido solo en original y con el "F" de la impresión. Respetivamente.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA-CHILE.

Por el desarrollo de los servicios



Reducción de emisiones: Calle 1400 - Fono: (56-9) 590 4000 - 2000 18 - Fax: (56-9) 590 79 30  
Corporación Chile - Energía Sustentable y Ambiente

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código : LEE-FOR-507-17	Versión 2	

Informe N° 285/2019

Pág. 2 de 3

Empresa solicitante : Corporación Nacional del Cobre de Chile  
 Fuente emisora : CISALE – CODESA División Antina  
 Punto de Muestreo : Ver Detalle

**MUESTREO COMPUESTO-TEMPERATURA PRIMERA MUESTRA**

\*\* Pto. Muestreo Compuesto:  
 Temperatura primera muestra: N/A  
 Temperatura al inicio del muestreo, °C: N/A  
 Temperatura recepción laboratorio, °C: N/A  
 Flujo promedio 24 horas : /s : N/A

Punto Muestreo	Fecha	Hora	Conductiv. µS/cm	pH	Temp. °C
Relve	30 ene	11:00	2432	11,06	20,8

Verificación de pH				Verificación Conductividad			
Aceptabilidad pH 10,02				84 µS/cm (83,16 y 84,84 µS/cm )			
				1413µS/cm (1399,13 y 1427,03µS/cm )			
Fecha	valor buffer	lectura equipo	V*B*	Fecha	Estándar µS/cm	lectura equipo	V*B*
00 01 1800	7,00	6,90	✓	00 01 1800	1413,0	1410	✓

Nota: Factores de pH y Conductividad: variables N/A.

Buffer Ph 7 lote N° : HC6789738

Factor Conductividad 84 µS/cm lote N° : 0304

Factor Conductividad 1413 µS/cm lote N° : 5610

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

*Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el decano/a libre del espíritu



ANEXO



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

*Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*


Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal


Sr. Cristian Espinoza H.  
Muestreo y medición

Por el desarrollo libre del espíritu



**Anexo 2-10: Informe de laboratorio de la granulometría del relave.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 264/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Ri
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREO POR</b>	: Centro Eula
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 01/02/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 09/05/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**METODOLOGÍA:**

*Granulometría:*

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue tamizada a 2000µm. La fracción menor a 2000 µm fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumento entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blatt 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del espíritu



Rovito Universidad de Concepción - Casilla 160-C - Fono: (56-21) 200 00 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@ucon.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 264/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
Relave	6,78	1,64	0,11	2,49	Limo medio

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Muy bien seleccionada < 0,35	Asimetría muy fina < 0,10	Muy poco cóncava < 0,70
Bien seleccionada 0,35 – 0,50	Asimetría fina 0,45 – 0,70	Platocónica 0,70 – 0,85
Mediamente bien seleccionada 0,50 – 0,70	Simétrica 0,45 – 0,45	Mesocónica 0,85 – 0,70
Mediamente seleccionada 0,70 – 1,00	Asimetría gruesa 0,45 – 1,30	Loprocónica 0,70 – 0,61
Poco bien seleccionada 1,00 – 2,00	Asimetría muy gruesa 0,45 – 1,30	Muy apocónica 0,61
Muy pobremente seleccionada 2,00 – 4,00		
Extremadamente mal seleccionada > 4,00		

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
Relave	96	4	0

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del espíritu



Barrío Universitario s/n - Casilla 160-0 - Fono: (56) 41 220 40 00 - 220 40 16 - Fax: (56) 41 220 70 76  
 Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl

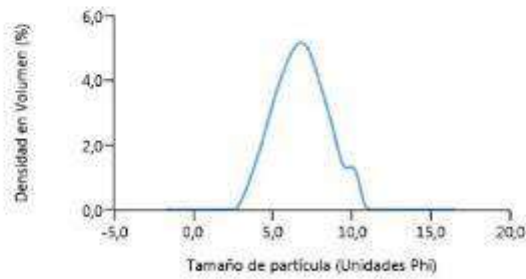


 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-190 17025-Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 264/2019

**RESULTADOS**

Figura 1. Curva de frecuencia de tamaños de partículas



**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu



Rede Universitaria S.A. - Calle 180 E - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 78  
Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CÓDIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:01, 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 264/2019

### Bibliografía

- Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.
- Labplus internacional. 2000. Diffraction for particle size analysis - why use Mie theory? Makern Instruments Ltd. England.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

  
**Dr. Alberto A. Arredondo**  
Laboratorio de Sedimentología

Financiado por el Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) a través de la cooperación Universidad de Concepción - Universidad de Cambridge, en el marco del convenio de cooperación EULA-CHILE 021-03, suscrito el 12 de agosto de 2010.

DAS/AEAC

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu  
Banco Universitario s.a. - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 70  
Concepción, Chile - E-mail: [info@bancu.cl](mailto:info@bancu.cl) - [www.bancu.cl](http://www.bancu.cl)



**Anexo 2-11: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión: 5.0	Inicio

**Informe N°239/2019**

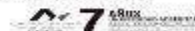
<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: APHA, 2017 10500 B. Standard Methods 23th Edition.
<b>MUESTREADO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 30/01/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 01/02/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 09/10/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS ETFA 021-03 (UDEC EULA)**

Zoobentos cuantitativo : Benthic macroinvertebrates – Sample processing and analysis

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el decano/director del estudio



Centro de Estudios Ambientales - Casilla 16000 - Fono: (56) 41 220 92 00 - 200 92 10 - Fax: (56) 41 220 92 00  
Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LFF-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Ciencias Ambientales
	Versión 5.0	

**Informe N°239/2019**

Taxa	C	C	C	C	23	23	23	23	28	28	28	28
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Umnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Lphemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridolalis laminata</i> (Lphemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridolalis diguillina</i> (Lphemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Meridolalis chilacensis</i> (Lphemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Massartellipsis lamazavali</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penaphibia barrai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops acruatanus</i> (Ephemeroptera)	1	0	2	3	0	1	1	0	1	0	1	0
<i>Andesiops tarrens</i> (Lphemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microulella</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cixiidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blépharoceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	9	4	5	12	1	0	0	1	0	0	2	3
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arannae (Araneida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LFF-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005</b>	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
	Versión 5.0	

**Informe N°239/2019**

Taxa	BL10		BL10		BL10		BL10A		BL10A		BL20		BL20		BL20	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Limnoperla jeffueli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	6	2	1	0	1	10	6	1			
<i>Meridolania laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridolania diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridolania chilensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mosartellopsis tarcomani</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2			
<i>Moussia bella</i> (Ephemeroptera)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penophlebia barrioi</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops peruviana</i> (Ephemeroptera)	4	1	1	3	0	6	1	0	1	0	2	1				
<i>Andesiops tarrao</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	1	3	0	0	15	2	4	2	5	2	1	3				
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachystodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0				
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atheriidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	5	13	0	2	1	2	15	2				
Tipulidae (Diptera)	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limonio</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	12	6	4	8	12	8	14	9	8	1	6	7				
Oxychuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubificx</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8	1	6				
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Inc./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LFF-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios y Análisis

**Informe N°239/2019**

Taxa	AC10	AC10	AC10	AC10	AC10B	AC10B	AC10B	AC10B	AC20	AC20	AC20	AC20
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	0	1	0	0	2	8	1	9	15	4	3	14
<i>Meridolania laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridolania diguilina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridolania chilensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mosartolopus irrazavali</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penophlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	2	0	1	0	2	1	1
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	5	2	2	1	9	1	2	1
<i>Mosigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasericosoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	1	0	1	6	17	6	3
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	2	3	7	6	1	0	0	0	1	0	2	0
Simuliidae (Diptera)	1	0	0	0	1	1	8	2	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Blepharoceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	20	12	6	12	23	9	15	6	2	1	3	6
Onychiuridae (Collembola)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hydracarina (Acari)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tubifer</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,05 m<sup>2</sup>).

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Evaluación de Laboratorios
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Final

Informe N°239/2019

Taxa	JU10	JU10	JU10	JU10
	1	2	3	4
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	2	2	0	0
<i>Meridialaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Meridialaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Meridialaris chilopensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Massartellopsis korzavali</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Nausia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	1	0	0	0
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
Hydrbiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Smicneta</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	1
Ceratopogonidae (Diptera)	1	0	1	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	3	5	0	1
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	25	6	22	31
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0
Hydracarina (Acarí)	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	1	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	1	0	1	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0

  
  
**Dr. Claudio Valdovinos**  
 Supervisor Laboratorio de Macrofauna

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**



**Anexo 2-12: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**

Evaluación del hábitat para la biota acuática, en el muestreo 2 (30 enero 2019). A= Ausente; P= Presente; Va = Vegetación herbácea prácticamente ausente; B= Vegetación herbácea escasa compuesta por coirones; C = Presencia de vegetación arbustiva escasa; D= presencia de moderada vegetación arbustiva; E = Cuencas y subcuencas deshabitadas; F= Cuenca intervenida; MOCST= Materias que incluyendo radio nucleídos en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan olor, color, sabor o turbiedad objetable; MSDO= Materias que sedimenten formando depósitos objetables; P&H= Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos; P= Presente; RSB = Rápidos someros con bolones; SFV & ENN= Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales; VAI= Substancias y condiciones o combinaciones de éstas en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable.

Componente / parámetros	C	23	28	BL10	BL10a	BL20	AC10b	AC20	JU10
<b>1. Calidad del agua</b>									
MOCST	A	A	A	A	A	A	A	A	A
MSDO	A	A	A	A	A	A	A	A	A
P&H	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SFV&ENN	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VA	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Color	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb
<b>2. Variables estructurales del hábitat</b>									
Ancho medio del cauce inundado (m)	18	12	13	17	11	13	28	10	10
Tipo de sustrato	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón
Entorno directo	C	C	C	D	D	D	D	D	Bn/Ma
Entorno indirecto	F	F	F	F	F	F	F	F	D
Flora acuática vascular	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Presencia de algas filamentosas	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Tipo de ambiente	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB
Profundidad media (m)	0,11	0,15	0,13	0,30	0,15	0,30	>1	0,12	0,20
Evaluación del hábitat fluvial EPA (1999)									
- Substrato para epifauna/cobertura	15	15	15	15	5	5	5	15	15
- Caracterización del sustrato	10	10	10	10	5	10	10	10	15
- Variabilidad del cauce	10	10	10	15	15	15	15	15	10
- Depositación de sedimento	10	10	10	15	10	5	10	10	10
- Estatus del flujo del cauce	15	15	15	15	20	20	20	10	10
- Alteración del cauce	10	10	10	15	15	20	20	20	20
- Sinuosidad del cauce	10	10	10	10	10	10	10	15	10
- Estabilidad de riberas	5	5	5	10	10	10	10	5	10
- Protección vegetal	0	0	0	5	5	10	10	5	5
<b>3. Calidad del bosque de ribera</b>									
Índice QBR	5	5	10	45	50	55	55	55	35
<b>4. Caracterización hidráulica</b>									
Velocidad media (m/s)	0,14	0,18	0,11	0,22	0,25	0,13	0,22	0,10	0,28
<b>5. Caracterización sedimentológica</b>									
Diámetro medio de los bolones (mm)	12	11	10	25	20	20	20	10	28
Diámetro máximo de los bolones (mm)	25	25	50	100	70	140	65	25	70
Grado de enfangamiento de los bolones (%)	30	30	30	10	30	30	30	30	10
Roca madre (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolones (%)	85	80	85	80	80	85	80	85	80
Grava (%)	5	10	5	10	10	5	10	5	15
Arena/fango (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	5
Macrófitas sum. (%) algas filamentosas (%)	<5	<5	<5	5	<5	0	<5	10	5
Grandes residuos leñosos (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camadas de hojas (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofila bentónica total (mg/cm <sup>2</sup> )	0,0009	0,0002	0,0025	0,0010	0,0011	0,0002	0,0012	0,0089	0,0015

**ANEXO 3: Resultados de la campaña 3 del 16 de abril del 2019**

**Anexo 3-1: Informe de terreno.**



**Universidad  
de Concepción**

**INFORME DE MUESTREO**

LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE | CODIGO STRA 021-03  
Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025-01:2005



Código : LEE-FOR-607-17

Versión 2

Inicio

**IDENTIFICACIÓN**

Informe N° 707/2019

Pag. 1 de 5

Empresa solicitante / Titular del Proyecto	: Corporación Nacional del Cobre de Chile	Comuna/ Región	: Los Andes / V
Fuente Emisora	: GSAE – Codalco División Andina	Fecha de emisión	: 25-04-2019
Dirección Fuente emisora	: Santa Teresa 513, Los Andes	C. de T./Cadena C.	: 189
Georreferenciación UTM, Datum WGS84	: Ver Anexo	N° de Muestras	: 10
Punto de Muestreo	: Ver Detalle	Tipo de Muestra	: Agua Superf./Sedimentos
Responsable Monitoreo EULA - Chile	: Sr. Cristian Espinoza H.	Código/A	: 10.579.309-K
Responsable Monitoreo Solicitante	: Dr. Claudio Valdovinos	Cargo	: Investigador Centro EULA

**ANTECEDENTES**

**Centro EULA- CHILE**, a solicitud de los **Sres. Corporación Nacional del Cobre de Chile** ha realizado monitoreo y análisis de Aguas Superficiales y Sedimentos con medición en terreno, con el objetivo de realizar un control en base a normativa vigente. El detalle de este monitoreo, se presenta a continuación.

**METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO**

NCH-ISO58876:2015

Manual de Procedimientos de Muestreo: LEE-MDT-507-01, LEE-PRO-507-01, LEE-PRO-507-02

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile**

Conductividad: 2510 B Standard Methods 23th Edition.  
pH: 4500 H B Standard Methods 23th Edition.  
Temperatura: 2550 B Standard Methods 23th Edition.  
Oxígeno Disuelto: 4500 O Standard Methods 23th Edition.

**ANTECEDENTES DEL MONITOREO**

Naturaleza de la muestra		Tipo de muestreo		Tipo de muestra		Duración monitoreo, hr	
Ril <input type="checkbox"/>	Mezcla <input type="checkbox"/>	Manual <input checked="" type="checkbox"/>	Automático <input type="checkbox"/>	Puntual <input checked="" type="checkbox"/>	Compuesta <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/>
Agua servida <input type="checkbox"/>	Aguas Superf. <input checked="" type="checkbox"/>			Tiempo <input type="checkbox"/>	Caudal <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/>
						Otro <input checked="" type="checkbox"/>	
Fecha inicio monitoreo	: 16-04-2019	Fecha término monitoreo	: 16-04-2019				
Hora inicio monitoreo	: 9:45	Hora término monitoreo	: 18:20				
Lugar de Compuesta	: N/A	Hora Compuesta	: N/A				

**EQUIPOS DE TERRENO UTILIZADOS**

Equipo	Código	Nro. Serie	Características			
Medidor de pH	pH-13	HI 9149 B	Portátil	<input checked="" type="checkbox"/>	Linea	<input type="checkbox"/>
Temperatura	pH-13	HI 9149 B	Portátil	<input checked="" type="checkbox"/>	Linea	<input type="checkbox"/>
Conductivímetro	C-15	HI 9142 B	Automático	<input type="checkbox"/>	Manual	<input checked="" type="checkbox"/>
Medidor de caudal	N/A		Área velocidad	<input type="checkbox"/>	Estructura hidráulica	<input type="checkbox"/>
			Manning	<input type="checkbox"/>	Volumétrico	<input type="checkbox"/>
Forma caudal			Tubería	<input type="checkbox"/>	Canal rectangular	<input type="checkbox"/>
Tipo de descarga			Discontinua	<input type="checkbox"/>	Continua	<input type="checkbox"/>
Otro					Dispositivo primario	<input type="checkbox"/>
					Cota	<input type="checkbox"/>

**OBSERVACIONES EN TERRENO**




**ENTREGA DE MUESTRAS**

Laboratorio de Ensayo: <b>Centro EULA- CHILE</b>	
Responsable de entrega de muestras:	: Sr. Cristian Espinoza H.
Responsable de recepción de muestras:	: Sra. Karen Morán
Fecha entrega de muestras:	: 17-04-2019
Hora entrega de muestras:	: 18:00 Hrs.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código: LEE-FOR-507-17	Versión 2	

Informe N° 707/2019

Pag. 2 de 5

Empresa solicitante : Corporación Nacional del Cobre de Chile  
Fuente Emisora : GSAE – Codelco División Andina  
Punto de Muestreo : Ver Detalle

**MUESTREO COMPUESTO-TEMPERATURA PRIMERA MUESTRA**

\*\* Pto. Muestreo Compuesto:  
Temperatura primera muestra: N/A  
Temperatura al inicio del muestreo, °C: N/A  
Temperatura recepción laboratorio, °C: N/A  
Flujo promedio 24 horas l/s : N/A

DATOS DE TERRENO											
Punto Muestreo	Coordenadas Datum WGS84 H-19		Fecha	Hora	Conductiv. µS/cm	pH	Temp. °C	O.Disuelto mgO2/L	Sat. O.Disu. %	Alcalinidad mg/L CaCO3	TDS mg/L
Est-C	8350311,8	382201,6	16-abr	9:45	484	7,78	4,4	8,66	106,1	50,0	262
Est-23	8349100,61	382793,7	16-abr	12:00	484	7,80	9,4	7,34	99,0	62,0	262
Est-28	8350311,8	382201,6	16-abr	12:30	431	7,79	8,6	9,29	107,8	60,0	231
Est-BL10	8353409,6	381153,6	16-abr	13:10	969	7,98	16,2	8,97	108,9	74,0	525
Est-BL10a	8353409,6	381153,6	16-abr	15:00	465	8,18	13,8	8,80	106,0	76,0	251
Est-BL20	8357384,5	378033,5	16-abr	15:40	960	7,39	15,8	7,75	94,4	50,0	509
Est-JU10	8359002,4	378501,9	16-abr	16:20	373	7,96	14,1	9,24	113,3	90,0	207
Est-AC10	8362554,9	368332,2	16-abr	17:00	493	8,31	17,7	11,13	113,4	68,0	270
Est-AC10b	8362554,9	368332,2	16-abr	17:40	595	7,78	11,6	8,46	99,7	66,0	321
Est-AC20	8376248,5	335093,5	16-abr	18:20	614	8,44	14,6	7,30	89,1	76,0	331
Relave	6337823,1	382751,2	16-abr.	10:50	3305	11,07	23,9	3,5	53,7	—	—

Verificación de pH				Verificación Conductividad 84 µS/cm (83,16 y 84,84 µS/cm)			
Aceptabilidad pH ±0,02				1413µS/cm (1398,13 y 1427,13µS/cm)			
Fecha	valor buffer	lectura equipo	V°B°	16-04-2019	Estándar µS/cm	lectura equipo	V°B°
16-04-2019	7,00	7,01	√	16-04-2019	1413,0	1413	√

Nota: Patrones de pH y Conductividad trazables a Nist  
Buffer Ph 7 lote N°: HC67897739  
Patron Conductividad 84 µS/cm lote N°: 0024  
Patron Conductividad 1413 µS/cm lote N°: 9910

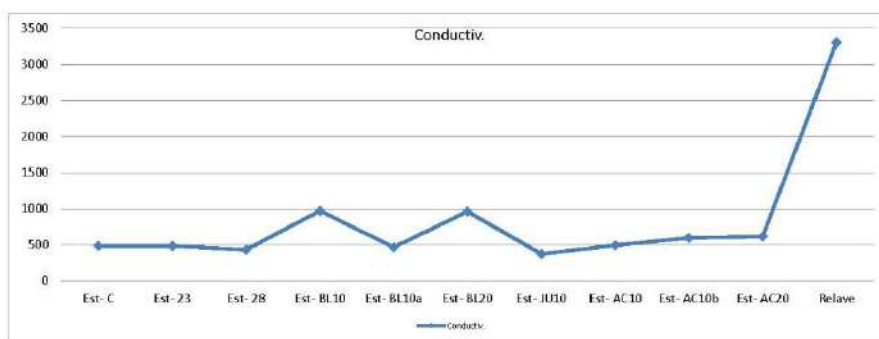
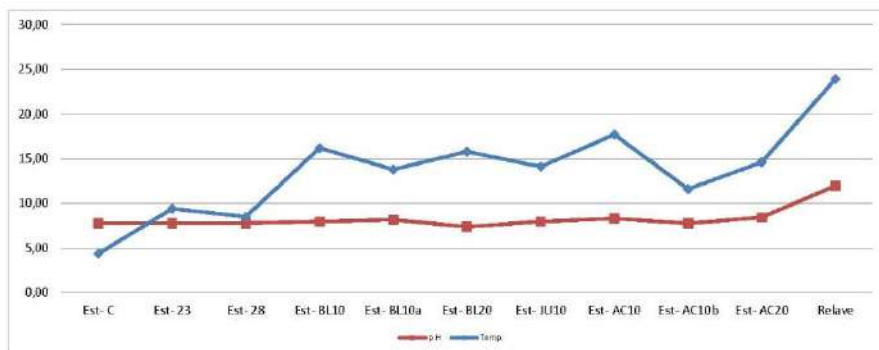
Control de Calidad Oxígeno Disuelto			
Duplicado 1	Duplicado 2	Promedio	% RSD
8,66	8,70	8,68	1,2

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código: LEE-FOR-507-17	Versión 2	

Informe N° 707/2019

Pag. 3 de 5



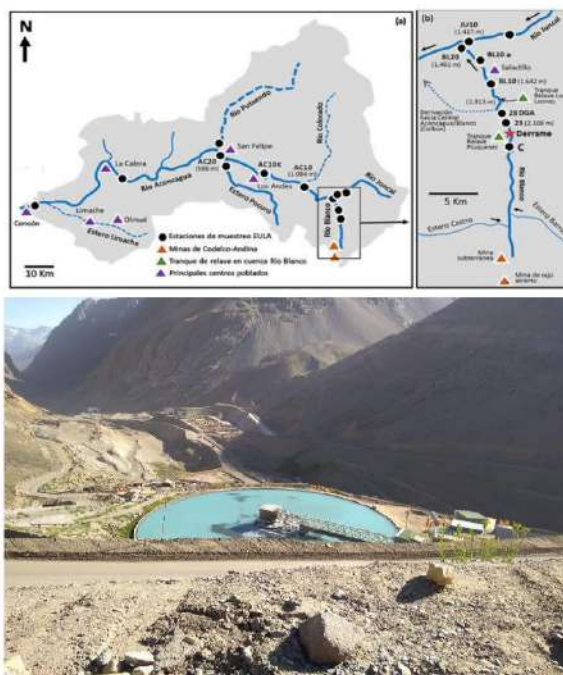
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrío Universitario s/n - Casilla 160 C - Fono (56 41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56 41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udoc.cl - www.eula.cl



ANEXO



**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu







*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**




Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal




Sr. Cristian Espinoza H.  
Muestreo y medición

**Anexo 3-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	In do

**Informe N° 705/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.518-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh ISO 5687/6 :2015
<b>MUESTREO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua, Los Andes.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 17/04/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 14/05/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Arsénico Total	: 3114 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Bario Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Berilio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Boro Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cadmio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cianuro	: 4500 CN - C (Destilación) - 4500 CN – E (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cloruro	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition
Cobalto Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cobre Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Color Verdadero	: 2120 C Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cromo Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del agua

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
Concepción, Chile - E-mail: info@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-43 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 705/2019**

DBO <sub>5</sub>	: 5210 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
DQO	: 5220 D Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Dureza Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Fósforo Total	: 4500-P-E (Cuantificación) - 4500 P-B (Digestion) Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Grasas y Aceites	: 5520-D Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Hierro Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Litio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Manganeso Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Mercurio Total	: 3112 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Molibdeno Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Niquel Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Nitratos	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Nitritos	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Nitrógeno amoniacal	: 4500-Norg-B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Plata Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Plomo Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
R.A.S.	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Selenio Total	: 3114 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sodio Porcentual	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Disueltos	: 2540 C Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Sedimentables	: 2540 F Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Suspendidos Inorgánicos	: 2540-E Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Suspendidos Orgánicos	: 2540-E Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sólidos Suspendidos Totales	: 2540-D Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Sulfato	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Turbiedad	: 2130 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Vanadio Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.
Zinc Total	: 3120 B Standard Methods 23 <sup>rd</sup> Edition.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Por el desarrollo libre del espíritu



Carretera Universidad 411 - Concepción 4090000 - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 705/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (1)
Aluminio Total	mg/l	0,248	0,179	0,357	0,150	1,048	22-04-19
Arsénico Total	µg/l	3,2	3,6	2,5	4,6	7,5	22-04-19
Bario Total	mg/l	0,021	0,020	0,033	0,033	0,035	22-04-19
Berilio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	22-04-19
Boro Total	mg/l	0,024	<0,005	<0,005	0,144	0,086	22-04-19
Cadmio Total	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	22-04-19
Cianuro	µg/l	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	16-04-19
Cloruro	mg/l	12,13	11,86	16,82	58,55	22,30	17-04-19
Cobalto Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	22-04-19
Cobre Total	mg/l	0,1089	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	22-04-19
Color Verdadero	Pt/Co	< 5	< 5	< 5	< 5	6	18-04-19
Cromo Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	22-04-19
DBO <sub>5</sub> (2)	mgO <sub>2</sub> /l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	16-04-19
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	< 2	< 2	75	< 2	< 2	22-04-19
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	275,1	268,7	268,1	568,1	207,0	22-04-19
Fósforo Total	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	22-04-19
Grasas y Aceites	mg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	25-04-19
Hierro Total	mg/l	0,142	0,087	0,449	0,225	1,191	22-04-19
Litio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,017	0,009	22-04-19
Manganeso Total	mg/l	0,248	0,228	0,075	0,003	0,056	22-04-19
Mercurio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	17-04-19
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,015	0,003	22-04-19

Nota:

- (1) Fecha corresponde al inicio de la realización del análisis.  
 (2) Tabla: Inducciones de muestras DBO<sub>5</sub>.

	C	23	28	BL10	BL10A
Temperatura muestreo	4°C	5°C	5°C	8°C	4°C
Hora Muestreo	08:45	12:00	12:30	13:10	15:00
Hora de Inicio de Análisis	06:40	06:40	06:40	08:40	08:40
Tiempo de almacenamiento	22:00:00	22:00:00	22:00:00	19:30:00	17:40:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 706/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (1)
Niquel Total	mg/l	0,004	0,004	0,002	0,001	0,005	22-04-19
Nitratos	mg/l	0,980	0,910	0,620	0,580	0,915	17-04-19
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	17-04-19
Nitrógeno amoniacal	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	16-04-19
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	22-04-19
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	22-04-19
R.A.S.	-	0,24	0,22	0,23	0,75	0,46	22-04-19
Selenio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	22-04-19
Sodio Porcentual	%	6,69	6,17	6,71	13,46	13,70	22-04-19
Sólidos Disueltos	mg/l	366,0	349,0	319,0	783,0	335,0	16-04-19
Sólidos Sedimentables	ml/h	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	16-04-19
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	7,4	1,8	3,6	<1,0	44,0	16-04-19
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	1,5	< 1,0	<1,0	<1,0	3,6	16-04-19
Sól. Suspendidos Totales	mg/l	8,9	2,7	4,4	1,3	47,6	16-04-19
Sulfato	mg/l	165,87	169,72	131,4	370,72	116,86	17-04-19
Turbiedad	NTU	5	3	9	1	23	16-04-19
Vanadio Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	22-04-19
Zinc Total	mg/l	0,0476	0,0370	0,0135	0,0075	0,0230	22-04-19

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:01, 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios y Análisis
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 706/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (1)
Aluminio Total	mg/l	0,126	0,138	1,169	13,34	0,106	22-04-19
Arsénico Total	µg/l	8,8	5,2	6,1	15,9	4,7	22-04-19
Bario Total	mg/l	0,028	0,022	0,028	0,131	0,011	22-04-19
Berilio Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	22-04-19
Boro Total	mg/l	0,071	<0,005	<0,005	0,071	<0,005	22-04-19
Cadmio Total	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	22-04-19
Cianuro	µg/l	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	18-04-19
Cloruro	mg/l	91,74	25,70	31,02	30,75	20,08	17-04-19
Cobalto Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	22-04-19
Cobre Total	mg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0238	<0,0005	22-04-19
Color Verdadero	Pl/Co	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	18-04-19
Cromo Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	<0,001	22-04-19
DBO <sub>5</sub> (2)	mgO <sub>2</sub> /l	1,0	< 1,0	< 1,0	1,6	< 1,0	18-04-19
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	11	2	17	< 2	51	22-04-19
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	252,3	233,1	342,1	183,6	183,4	22-04-19
Fósforo Total	mg/l	0,04	0,02	0,04	0,89	< 0,01	23-04-19
Grasas y Aceites	mg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	25-04-19
Hierro Total	mg/l	0,190	0,152	1,648	17,02	0,080	22-04-19
Litio Total	mg/l	0,012	<0,005	<0,005	0,010	<0,005	22-04-19
Manganeso Total	mg/l	0,064	0,005	0,081	0,791	<0,001	22-04-19
Mercurio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	17-04-19
Molibdeno Total	mg/l	0,028	0,007	0,006	0,006	0,005	22-04-19

**Nota:**

- (1) Fecha corresponde a inicio de la realización del análisis
- (2) Tabla: Indicaciones de muestreo DBO<sub>5</sub>

	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10
Temperatura recepción	8°C	7°C	5°C	6°C	8°C
Hora Muestreo	15:40	17:00	17:40	18:20	18:20
Hora de Inicio de Análisis	06:40	08:40	06:40	08:40	06:40
Tiempo de almacenamiento	17:00:00	15:40:00	16:00:00	14:20:00	18:20:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 706/2019**

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (1)
Níquel Total	mg/l	0,002	0,014	0,004	0,017	0,002	22-04-19
Nitratos	mg/l	1,265	1,000	1,050	7,920	1,270	17-04-19
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	17-04-19
Nitrógeno amoniacal	mg/l	0,51	< 0,02	< 0,02	0,21	< 0,02	18-04-19
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	22-04-19
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	0,006	0,020	0,009	22-04-19
R.A.S.	-	2,67	0,67	0,54	0,34	0,31	22-04-19
Selenio Total	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	22-04-19
Sodio Porcentual	%	44,71	17,78	12,55	10,86	10,76	22-04-19
Sólidos Disueltos	mg/l	651,0	394,0	433,0	458,0	264,0	18-04-19
Sólidos Sedimentables	ml/h	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5	< 0,1	18-04-19
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	2,2	6,4	24,2	488,5	1,1	18-04-19
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	1,8	1,4	3,7	41,5	< 1,0	18-04-19
Sól. Suspendidos Totales	mg/l	4,0	7,8	27,9	530,0	1,9	18-04-19
Sulfato	mg/l	275,22	152,49	181,07	174,00	64,18	17-04-19
Turbiedad	NTU	6	7	32	481	< 1	18-04-19
Vanadio Total	mg/l	<0,001	<0,001	0,003	0,038	0,001	22-04-19
Zinc Total	mg/l	0,0072	0,0038	0,0302	0,1009	0,0282	22-04-19




**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal



**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

Firmado digitalmente por Johanna Beltrán C. Nombre de reconocimiento (DN): c=CL, ou=ELBIO S.A., la Concepción, o=Universidad de Concepción, ou=Centro EULA, cn=Johanna Beltrán C. Fecha: 2019.05.14 16:46:43 -0400'

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del análisis

Centro Universitario pH - Casilla 150-0 - Fono 55-411 220 40 00 - 220 40 18 - Fax 55-411 220 70 70  
 Concepción, Chile - Email: info@eula.cl - www.eula.cl





**Anexo 3-3: Informe de laboratorio de las partículas suspendidas en el agua del ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 706/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREO POR</b>	: Centro Eula
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 30/04/2019 <sup>(1)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 17/05/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**METODOLOGÍA:**

*Granulometría:*

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de agua desde la muestra original, la cual fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción láser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumento entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blatt 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

<sup>(1)</sup> - fecha de recepción en laboratorio de Sedimentología

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu



Avda. Universidad 101 - Concepción, Chile - Teléfono: (56-41) 220 00 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uconce.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 706/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
28	6,54	1,68	0,39	2,53	Limo medio
BL10	6,13	1,29	1,07	3,95	Limo medio
BL10A	5,53	1,51	0,85	3,84	Limo grueso
BL20	4,35	1,42	0,77	3,12	Limo muy grueso
AC10	6,45	1,47	0,66	3,22	Limo medio
AC10B	6,44	1,73	0,06	2,71	Limo medio
AC20	7,62	1,47	-0,08	3,06	Limo fino

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Muy bien seleccionada	Asimetría muy fina	Muy leptocórica
Bien seleccionada	Asimetría fina	Platocórica
Moderadamente bien seleccionada	Simétrica	Mesocórica
Moderadamente seleccionada	Asimetría gruesa	Leptocórica
Poco seleccionada	Asimetría muy gruesa	Muy leptocórica
Muy poco seleccionada		
Selección mínima		
Selección nula		

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del espíritu.



Barrío Universitario - Casilla 160-0 - Fono (56) 41 220 50 00 - 220 40 18 - Fax (56) 41 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
--	--	---

Informe N° 706/2019

**RESULTADOS**

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
28	96	4	0
BL10	100	0	0
BL10A	87	13	0
BL20	52	48	0
AC10	98	2	0
AC10B	90	10	0
AC20	99	1	0

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

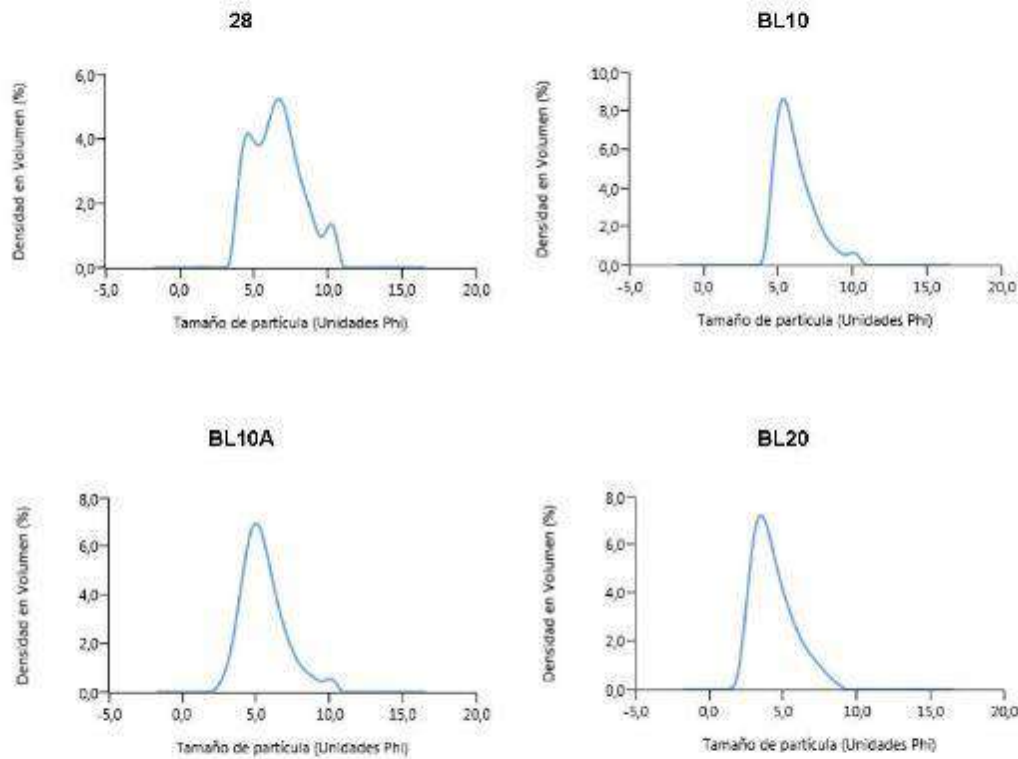
Por el desarrollo libre del espíritu

Recinto Universitario Sur - Casilla 160-D - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



Informe N° 706/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

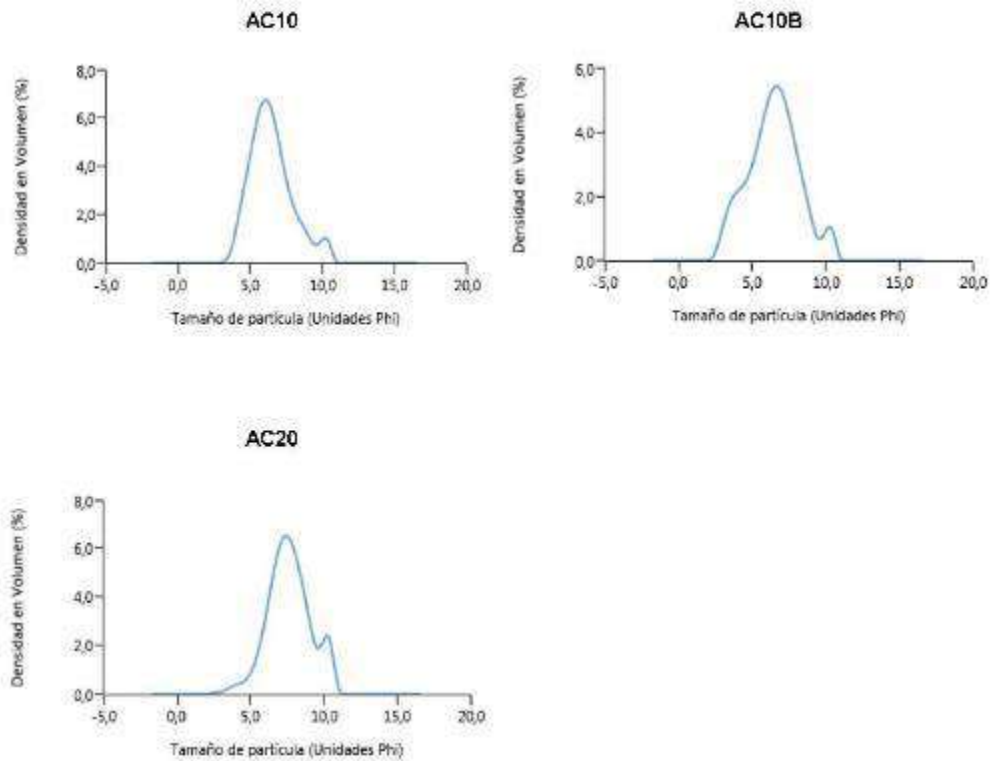
Por el doctorado libre del espíritu

Avda. Universidad 671 - Casilla 160-C - Fono 56-411 200 40 00 - 200 49 18 - Fax 56-411 200 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 706/2019



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 706/2019

### Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus international. 2000. Diffraction for particle size analysis – why use Mie theory? Malvern Instruments Ltd. England.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

Firmado digitalmente por  
Alberto Eduardo Araneda  
Castillo  
Nombre de correo electrónico:  
alberto.castillo@uconcepcion.cl  
Concepción, Universidad  
de Concepción en Chile  
D.L.A. en Alberto Eduardo  
Araneda Castillo  
email: alberto.castillo@uconcepcion.cl  
2019.05.17 11:57:05  
Dr. Alberto Araneda  
Laboratorio de Sedimentología

DAS/AEAC

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el decanato libre del espíritu

Barrío Universitario s/n. - Calle 160-C - Fono (56-41) 220 40 01 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
Concepción, Chile - Email: info@uconcepcion.cl - www.uconcepcion.cl



**Anexo 3-4: Bioensayos de toxicidad de las aguas de ecosistema fluvial.**



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-PCR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
	Versión: 5.0	

**Informe N° 710/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: CODELCO ANDINA
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANALISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE 2018 CRVZ 11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh ISO 5667/8 2015
<b>MUESTREADO POR</b>	: Centro EULA - Chile, Universidad de Concepción
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Los Andes
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 17/04/2019 <sup>(2)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24/05/2019
<b>INST. GEST. AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**ANALISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA-Chile.**

Toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i>	: NCh 2083 Of (1999)
Toxicidad crónica con <i>Daphnia magna</i>	: US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1303, Daphnia Chronic Toxicity Test, USEPA, 712 C-96-120

La mantención de los cultivos de dafnidos y los bioensayos de toxicidad aguda con *D. magna* se realizaron de acuerdo a la NCh 2083 Of 1999. En primer lugar se efectúa un test preliminar con diluciones de la muestra de 100%, 50%, 25%, 12,5% y 6,25%; en base a estos resultados, se hizo el test definitivo dentro del rango de diluciones adecuadas para obtener la concentración de inhibición de movilidad 50 (CI<sub>50</sub>) <sup>(1)</sup>. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad aguda se muestra en la Tabla 1. El método estadístico para la obtención del CI<sub>50</sub> corresponde al método Probit (USEPA, 1991).

Para comparar el efecto de la muestra sobre la reproducción de *D. magna* con respecto al control, se trabaja en base a los resultados del bioensayo agudo; por lo tanto, se utiliza un intervalo de diluciones generalmente en progresión geométrica, donde la mayor es aquel valor en el cual no se observa mortalidad sobre la población experimental. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad crónica se muestra en la Tabla 2. Se utilizó el programa estadístico TOXSTAT (versión 2.1) para determinar las diferencias significativas entre la muestra y el control de laboratorio.

**Notas:**

- (1) CI<sub>50</sub>: Concentración de muestra que inmoviliza al 50% de los organismos en 24 y 48 horas de exposición expresada en porcentaje de muestra o en mg/L, de acuerdo a la NCh 2083 Of 1999.
- (2) La temperatura de recepción de muestra es controlada según NCh 411/10 Of. 2005.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

AVANCE TECNOLÓGICO Y DESARROLLO PRODUCTIVO EN LA ZONA DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, CHILE. TEL: +56 91 222 5000. WWW.EULA-CHILE.COM



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

**Informe N° 710/2019**

**Tabla 1.** Resumen de las condiciones de ensayos agudos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático sin renovación
2. Duración de la prueba.	24 y 48 horas
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperiodos	Oscuridad
5. Edad de los organismos	Neonatos de ≤ 24 hrs.
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L expresada como CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Criterio de toxicidad	Inhibición de movilidad (Cl <sub>50</sub> )
8. Criterio de aceptabilidad	Movilidad de controles ≥ 90%

**Tabla 2.** Resumen de las condiciones de ensayos crónicos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático con renovación
2. Duración de la prueba	21 días
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperiodo	16 hrs. luz; 8 hrs. oscuridad
5. Tratamiento	Según Cl <sub>50</sub>
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Régimen de alimentación	Día por medio
8. Efecto	Reproducción
9. Criterio de aceptabilidad	Sobrevivencia de controles >80%

**Tabla 3.** Periodo de inicio y término de los ensayos de toxicidad.

Identificación de las muestras	Bioensayo Agudo		Bioensayo Crónico	
	Fecha de inicio	Fecha de término	Fecha de inicio	Fecha de término
C, 23, 28, RI 10, RI 10A, RI 20, JU 10, AC 10, AC 10B, AC 20.	22/04/2019	24/04/2019	26/04/2019	17/05/2019

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Informe N° 710/2019

**MUESTRA: C**

**Tabla 4.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		C
pH	-	7,78
Conductividad	µS/cm	484

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: C, registró toxicidad a las 24 horas de exposición con una  $Cl_{25}$  de 36,2% y a las 48 horas de exposición con una  $Cl_{25}$  de 20,9% de dilución de la muestra (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{25}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		C
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{25}$	%	36,2
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{25}$	%	20,9

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra diluida en un 12,5%, 6,2% y 3,1%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: C, se registró un LOAEC de 3,1% y un NOAEC < 3,1% de dilución de la muestra (Tabla 6).


\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrío Universitario sur - Casilla 160-D - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 79 74  
Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl


**7 AÑOS**  
 DE EXPERIENCIA  
 EN SERVICIO AL CLIENTE

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:01. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Sección de Estudios de Laboratorio</small>
	Versión 5.0	

Informe N° 710/2019

**Tabla 6.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
C (3,1%)	10	10,5	2,0	4,1	31,5*
C (6,2%)	10	9,1	2,6	7,0	33,0*
C (12,5%)	10	7,1	1,5	2,3	35,1*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: C, registró toxicidad a las 24 y 48 horas de exposición con una  $Cl_{50}$  de 36,2% y 20,9% respectivamente, mientras que el bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 3,1% y un NOAEC < 3,1% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: 23**

**Tabla 7.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		23
pH	-	7,80
Conductividad	µS/cm	484

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 23, registró toxicidad a las 24 horas de exposición con una  $Cl_{50}$  de 38,6% y a las 48 horas de exposición con una  $Cl_{50}$  de 16,9% de dilución de la muestra (Tabla 8).

**Tabla 8.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

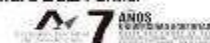
Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		23
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	38,6
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	16,9

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrío Universitario sur - Casilla 160-D - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 79 74  
 Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra diluida en un 12,5%, 6,2 y 3,1%

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA 23, se registró un LOAEC de 3,1% y un NOAEC < 3,1% de dilución de la muestra (Tabla 9).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 9.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
23 (3,1%)	10	8,6	2,0	3,6	34,6*
23 (6,2%)	10	7,1	1,9	3,7	36,2*
23 (12,5%)	10	5,2	2,2	4,6	38,3*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $p = 0,05$ ), (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA 23, registró toxicidad a las 24 y 48 horas de exposición con una  $Cl_{50}$  de 38,6% y 16,9% respectivamente, mientras que el bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 3,1% y un NOAEC < 3,1% de dilución de la muestra.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 160-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uconce.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

**MUESTRA: 28**

**Tabla 10.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		28
pH	-	7,78
Conductividad	µS/cm	431

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: 28, no registró toxicidad (Tabla 11).

**Tabla 11.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		28
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: 28, se registró un LOAEC de 50% y un NOAEC de 25% de dilución de la muestra (Tabla 12).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-S10-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

**Informe N° 710/2019**

**Tabla 12.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
28 (25%)	10	38,1	2,8	8,1	1,9
28 (50%)	10	32,2	2,4	5,7	7,1*
28 (100%)	10	27,2	2,6	6,8	11,6*

Valor de tabla Dunnett = 3,47 ( $\alpha = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 28, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crítico, presentó un LOAEC de 50% y un NOAEC de 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: BL 10**

**Tabla 13.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10
pH	-	7,98
Conductividad	$\mu S/cm$	968

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*.

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10, no registró toxicidad (Tabla 14).

**Tabla 14.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario de Concepción - Avenida 150 N. - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 26  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA BL 10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 15).

<sup>1</sup>LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

<sup>2</sup>NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 15.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
BL 10 (25%)	10	14,6	2,0	3,8	27,6*
BL 10 (50%)	10	10,7	1,7	2,9	31,8*
BL 10 (100%)	10	8,5	2,5	6,1	33,1*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA BL 10, no registró toxicidad aguda (Cl<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: BL 10A**

**Tabla 16.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada.

Parámetros(*)	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10A
pH	-	8,18
Conductividad	µS/cm	465

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-S10-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión: 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

**Informe N° 710/2019**

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10A, no registró toxicidad (Tabla 17).

**Tabla 17.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 10A
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.- No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir en un 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10A, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 18).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 18.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett:

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
BL 10A (25%)	10	15,2	2,2	4,8	22,5*
BL 10A (50%)	10	12,0	2,2	4,7	25,4*
BL 10A (100%)	10	11,3	3,3	10,7	26,1*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $\alpha = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: BL 10A, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 01 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

**MUESTRA: BL 20**

**Tabla 19.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 20
pH	-	7,30
Conductividad	µS/cm	660

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, BL 20, no registró toxicidad (Tabla 20).

**Tabla 20.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL 20
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA, BL 20, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 21).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de orias nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de orias nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 160-C - P.O. Box 411 220 90 01 - 220 40 16 - Fax (56-41) 255 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

**Tabla 21.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
BL 20 (25%)	10	14,5	2,8	7,8	20,1*
BL 20 (50%)	10	13,5	3,0	8,9	20,9*
BL 20 (100%)	10	12,5	3,4	11,4	21,5*

Valor de tabla Dunnett = 3,47 ( $p = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, BL 20, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: JU 10**

**Tabla 22.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		JU 10
pH	-	7,98
Conductividad	$\mu S/cm$	373

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, JU 10, no registró toxicidad (Tabla 23).

**Tabla 23.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		JU 10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 190-C - P.O. Box 411 220 90 01 - 220 40 16 - Fax (56-41) 255 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA JU 10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 24).

LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 24.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
JU 10 (25%)	10	21,4	2,5	6,0	16,0*
JU 10 (50%)	10	20,4	3,2	10,5	16,9*
JU 10 (100%)	10	19,7	2,6	6,7	17,4*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $p = 0,05$ ); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA JU 10, no registró toxicidad aguda ( $CI_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC 10**

**Tabla 25.** Condiciones de ensayo agudo por *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10
pH	-	8,31
Conductividad	$\mu S/cm$	493

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - Fono: (56-41) 220 40 01 - 220 40 16 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA, AC 10, no registró toxicidad (Tabla 26).

**Tabla 26.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo, se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA, AC 10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 27).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 27.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
AC 10 (25%)	10	23,3	2,5	6,5	13,4*
AC 10 (50%)	10	21,9	3,4	11,7	14,5*
AC 10 (100%)	10	19,2	3,1	9,6	17,4*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $p = 0,05$ ). (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Casilla 160-C - Fono: (56) 41) 220 40 03 - 220 40 16 - Fax: (56) 41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-S10-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios y Análisis</small>
	Versión: 5.0	

**Informe N° 710/2019**

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 10, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC 10B**

**Tabla 28.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10B
pH	-	7,78
Conductividad	µS/cm	595

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 10B, no registró toxicidad (Tabla 29).

**Tabla 29.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 10B
Toxicidad aguda 24 h - $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h - $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D.= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: AC 10B, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 30).

LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 140-C - P.O. Box 411 220 90 01 - 220 40 16 - Fax (56-41) 225 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

**Tabla 30.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
AC 10B (25%)	10	16,4	1,7	2,9	22,4*
AC 10B (50%)	10	13,4	2,6	6,7	25,2*
AC 10B(100%)	10	12,9	2,9	8,5	25,7*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05) (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna* para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 10B, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico, presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC 20**

**Tabla 31.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada.

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 20
pH		8,44
Conductividad	µS/cm	614

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC 20, no registró toxicidad (Tabla 32).

**Tabla 32.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC 20
Toxicidad aguda 24 h - $Cl_{50}$	%	N.D.
Toxicidad aguda 48 h - $Cl_{50}$	%	N.D.

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56) 411 220 40 00 - 200 40 10 - Fax (56) 411 220 70 70  
 Concepción, Chile - Email: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Informe N° 710/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*.

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo, se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA AC 20, no se registró toxicidad a los 21 días de exposición (Tabla 33)

<sup>1</sup>LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

<sup>2</sup>NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 33.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,2	2,1	4,4	
AC 20 (25%)	10	47,8	2,4	5,7	-6,8
AC 20 (50%)	10	43,4	2,8	7,6	-2,8
AC 20 (100%)	10	41,5	2,8	7,8	-1,2

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05)

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA AC 20 no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. Por otro lado, no se registró toxicidad crónica a los 21 días de exposición a la muestra, debido a que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el nivel reproductivo de *D. magna*, expuesto a las condiciones de control de laboratorio y la muestra AC 20, utilizada sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.



**Dr. Roberto Urrutia P.**  
Supervisor Analítico de Bioensayos

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Correo 190-02 - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl





**Anexo 3-5: Bioensayos de toxicidad del relave de Codelco-Andina.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 712/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos.
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: CODELCO ANDINA.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: RIL
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica.
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica.
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11.
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh 411/10 Of. 2005.
<b>MUESTREADO POR</b>	: Centro EULA - Chile, Universidad de Concepción.
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Los Andes.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 17/04/2019 <sup>(2)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24/05/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA-Chile.**

Toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i>	: NCh 2083 Of (1999).
Toxicidad crónica con <i>Daphnia magna</i>	: US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300. Daphnid Chronic Toxicity Test. USEPA, 712-C-96-120.

La mantención de los cultivos de dáfidos y los bioensayos de toxicidad aguda con *D. magna* se realizaron de acuerdo a la NCh 2083 Of. 1999. En primer lugar se efectúa un test preliminar con diluciones de la muestra de 100%, 50%, 25%, 12,5% y 6,25%; en base a estos resultados, se hizo el test definitivo dentro del rango de diluciones adecuadas para obtener la concentración de inmovilidad 50 (CI<sub>50</sub>) <sup>(1)</sup>. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad aguda se muestra en la Tabla 1. El método estadístico para la obtención del CI<sub>50</sub>, corresponde al método Probit (USEPA, 1991).

Para comparar el efecto de la muestra sobre la reproducción de *D. magna* con respecto al control, se trabaja en base a los resultados del bioensayo agudo, por lo tanto, se utiliza un intervalo de diluciones generalmente en progresión geométrica, donde la mayor es aquel valor en el cual no se observa mortalidad sobre la población experimental. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad crónica se muestra en la Tabla 2. Se utilizó el programa estadístico TOXSTAT (versión 2.1) para determinar las diferencias significativas entre la muestra y el control del laboratorio.

**Notas:**

- (1) CI<sub>50</sub>: Concentración de muestra que inmoviliza el 50% de los organismos en 24 y 48 horas de exposición expresada en porcentaje de muestra a en mg/l, de acuerdo a la NCh 2083 Of. 1999.
- (2) La temperatura de recepción de muestra es controlada según NCh 411/10 Of. 2005.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el destinatario libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-D - Fono: (56) 41 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56) 41 220 70 76  
Concepción, Chile - Correo: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small>
	Versión 5.0	

Informe N° 712/2019

**Tabla 1.** Resumen de las condiciones de ensayos agudos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático sin renovación
2. Duración de la prueba.	24 y 48 horas
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperíodos	Oscuridad
5. Edad de los organismos	Neonatos de ≤ 24 hrs.
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L expresada como CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Criterio de toxicidad	Inhibición de movilidad (Cl <sub>50</sub> )
8. Criterio de aceptabilidad	Movilidad de controles ≥ 80%

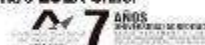
**Tabla 2.** Resumen de las condiciones de ensayos crónicos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático con renovación
2. Duración de la prueba	21 días
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperíodo	16 hrs. luz; 8 hrs. oscuridad
5. Tratamiento	Según Cl <sub>50</sub>
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L CaCO <sub>3</sub> . pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Régimen de alimentación	Día por medio
8. Efecto	Reproducción
9. Criterio de aceptabilidad	Sobrevivencia de controles >80%

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario s/n - Concha 190-D - Puyo (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - Correo: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 712/2019

Tabla 3. Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada.

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		Relave
pH	-	11,97
Conductividad	µS/cm	3305

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Tabla 4. Periodo de inicio y término del ensayo de toxicidad.

Identificación de la muestra	Bioensayo Agudo		Bioensayo Crónico	
	Fecha de Inicio	Fecha de Término	Fecha de Inicio	Fecha de Término
Relave	22-04-2019	24-04-2019	26-04-2019	17-05-2019

## RESULTADOS

### Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA; Relave, registró toxicidad a las 24 horas de exposición con una  $CI_{50}$  de 33,9% y a las 48 horas de exposición con una  $CI_{50}$  de 31,1% de dilución de la muestra (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de toxicidad aguda  $CI_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		Relave
Toxicidad aguda 24 h $CI_{50}$	%	33,9
Toxicidad aguda 48 h $CI_{50}$	%	31,1

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

Por el desarrollo libre del espíritu

Centro Universitario de Concepción - Calle 190-D - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

Informe N° 712/2019

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra diluida en un 12,5%, 6,3% y 3,1%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: Relave, se registró un LOAEC de 3,1% y un NOAEC < 3,1% de dilución de la muestra (Tabla 6).

LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 6.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	40,0	1,5	2,2	
Relave (3,1%)	10	6,2	1,2	1,5	62,6*
Relave (6,3%)	10	3,5	1,3	1,6	67,6*
Relave (12,5%)	10	2,6	0,7	0,5	69,3*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56) 411 220 40 03 - 720 40 18 - Fax (56) 411 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCH-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

Informe N° 712/2019

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA; Relave, registró toxicidad a las 24 y 48 horas de exposición con una  $Cl_{50}$  de 33,9% y 31,1% respectivamente, mientras que el bioensayo crónico con *D. magna* registró un LOAEC de 3,1% y un NOAEC < 3,1% de dilución de la muestra.




Firmado digitalmente por Roberto Urrutia P.  
 DN: cn=Roberto Urrutia P., o=LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE, ou=Concepción, email=roberto.urrutia@eula.cl, c=Chile.  
 Fecha: 2019.06.21 12:06:40 -0500

**Dr. Roberto Urrutia P.**  
**Supervisor Analítico de Bioensayos**

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Concepción 407 000 - Fono: (56 91) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax: (56 91) 220 70 78  
 Concepción, Chile - Email: eula@udec.cl - www.eula.cl



**Anexo 3-6: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N° 709/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: Manual Eula Basado en: Sediment sampling gukte and methodologies. Ohio EPA - Nov.2001
<b>MUESTREO POR</b>	: Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua, Los Andes.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 17/04/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 13/05/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Arsenico	: EPA-3050-B (Digestión) - 3114 B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cadmio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cobre	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.
Cromo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>th</sup> Edition.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el destinatario libre del espíritu

Centro Universitario s/n - Casilla 150-C - Fono (56-41) 520 40 03 - 220 40 10 - Fax (56-41) 520 70 70  
Concepción, Chile - Email: info@eula.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 709/2019**

Hierro	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Manganeso	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Materia Organica Total	: Métodos de análisis recomendados para Gobierno de Chile Ministerio de los suelos de Chile Revisión 2006. Agricultura, INIA y Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo. Método 1.1, Preparación de las muestras. Método 7.2, Pérdida por calcinación.
Mercurio	: EPA-245.5 (Digestión) - 3112B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Molibdeno	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Plomo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.
Zinc	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 22 <sup>nd</sup> Edition.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Fin el documento tiene del científico



Reserva Ministerial Dirección - Concepción 1993 - Teléfono: (91) 2260 40 00 - 2260 40 10 - Fax: (91) 2260 30 00  
Concepción, Chile - E-mail: eula@ulb-conce.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 709/2019**

Parámetros en Sedimentos (1)	Unidad	C	23	28	BL10	BL10A	Fecha (2)
Aluminio	mg/kg	28784,6	18449,1	15543,9	13836,2	14763,8	26-04-19
Arsenico	mg/kg	45,27	24,60	23,22	21,07	21,58	26-04-19
Cadmio	mg/kg	4,52	2,72	2,00	2,03	1,93	26-04-19
Cobre	mg/kg	1400,8	1313,0	<5,04	204,2	< 5,04	26-04-19
Cromo	mg/kg	31,28	20,08	21,13	21,80	21,01	26-04-19
Hierro	mg/kg	85913,8	47561,1	40794,4	39300,5	42112,8	26-04-19
Manganeso	mg/kg	1832,9	1558,0	1069,5	1167,7	1026,7	26-04-19
Materia Organica Total	%	2,9	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	29-04-19
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	26-04-19
Molibdeno	mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	26-04-19
Plomo	mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	26-04-19
Zinc	mg/kg	297,4	201,8	74,34	98,68	78,02	26-04-19

**Nota:**

- (1) Preservación y envases proporcionado por el Laboratorio de Ensayo EULA-CHILE.
- (2) Fecha corresponde al inicio de la realización del análisis.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el documento firmo del científico



  

 Avenida Mariscal Armada - Casilla 160 - P.O. - Fono: (56) 41 226 40 00 - 226 40 10 - Fax: (56) 41 226 40 08  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 709/2019**

Parámetros en Sedimentos (1)	Unidad	BL20	AC10	AC10B	AC20	JU10	Fecha (2)
Aluminio	mg/kg	17690,1	15953,1	19794,5	18093,0	18783,0	26-04-19
Arsenico	mg/kg	30,74	18,54	21,79	14,62	13,78	26-04-19
Cadmio	mg/kg	2,29	1,96	2,42	1,97	2,50	26-04-19
Cobre	mg/kg	239,9	<5,04	<5,04	<5,04	<5,04	26-04-19
Cromo	mg/kg	24,40	17,84	23,18	12,63	24,68	26-04-19
Hierro	mg/kg	49537,0	37852,3	45907,8	36090,3	50898,6	26-04-19
Manganeso	mg/kg	949,1	993,2	1060,9	965,1	1113,2	26-04-19
Materia Organica Total	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	29-04-19
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	<19,7	26-04-19
Molibdeno	mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	26-04-19
Piomo	mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	26-04-19
Zinc	mg/kg	75,47	76,02	84,01	65,75	61,69	26-04-19

**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal




**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio*  
*Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Para el documento tiene del científico

Avenida Mariscal Armada 1 - Casilla 160-0 - Fono: (56-51) 2260 40 00 - 2260 40 10 - Fax: (56-51) 2260 30 00  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Anexo 3-7: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios Ambientales</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 708/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREADO POR</b>	: Centro Eula
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 30/04/2019 <sup>(1)</sup>
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 17/05/2019
<b>INST GEST. AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

#### METODOLOGÍA:

##### Granulometría:

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue tamizada a 2000µm. La fracción menor a 2000 µm fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumentó entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott, 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

<sup>(1)</sup> - fecha de recepción en laboratorio de Sedimentología

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

Reino Universitario s/n - Concepción, Chile - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 78 - Fax: (56-41) 220 70 78  
 Concepción, Chile - Correo: eula@uco.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Chilean University Accreditation
	Versión 5.0	

Informe N° 708/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
C	5,46	1,64	0,51	3,19	Limo grueso
23	2,06	2,18	1,52	5,11	Arena media
28	2,12	1,35	2,01	8,85	Arena media
BL10	2,06	1,25	2,08	10,18	Arena media
BL10A	2,57	1,38	1,56	7,39	Arena fina
BL20	2,97	1,39	1,59	6,61	Arena fina
JU10	2,55	1,12	1,44	8,41	Arena fina
AC10	3,15	1,78	1,45	5,43	Arena muy fina
AC10B	3,87	1,78	1,16	4,21	Arena muy fina
AC20	1,51	1,54	2,49	10,38	Arena media

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Mayor selección	Asimetría muy fina	Muy platocúrtica
Menor selección	Asimetría fina	Platocúrtica
Mediamente bien seleccionado	Simétrica	Mesocúrtica
Mediamente seleccionado	Asimetría gruesa	Leptocúrtica
Poco bien seleccionado	Asimetría muy gruesa	Muy leptocúrtica
Mayormente seleccionado		
Menormente seleccionado		
Extremadamente mal seleccionado		

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el desarrollo libre del espíritu.



Barrío Universitario s/n - Casilla 160-0 - Fono (56) 41 220 00 00 - 220 40 18 - Fax (56) 41 220 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 708/2019

**RESULTADOS**

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
C	80	20	0
23	15	84	1
28	8	92	0
BL10	5	95	0
BL10A	10	89	1
BL20	14	86	0
JU10	7	93	0
AC10	21	79	0
AC10B	37	63	0
AC20	6	94	0

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

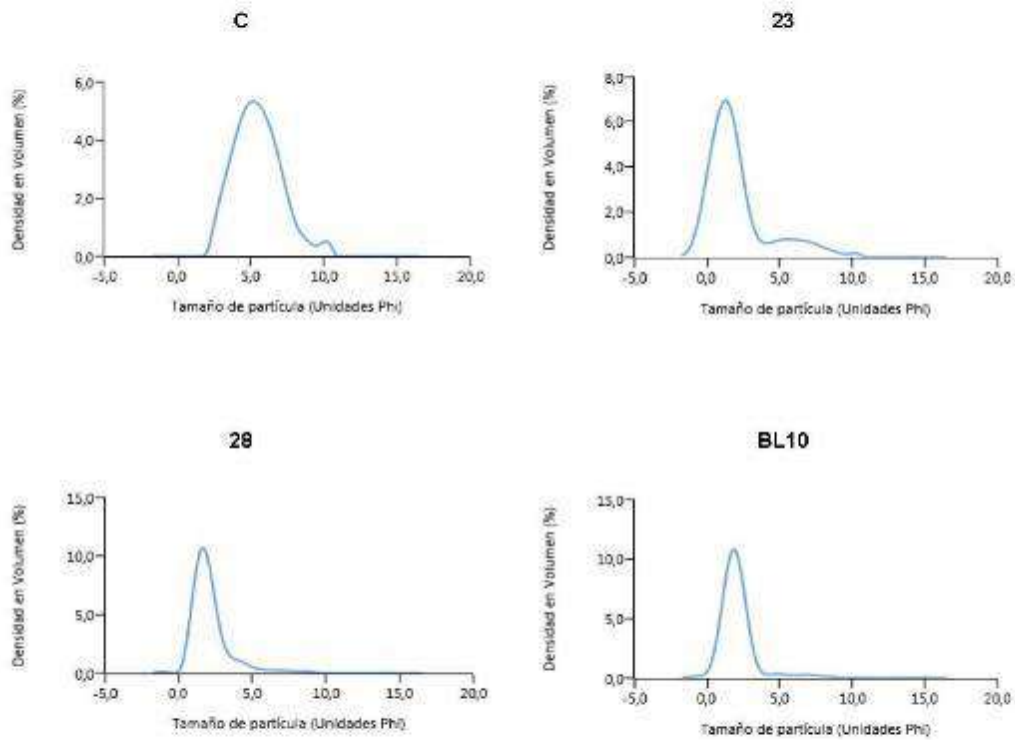
Por el desarrollo libre del espíritu

Recinto Universitario Sur - Casilla 150-D - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uconce.cl - www.eula.cl



Informe N° 708/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decanato libre del espíritu

Avda. Universidad 671 - Casilla 160-D - Fono: (56-41) 222 40 00 - 222 49 18 - Fax: (56-41) 222 70 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

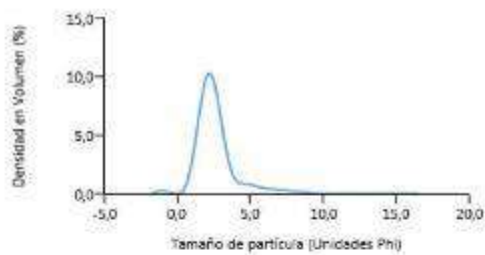




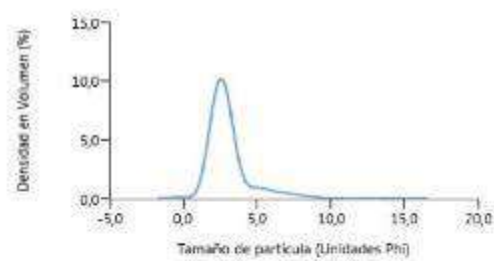
 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	
--	--	---

Informe N° 708/2019

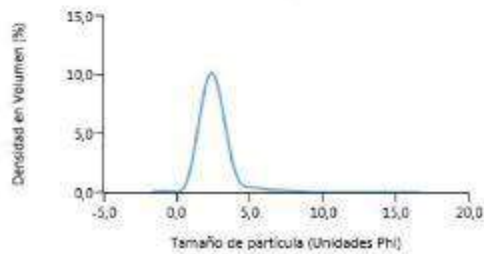
**BL10A**



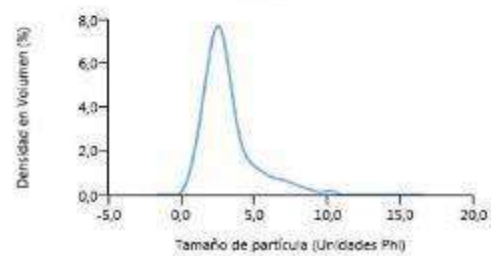
**BL20**



**JU10**



**AC10**



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

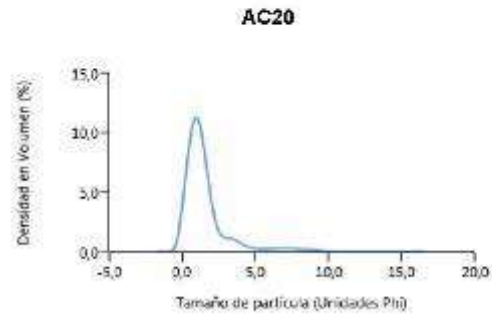
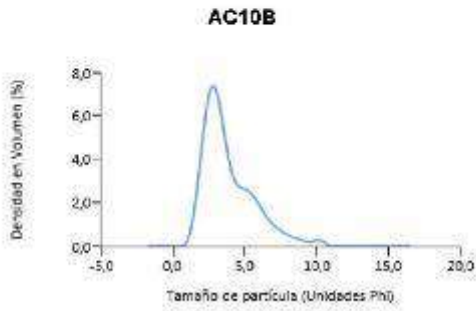
Por el decano/a libre del espíritu

Barrío Universitario s/n. - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 222 40 10 - Fax (56-41) 229 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: info@eula-chile.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Ensayos y Control de Calidad</small>
--	--	--

Informe N° 708/2019



*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología*

Por el decano/a libre del espíritu

Banco Universitario S.A. - Calle 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 10 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción - Chile - E-mail: [info@bancu.cl](mailto:info@bancu.cl) - [www.bancu.cl](http://www.bancu.cl)



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 708/2019

### Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus International. 2000. Diffraction for particle size analysis - why use Mie theory? Malvern Instruments Ltd. England.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments Journal of Geology. 30: 377-392.


  
 Laboratorio de Sedimentología  
 Universidad de Concepción  
 Casilla 160-C, Concepción, Chile  
 Fono: 51 221 710640-4049  
 Fax: 51 221 710640-4049

Dr. Alberto Araneda C.  
Laboratorio de Sedimentología

DAS/AEAC

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo de este informe:

Centro Universitario de - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



**Anexo 3-8: Informe de laboratorio de la química del relave.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	In de

**Informe N° 862/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: RIL
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Boltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh-411/10Of. 2005
<b>MUESTREO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Los Andes
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 17/04/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 14/06/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA - Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Arsénico Total	: NCh 2313/9 Of. 96.
Cadmio Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Cianuro Total	: NCh 2313/14 Of. 97.
Cobre Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Cromo Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Hierro Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Manganeso Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Mercurio Total	: NCh 2313/12 Of. 96.
Molibdeno Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Plomo Total	: NCh 2313/25 Of. 97.
Sulfato	: 4110 B Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition
Zinc Total	: NCh 2313/25 Of. 97.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el director/a Jefe del Laboratorio

Rectoría Universidad de Concepción - Correo: 4070000 - Concepción - Chile - Teléfono: (56) 51 2291 40 100 - 2291 40 100 - Fax: (56) 51 2291 40 200  
Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	-112

**Informe N° 862/2018**

Parámetros en RIL	Unidad	Relave	Fecha (1)
Aluminio Total	mg/l	633,1	22-04-19
Arsénico Total	mg/l	0,0103	22-04-19
Cadmio Total	mg/l	0,153	22-04-19
Cianuro	mg/l	0,0010	08-08-19
Cobre Total	mg/l	35,34	22-04-19
Cromo Total	mg/l	1,001	22-04-19
Manganeso Total	mg/l	35,87	22-04-19
Mercurio Total	mg/l	<0,0005	17-04-19
Molibdeno Total	mg/l	1,50	22-04-19
Plomo Total	mg/l	0,808	22-04-19
Sulfato	mg/l	1512,40	08-08-19
Zinc Total	mg/l	5,208	22-04-19
Hierro Total	mg/l	2004	22-04-19

Nota:

- (1) Fecha correspondiente al inicio de la realización del análisis.

**Alejandra Stehr G.**  
Representante Legal




**Johanna Beltrán C.**  
I.A. Medición / Análisis  
Jefe Laboratorio

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Museo EULA-CHILE - Correo: EULA@eula-cc.uchile.cl - Fono: 411 229 4700 - 200 00 18 - Fax: 411 229 30 78  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula-cc.uchile.cl - www.eula.cl

**Anexo 3-9: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**

 Universidad de Concepción	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
Código: LCC-FOR-S10-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N°711/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: APHA, 2017 10500 B. Standard Methods 23th Edition.
<b>MUESTREADO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 16/04/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 17/04/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 11/10/2019
<b>INST GEST. AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS ETFA 021-03 (UDEC EULA)**

Zoobentos cuantitativo	: Benthic macroinvertebrates – Sample processing and analysis
------------------------	---

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> Laboratorio de Ensayos
--	---	---

**Informe N°711/2019**

Taxa	C	C	C	C	23	23	23	23	28	28	28
<i>Limnoperla joffui</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notoperla archipylae</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesops</i> sp. (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meristaleris lamnata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meristaleris diguilina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0
<i>Meristaleris chilensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mosartelopsis irrorata joi</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penaphlebia barnisi</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	0	4	3	1	3	0	1	2	0	3	1
<i>Andesops tarrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Smicridea sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasarcosoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aesna</i> sp. (Odonata)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	15	6	5	7	15	8	12	17	12	22	10
Ephydriidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arañeas (Araneida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

| Centro Universitario de Concepción | Calle 100 N. - Fono (51-41) 220 40 00 - 220 40 10 - Fax (51-41) 220 70 70.  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
--	---	---

Informe N°711/2019

Taxa	BL10	BL10	BL10	BL10	BL10A	BL10A	BL10A	BL10A	BL20	BL20	BL20	BL20
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Limnoperla joffrei (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nacoperla archipiscae (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andesiops sp. (Ephemeroptera)	0	0	1	0	25	8	31	17	15	12	8	10
Mezialaris laminata (Ephemeroptera)	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	0	0
Mezialaris dignilina (Ephemeroptera)	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Mezialaris chioensis (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Masiatelpas irrazuval (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Nausia bella (Ephemeroptera)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penaphlebia barrosi (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andesiops peruvianus (Ephemeroptera)	0	3	2	1	1	0	1	0	0	1	1	0
Andesiops zorens (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Smicridea sp. (Trichoptera)	1	3	1	1	0	18	14	25	1	0	1	1
Mastigoptila sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachysetodes sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parasericostoma sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microvelia sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belostomatidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aeshnia sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	2	6	6	8	12	2	1	9
Tipulidae (Diptera)	2	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Limonio sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	15	2	7	22	14	21	25	18	1	17	3	1
Ephydriidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyalella sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acarí)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physa chilensis (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubifex sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	9	15
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber. (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-S10-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
--	---	---

**Informe N°711/2019**

Taxa	AC10	AC10	AC10	AC10	AC10B	AC10B	AC10B	AC10B	AC20	AC20	AC20	AC20
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Limnoperla jaffueli (Plecoptera)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Notoperla archipistae (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andesiops sp. (Ephemeroptera)	1	0	0	0	35	17	14	19	7	18	9	6
Meridolonia laminata (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meridolonia diguilina (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meridolonia chilensis (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Masatelopsis francozvali (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nouisia bella (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penaphlebia barnisi (Ephemeroptera)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andesiops peruvianus (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	2
Andesiops torrens (Ephemeroptera)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Smicridea sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	1	7	3	1	15	10	0	6
Mastigoptila sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Brachysetodes sp. (Trichoptera)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Parascotoma sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	1	0	0	1	3	5	18	7
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Microvelia sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Belostomatidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Aeshna sp. (Odonata)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	1	0	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	1	0	5	0	1	2	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Limonia sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	18	1	15	17	35	7	22	18	12	18	16	25
Ephydriidae (Diptera)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onychiuridae (Collembola)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyalella sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hydracarina (Acar)	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneeae (Araneida)	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Physa chilensis (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Tubifex sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Naididae (Oligochaeta)	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Final

**Informe N°711/2019**

	JU10	JU10	JU10	JU10
Tasa	1	2	3	4
<i>Limnoperla joffrei</i> (Plecoptera)	0	0	0	0
<i>Notoperla archiplatzei</i> (Plecoptera)	0	0	0	1
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	0	0	3	4
<i>Meridialaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Meridialaris dipultrina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Meridialaris chiloensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Mesartelopsis namozavoi</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Penophlebia barnai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	1
<i>Andesiops tarrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
Hydrobiidae (Trichoptera)	3	0	0	0
Smicridea sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Mastigoptera</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Braconetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0
<i>Aeshna</i> sp. (Odonata)	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	1	1	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	1	1
Empididae (Diptera)	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	2	2	1	1
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	3	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	18	15	25	1
Ephydriidae (Diptera)	0	0	0	0
Onychuridae (Collembola)	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0
Hydracarina (Acar)	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	1
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	1	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0




**Dr. Claudio Valdovinos**  
Supervisor Laboratorio de Macrofauna

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio*  
*Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Plan de Manejo de Riesgo del Laboratorio

AVISO: UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN - TELÉFONO 541 200 40 00 - FAX 541 200 40 08 - P.O. BOX 160 - 418 000 CONCEPCIÓN - CHILE  
CORREO ELECTRÓNICO: EULA@EULA-CHILE.COM



**Anexo 3-10: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**

Evaluación del hábitat para la biota acuática, en el muestreo 3 (16 abril 2019). A= Ausente; P= Presente; Va = Vegetación herbácea prácticamente ausente; B= Vegetación herbácea escasa compuesta por coirones; C = Presencia de vegetación arbustiva escasa; D= presencia de moderada vegetación arbustiva; E = Cuencas y subcuencas deshabitadas; F= Cuenca intervenida; MOCST= Materias que incluyendo radio nucleídos en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan olor, color, sabor o turbiedad objetable; MSDO= Materias que sedimenten formando depósitos objetables; P&H= Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos; P= Presente; RSB = Rápidos someros con bolones; SFV & ENN= Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales; VAI= Substancias y condiciones o combinaciones de éstas en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable

Componente / parámetros	C	23	28	BL10	BL10a	BL20	AC10b	AC20	JU10
<b>1. Calidad del agua</b>									
MOCST	A	A	A	A	A	A	A	A	A
MSDO	A	A	A	A	A	A	A	A	A
P&H	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SFV&ENN	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VA	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Color	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb
<b>2. Variables estructurales del hábitat</b>									
Ancho medio del cauce inundado (m)	15	10	10	8	12	14	15	12	11
Tipo de sustrato	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón
Entorno directo	C	C	C	D	D	D	D	D	Bn/Ma
Entorno indirecto	F	F	F	F	F	F	F	F	D
Flora acuática vascular	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Presencia de algas filamentosas	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Tipo de ambiente	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB
Profundidad media (m)	0,10	0,15	0,11	0,25	0,11	0,15	>1	0,10	0,24
Evaluación del hábitat fluvial EPA (1999)									
- Substrato para epifauna/cobertura	15	15	15	15	5	5	5	15	15
- Caracterización del sustrato	10	10	10	10	5	10	10	10	15
- Variabilidad del cauce	10	10	10	15	15	15	15	15	10
- Depositación de sedimento	10	10	10	15	10	5	10	10	10
- Estatus del flujo del cauce	15	15	15	15	20	20	20	10	10
- Alteración del cauce	10	10	10	15	15	20	20	20	20
- Sinuosidad del cauce	10	10	10	10	10	10	10	15	10
- Estabilidad de riberas	5	5	5	10	10	10	10	5	10
- Protección vegetacional	0	0	0	5	5	10	10	5	10
<b>3. Calidad del bosque de ribera</b>									
Índice QBR	5	5	10	45	45	55	55	55	30
<b>4. Caracterización hidráulica</b>									
Velocidad media (m/s)	0,11	0,10	0,12	0,18	0,20	0,21	0,18	0,08	0,20
<b>5. Caracterización sedimentológica</b>									
Diámetro medio de los bolones (mm)	12	13	10	24	21	25	21	12	21
Diámetro máximo de los bolones (mm)	30	25	55	90	60	120	70	25	70
Grado de enfangamiento de los bolones (%)	30	30	40	10	30	30	30	30	10
Roca madre (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolones (%)	85	80	80	80	80	85	80	85	80
Grava (%)	5	10	10	10	10	5	10	5	15
Arena/fango (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	5
Macrófitas sum. (%) algas filamentosas (%)	<5	<5	<5	5	<5	0	0	10	5
Grandes residuos leñosos (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camadas de hojas (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofila bentónica total (mg/cm <sup>2</sup> )	0,0020	0,0010	0,0009	0,0011	0,0015	0,0009	0,0009	0,0050	0,0018

**ANEXO 4: Resultados de la campaña 4 del 03 de diciembre del 2019.**

**Anexo 4-1: Informes de terreno.**



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b> ORGANISMO DE INSPECCION EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Acreditado NCh-ISO 17020:Of. 2012	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 3	Inicio

## Informe N° 2361/2019

TITULAR DEL PROYECTO	: Corporación Nacional del Cobre de Chile
DIRECCIÓN FUENTE EMISORA	: Santa Teresa 513, Los Andes
SOLICITADO POR	: Dr. Claudio Valdovinos
FUENTE / ACTIVIDAD	: GSAE – Codelco División Andina
TIPO DE MUESTRA	: Agua Superficial, puntual
PROGRAMA MUESTREO	: Memo 286/2019
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	: LEE-MDT-507-01 v8 y LEE-PRO-507-01 V17 basado en NCh ISO 5667/
MUESTREADO POR	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
I.A. MUESTREO y MEDICION/ CODIGO	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K
FECHA Y HORA DE INICIO DE MUESTREO	: 03-12-2019 10:00 h
FECHA Y HORA DE TERMINO DE MUESTREO	: 03-12-2019 14:30 h
LUGAR DE MUESTREO	: Rio Blanco, Los Andes
FECHA Y HORA ENTREGA MUESTRA	: 05-12-2019 9:00 h
FECHA EMISIÓN DE INFORME	: 10-12-2019
INST GEST.AMB. APLICABLE	: N/A

**NORMATIVA MEDICIONES ETFA 021-03 (EULA - CHILE)**

Oxígeno Disuelto : 4500 O Standard Methods 23th Edition.

Conductividad: 2510 B Standard Methods 23th Edition.

pH : 4500 H B Standard Methods 23th Edition.

Temperatura: 2550 B Standard Methods 22th Edition.

Alcalinidad: 2320. B. Titration Method. Alkalinity. 23°

*Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	

Pag. 2 de 5

**Informe N° 2361/2019**

Empresa solicitante      Corporación Nacional del Cobre de Chile  
Fuente Emisora            Santa Teresa 513, Los Andes  
Punto de Muestreo        Rio Blanco, Los Andes

**AGUAS**

Punto Muestreo	Coordenadas Datum WGS84 H-19	Fecha	Hora	Conductiv. $\mu\text{S/cm}$	pH	Temp. °C	O Disuelto mgO <sub>2</sub> /L	Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>
Est-C	6350311,6    382201,6	03-dic	11:00	304	7,35	9,4	10,03	49,0
Est-23	6349100,81    382793,7	03-dic	11:50	320	7,35	11,0	9,66	50,0
Est-28	6350311,6    382201,6	03-dic	12:30	314	7,20	9,7	9,70	47,5
Est-BL10	6353409,6    381153,6	03-dic	13:30	1076	7,80	22,3	8,48	73,0
Est-BL10a	6353409,6    381153,6	03-dic	15:00	279	7,88	16,5	9,51	70,0
Est-BL20	6357364,5    378633,5	03-dic	15:40	594	7,51	14,1	9,32	80,0
Est-AC10	6362554,9    368332,2	03-dic	16:45	258	7,70	17,6	9,62	57,0
Est-AC10b	6362554,9    368332,2	03-dic	17:30	272	7,78	17,8	10,28	59,0
Est-AC20	6378248,5    335093,5	03-dic	18:30	—	—	—	—	—
Est-JU10	6358002,4    378501,9	03-dic	18:15	254	8,01	18,4	9,72	81,5
Relave	Planta	03-dic	10:00	2881	11,63	20,4	5,2	335

Verificación de pH				Verificación Conductividad			
Aceptabilidad pH $\pm 0,02$				84 $\mu\text{S/cm}$ (93,16 y 94,84 $\mu\text{S/cm}$ )			
				1413 $\mu\text{S/cm}$ (1399,13 y 1427,13 $\mu\text{S/cm}$ )			
Fecha	valor buffer	lectura equipo	V°B°	9:46:00	Estándar $\mu\text{S/cm}$	lectura equipo	V°B°
03-12-2019	7,00	7,01	✓	03-12-2019	1413,0	1413	✓

Nota: Patrones de pH y Conductividad trazables a Nist

Buffer Ph 7 lote N° : HC87897739

Patron Conductividad 84  $\mu\text{S/cm}$  lote N°: 0024

Patron Conductividad 1413  $\mu\text{S/cm}$  lote N°: 9910

Control de Calidad Oxígeno Disuelto			
Duplicado 1	Duplicado 2	Promedio	% RSD
8,66	8,70	8,68	1,2

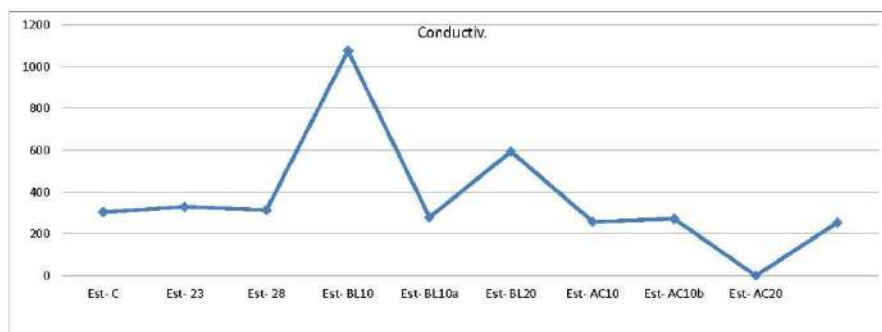
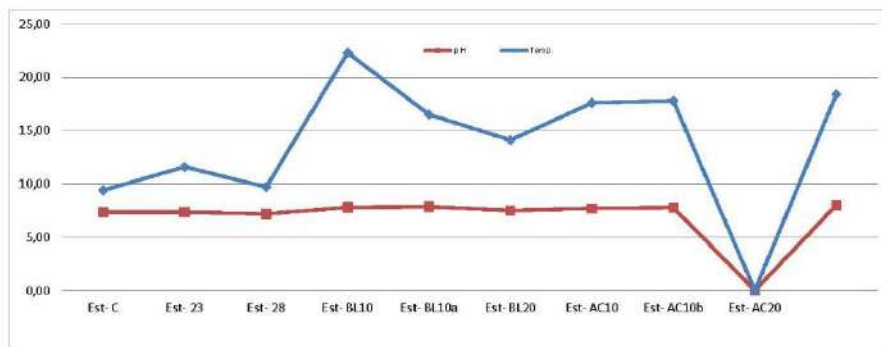
*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo*  
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n • Casilla 160-C • Fónos (56-41) 220 40 03-220 40 18 • Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile • E-mail: eula@udec.cl • www.eula.cl



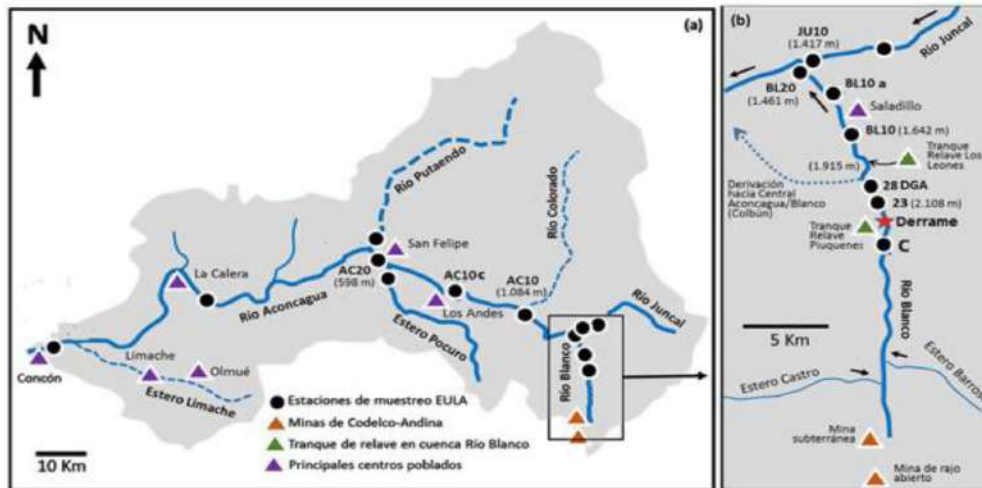
## Informe N° 2361/2019



*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu





*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

Informe N° 2361/2019

Pag. 5 de 5



*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***


Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal


Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K  
Muestreo y medición

Por el desarrollo libre del espíritu

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b> ORGANISMO DE INSPECCION EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Acreditado NCh-ISO 17020:Of. 2012	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 3	Inicio

## Informe N° 2365/2019

TITULAR DEL PROYECTO	: Corporación Nacional del Cobre de Chile
DIRECCIÓN FUENTE EMISORA	: Santa Teresa 513, Los Andes
SOLICITADO POR	: Dr. Claudio Valdovinos
FUENTE / ACTIVIDAD	: GSAE – Codelco División Andina
TIPO DE MUESTRA	: Sedimentos
PROGRAMA MUESTREO	: Memo 286/2019
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	: LEE-MDT-507-01 v8 y LEE-PRO-507-01 V17
MUESTREO POR	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
I.A. MUESTREO y MEDICION/ CODIGO	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K
FECHA Y HORA DE INICIO DE MUESTREO	: 03-12-2019      10:00    h
FECHA Y HORA DE TERMINO DE MUESTREO	: 03-12-2019      14:30    h
LUGAR DE MUESTREO	: Río Blanco, Los Andes
FECHA Y HORA ENTREGA MUESTRA	: 05-12-2019      9:00      h
FECHA EMISIÓN DE INFORME	: 10-12-2019
INST GEST.AMB. APLICABLE	: N/A

NORMATIVA MEDICIONES ETFA 021-03 (EULA- CHILE)

*Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
 Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código : LEE-FOR-507-17	Versión 3	

Pag. 2 de 4

**Informe N° 2365/2019**

**Empresa solicitante** Corporación Nacional del Cobre de Chile  
**Fuente Emisora** Santa Teresa 513, Los Andes  
**Punto de Muestreo** Río Blanco, Los Andes

**SEDIMENTOS**

Punto Muestreo	Coordenadas Datum WGS84 H-19		Fecha	Hora
Est- C	6350311,6	382201,6	03-dic	11:00
Est- 23	6349100,61	382793,7	03-dic	11:50
Est- 28	6350311,6	382201,6	03-dic	12:30
Est- BL10	6353409,6	381153,6	03-dic	13:30
Est- BL10a	6353409,6	381153,6	03-dic	15:00
Est- BL20	6357394,5	378633,5	03-dic	15:40
Est- AC10	6362554,9	368332,2	03-dic	16:45
Est- AC10b	6362554,9	368332,2	03-dic	17:30
Est- AC20	6376248,5	335093,5	03-dic	18:30
Est- JU10	6358002,4	378501,9	03-dic	16:15

Verificación de pH				Verificación Conductividad			
Aceptabilidad pH $\pm 0,02$				84 $\mu\text{S/cm}$ (83,16 y 84,84 $\mu\text{S/cm}$ )			
				1413 $\mu\text{S/cm}$ (1398,13 y 1427,13 $\mu\text{S/cm}$ )			
Fecha	valor buffer	lectura equipo	V°B°	9:45:00	Estándar $\mu\text{S/cm}$	lectura equipo	V°B°
03-12-2019	7,00	7,01	√	03-12-2019	1413,0	1413	√

**Nota:** Patrones de pH y Conductividad trazables a Nist

Buffer Ph 7 lote N° : HC67897739

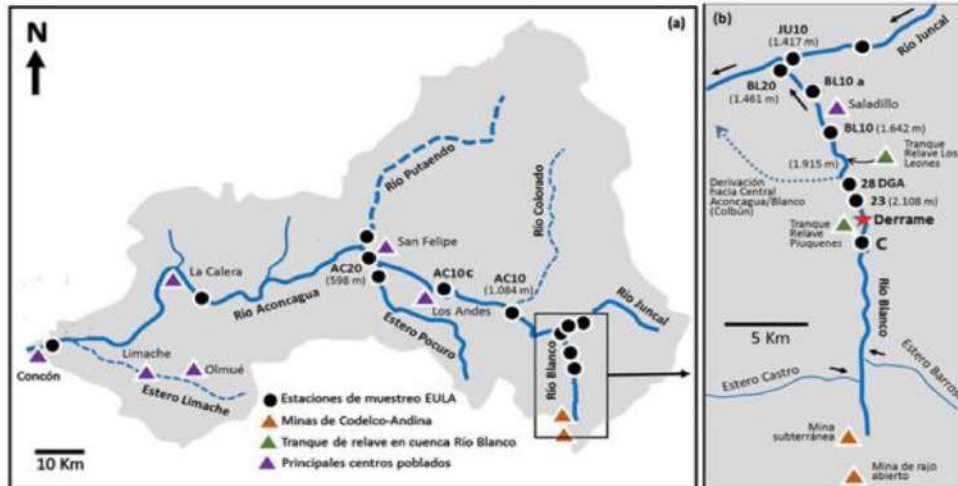
Patron Conductividad 84  $\mu\text{S/cm}$  lote N°: 0024

Patron Conductividad 1413  $\mu\text{S/cm}$  lote N°: 8910

**los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo**  
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu





*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
 Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**





**los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo**  
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**


Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal


Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K  
Muestreo y medición

Por el desarrollo libre del espíritu

**Anexo 4-2: Informe de laboratorio de la calidad de agua del ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N° 2360/2019**

**TITULAR DEL PROYECTO** : Codelco Andina.  
**DIRECCIÓN FUENTE EMISORA** : Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.  
**SOLICITADO POR** : Dr. Claudio Valdovinos  
**FUENTE / ACTIVIDAD** : Codelco Andina.  
**TIPO DE MUESTRA** : Agua Superficial /Agua Residual  
**I.A. ANÁLISIS / CODIGO** : Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)  
**I.A. MUESTREO / CODIGO** : Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)  
**PROGRAMA MUESTREO** : ATE-2019-CRVZ-11  
**PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO** : No Aplica.  
**MUESTREADO POR** : Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción  
**FECHA Y HORA INICIO MUESTREO** : 03/12/2019 10:00h  
**FECHA Y HORA TERMINO MUESTREO** : 03/12/2019 19:30h  
**LUGAR DE MUESTREO** : Río Blanco, Los Andes y Aconcagua.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 05/12/2019  
**FECHA EMISIÓN DE INFORME** : 09/01/2020  
**INST GEST.AMB. APLICABLE** : No Aplica.


**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239 (Agua Residual)**

Aluminio Total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Arsenico Total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3114 B  
 Cadmio Total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Cianuro Total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4500  
 Cobre Total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Cromo Total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Hierro total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Manganeso total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Mercurio total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3112 B  
 Molibdeno total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Plomo total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Sulfato : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4110 B  
 Zinc total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B

(1) Fecha y lugar de muestreo informada por el cliente.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-0	Versión 5.0	

**Informe N° 2360/2019**

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239 (Agua Superficial)**

Aluminio Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Amonio	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4500 – NH3 F
Arsenico Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3114 B
Bario Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Berilio Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Boro Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Cadmio Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Cianuro Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4500 CN - C (Destilación) 4500 CN – E (Cuantificación)
Cloruro	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4110 B
Cobalto Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Cobre Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Color verdadero	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2120 C
Cromo Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
DBO5	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 5210 B
DQO	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 5220 D
Dureza Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Fósforo Total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4500 P-B (Digestión) 4500-P-E (Cuantificación)
Grasas y Aceites	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 5520-D
Hierro total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Litio total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Manganeso total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Mercurio total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3112 B
Molibdeno total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Níquel total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Nitrato	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4110 B
Nitrito	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4110 B
Plata total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
Plomo total	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B
R.A.S.	: Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***  
***"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"***

Por el desarrollo tiene del espíritu  
Banco Universitario s/r - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 00 - 220 40 19 - Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile - E-mail: eula@uconce.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-0	Versión 5.0	

**Informe N° 2360/2019**

Selenio total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3114 B  
 Sodio Porcentual : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Sól. Susp. Inorgánicos : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2540 E  
 Sól. Susp. Orgánicos : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2540 E  
 Sól. Susp. Totales : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2540 D  
 Sólidos Disueltos : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2540 C  
 Sólidos Sedimentables : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2540 F  
 Sulfato : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 4110 B  
 Turbidez : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 2130 B  
 Vanadio total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B  
 Zinc total : Standard Methods for the examination of water and waste water 23thEdition 3120 B

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***  
***"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"***

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

Informe N° 2360/2019

Parámetros en Agua Residual (2)	Unidad	Relave	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Aluminio Total	mg/l	184,8	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Arsenico Total	µg/l	8,750	05-12-19	14:00	06-12-19	18:30
Cadmio Total	mg/l	0,323	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cianuro Total	mg/l	<0,0009	05-12-19	09:30	05-12-19	15:30
Cobre Total	mg/l	136,9	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cromo Total	mg/l	0,498	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Hierro Total	mg/l	962,2	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Manganeso Total	mg/l	24,99	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Mercurio Total	µg/l	<0,5	06-12-19	06:55	11-12-19	10:00
Molibdeno Total	mg/l	71,49	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Plomo Total	mg/l	1,521	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Sulfato	mg/l	1412,40	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Zinc Total	mg/l	11,15	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26

Nota:

(2) Preservación y envases proporcionado por el Laboratorio de Ensayo EULA-Chile.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	C	23	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Grasas y Aceites	mg/l	<2,0	<2,0	12-12-19	09:00	12-12-19	15:00
Aluminio Total	mg/l	0,356	0,416	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Amonio	mg/l	<0,02	<0,02	05-12-19	10:00	05-12-19	16:00
Arsenico Total	ug/l	7,36	3,86	05-12-19	14:00	06-12-19	18:30
Bario total	mg/l	0,023	0,022	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Berilio total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Boro total	mg/l	0,091	0,465	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cadmio total	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cianuro total	mg/l	<0,0009	<0,0009	05-12-19	09:30	05-12-19	15:30
Cloruro	mg/l	7,27	10,42	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Cobalto Total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cobre Total	mg/l	0,6522	0,5000	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Color Verdadero	Pt/Co	<5	<5	06-12-19	13:00	17-12-19	15:00
Cromo total	mg/l	0,001	< 0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
DBO5	mg/l	<1,0	1,0	05-12-19	09:30	10-12-19	10:30
DQO	mg/l	<2	<2	05-12-19	10:30	05-12-19	16:30
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	97,8	111,4	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Fósforo Total	mg/l	< 0,006	< 0,006	05-12-19	13:05	17-12-19	15:15
Hierro Total	mg/l	0,132	0,232	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Litio Total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Manganeso Total	mg/l	0,061	0,062	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Mercurio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	06:55	11-12-19	10:00
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Niquel Total	mg/l	0,005	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Nitratos	mg/l	0,645	0,795	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Plomo Total	mg/l	0,011	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
R.A.S.	-	0,26	0,31	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Selenio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	07:15	11-12-19	18:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
 \*Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo\*\*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	C	23	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Sodio Porcentual	%	11,60	12,62	02-01-19	12:15	2-1-19	15:15
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	1,7	3,6	05-12-19	12:00	5-12-19	15:00
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	<1,0	<1,0	05-12-19	12:00	5-12-19	15:00
Sól. Susp. Totales	mg/l	1,7	3,6	05-12-19	12:00	5-12-19	15:00
Sólidos Disueltos	mg/l	189,0	212,0	05-12-19	12:00	8-12-19	17:00
Sólidos Sedimentables	ml/h	<0,1	<0,1	05-12-19	11:00	5-12-19	12:00
Sulfato	mg/l	69,69	74,60	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Turbidez	NTU	3	9	05-12-19	10:00	11-12-19	11:30
Vanadio total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Zinc total	mg/l	<0,0002	<0,0002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHILE - CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
 LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005 / INN - SISS	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	28		BL-10		Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminio	
Grasas y Aceites	mg/l	<2,0	<2,0	12-12-19	09:00	12-12-19	15:00		
Aluminio Total	mg/l	2,083	0,370	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Amonio	mg/l	<0,02	<0,02	05-12-19	10:00	05-12-19	16:00		
Arsenico Total	ug/l	3,85	4,33	05-12-19	14:00	06-12-19	18:30		
Bario total	mg/l	0,038	0,039	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Berilio total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Boro total	mg/l	0,066	0,295	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Cadmio total	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Cianuro total	mg/l	<0,0009	<0,0009	05-12-19	09:15	05-12-19	11:00		
Cloruro	mg/l	8,83	71,38	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38		
Cobalto Total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Cobre Total	mg/l	0,3309	0,1542	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Color Verdadero	Pt/Co	<5	<5	05-12-19	13:00	05-12-19	15:00		
Cromo total	mg/l	0,003	< 0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
DBO5	mg/l	1,1	<1,0	05-12-19	09:30	10-12-19	10:30		
DQO	mg/l	<2	<2	05-12-19	10:30	05-12-19	16:30		
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	115,5	443,7	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15		
Fósforo Total	mg/l	< 0,006	< 0,006	05-12-19	13:05	17-12-19	15:15		
Hierro Total	mg/l	1,595	0,044	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Litio Total	mg/l	< 0,005	0,057	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Manganeso Total	mg/l	0,092	0,004	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Mercurio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	06:55	11-12-19	10:00		
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	0,013	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Niquel Total	mg/l	0,002	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Nitratos	mg/l	0,580	0,673	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38		
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38		
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
R.A.S.	-	0,23	1,15	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15		
Selenio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	07:15	11-12-19	18:00		

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
 "Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	Muestra		Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
		28	BL-10				
Sodio Porcentual	%	0,23	1,15	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	24,4	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	<1,0	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sól. Susp. Totales	mg/l	24,7	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sólidos Disueltos	mg/l	212,5	887,0	05-12-19	12:00	05-12-19	17:00
Sólidos Sedimentables	ml/h	<0,1	<0,1	05-12-19	11:00	05-12-19	12:00
Sulfato	mg/l	79,86	421,13	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Turbidez	NTU	48,0	1,0	05-12-19	10:00	05-12-19	11:30
Vanadio total	mg/l	0,003	0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Zinc total	mg/l	<0,0002	<0,0002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	BL-10 A	BL-20	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Grasas y Aceites	mg/l	<2,0	<2,0	12-12-19	09:00	12-12-19	15:00
Aluminio Total	mg/l	0,623	0,379	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Amonio	mg/l	<0,02	<0,02	05-12-19	10:00	05-12-19	16:00
Arsenico Total	ug/l	6,0	7,50	05-12-19	14:00	06-12-19	18:30
Bario total	mg/l	0,033	0,029	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Berilio total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Boro total	mg/l	0,127	0,095	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cadmio total	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cianuro total	mg/l	<0,0009	<0,0009	05-12-19	09:15	05-12-19	11:00
Cloruro	mg/l	6,88	40,37	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Cobalto Total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cobre Total	mg/l	0,0164	0,0182	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Color Verdadero	Pt/Co	<5	<5	05-12-19	13:00	05-12-19	15:00
Cromo total	mg/l	< 0,001	0,002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
DBO5	mg/l	<1,0	1,0	05-12-19	09:30	10-12-19	10:30
DQO	mg/l	3	4	05-12-19	10:30	05-12-19	16:30
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	93,9	141,3	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Fósforo Total	mg/l	< 0,006	< 0,006	05-12-19	13:05	17-12-19	15:15
Hierro Total	mg/l	0,390	0,136	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Litio Total	mg/l	< 0,005	0,009	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Manganeso Total	mg/l	0,028	0,035	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Mercurio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	06:55	11-12-19	10:00
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	0,003	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Niquel Total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Nitratos	mg/l	0,730	1,045	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
R.A.S.	-	0,38	1,89	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Selenio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	07:15	11-12-19	18:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	BL-10 A		BL-20		Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Sodio Porcentual	%	16,23	43,48	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15		
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	3,9	3,1	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00		
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	<1,0	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00		
Sól. Susp. Totales	mg/l	4,5	3,1	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00		
Sólidos Disueltos	mg/l	170,0	387,0	05-12-19	12:00	05-12-19	17:00		
Sólidos Sedimentables	ml/h	<0,1	<0,1	05-12-19	11:00	05-12-19	12:00		
Sulfato	mg/l	43,19	149,91	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38		
Turbidez	NTU	12	6	05-12-19	10:00	05-12-19	11:30		
Vanadio total	mg/l	0,003	0,002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		
Zinc total	mg/l	0,2178	<0,0002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26		

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"*

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fónos (56- 41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56- 41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl

Pagina 10/14



 Universidad de Concepción	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	AC-10	AC-10 B	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Grasas y Aceites	mg/l	<2,0	<2,0	12-12-19	09:00	12-12-19	15:00
Aluminio Total	mg/l	4,971	3,854	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Amonio	mg/l	<0,02	<0,02	05-12-19	10:00	05-12-19	16:00
Arsenico Total	ug/l	8,15	8,45	05-12-19	14:00	06-12-19	18:30
Bario total	mg/l	0,049	0,047	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Berilio total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Boro total	mg/l	0,063	0,059	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cadmio total	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cianuro total	mg/l	<0,0009	<0,0009	05-12-19	09:15	05-12-19	11:00
Cloruro	mg/l	15,37	19,27	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Cobalto Total	mg/l	< 0,005	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cobre Total	mg/l	0,0454	0,0355	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Color Verdadero	Pt/Co	<5	<5	05-12-19	13:00	05-12-19	15:00
Cromo total	mg/l	0,008	0,002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
DBO5	mg/l	1,0	<1,0	05-12-19	09:30	10-12-19	10:30
DQO	mg/l	<2	<2	05-12-19	10:30	05-12-19	16:30
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	166,5	173,7	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Fósforo Total	mg/l	< 0,006	< 0,006	05-12-19	13:05	17-12-19	15:15
Hierro Total	mg/l	5,762	4,779	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Litio Total	mg/l	0,006	0,008	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Manganeso Total	mg/l	0,188	0,151	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Mercurio Total	ug/l	<0,5	<0,5	06-12-19	06:55	11-12-19	10:00
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Niquel Total	mg/l	0,005	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Nitratos	mg/l	0,640	0,800	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Nitritos	mg/l	<0,015	<0,015	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Plata Total	mg/l	<0,005	<0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Plomo Total	mg/l	<0,001	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
R.A.S.	-	0,38	0,43	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Selenio Total	ug/l	<0,5	<0,5	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
 "Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2006 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	AC-10	AC-10 B	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Sodio Porcentual	%	12,67	13,87	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	59,6	40,4	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	4,4	3,6	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sól. Susp. Totales	mg/l	64,0	44,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sólidos Disueltos	mg/l	299,0	328,0	05-12-19	12:00	05-12-19	17:00
Sólidos Sedimentables	ml/h	0,1	0,1	05-12-19	11:00	05-12-19	12:00
Sulfato	mg/l	128,81	134,25	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Turbidez	NTU	133	106	05-12-19	10:00	05-12-19	12:00
Vanadio total	mg/l	0,009	0,007	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Zinc total	mg/l	<0,0002	<0,0002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	JU-10	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Grasas y Aceites	mg/l	<2,0	12-12-19	09:00	12-12-19	15:00
Aluminio Total	mg/l	0,313	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Amonio	mg/l	<0,02	05-12-19	10:00	05-12-19	16:00
Arsenico Total	ug/l	3,56	05-12-19	14:00	06-12-19	18:30
Bario total	mg/l	0,016	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Berilio total	mg/l	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Boro total	mg/l	0,125	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cadmio total	mg/l	< 0,0005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cianuro total	mg/l	<0,0009	05-12-19	09:15	05-12-19	11:00
Cloruro	mg/l	24,44	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Cobalto Total	mg/l	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Cobre Total	mg/l	< 0,0005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Color Verdadero	Pt/Co	<5	05-12-19	13:00	05-12-19	15:00
Cromo total	mg/l	0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
DBO5	mg/l	<1,0	05-12-19	09:30	10-12-19	10:30
DQO	mg/l	<2	05-12-19	10:30	05-12-19	16:30
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	166,0	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Fósforo Total	mg/l	< 0,006	05-12-19	13:05	17-12-19	15:15
Hierro Total	mg/l	0,067	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Litio Total	mg/l	< 0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Manganeso Total	mg/l	0,004	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Mercurio Total	ug/l	<0,5	06-12-19	06:55	11-12-19	10:00
Molibdeno Total	mg/l	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Niquel Total	mg/l	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Nitratos	mg/l	0,750	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Nitritos	mg/l	<0,015	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Plata Total	mg/l	<0,005	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Plomo Total	mg/l	<0,001	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
R.A.S.	-	0,37	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Selenio Total	ug/l	<0,5	06-12-19	07:15	11-12-19	18:00

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Final

**Informe N° 2360/2019**

Parámetros en Agua Superficial (2)	Unidad	JU-10	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Terminó	
Sodio Porcentual	%	12,34	02-01-20	12:15	02-01-20	15:15
Sól. Susp. Inorgánicos	mg/l	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sól. Susp. Orgánicos	mg/l	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sól. Susp. Totales	mg/l	<1,0	05-12-19	12:00	05-12-19	15:00
Sólidos Disueltos	mg/l	295	05-12-19	12:00	05-12-19	17:00
Sólidos Sedimentables	ml/h	<0,1	05-12-19	11:00	05-12-19	12:00
Sulfato	mg/l	90,86	05-12-19	09:03	10-12-19	14:38
Turbidez	NTU	1	05-12-19	10:00	05-12-19	11:30
Vanadio total	mg/l	0,002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26
Zinc total	mg/l	<0,0002	05-12-19	13:05	16-12-19	15:26



Firmado digitalmente por Johanna Elizeth Beltran Concha  
 Nombre de reconocimiento (DN): c=CL, st=DEL BIOBIO, l=Concepcion, o=Universidad de Concepcion, ou=Centro EULA, cn=Johanna Elizeth Beltran Concha, email=jbeltran@udec.cl  
 Fecha: 2020.01.09 16:56:18 -04'00'

**I.A. Medición / Análisis**  
**Jefe Laboratorio**

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
 "Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"



**Anexo 4-3: Informe de laboratorio de la química de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N° 2364/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula - Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina.
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: Johanna Beltrán C. / 14.272.516-9 (Centro Eula-Chile)
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: Cristián Espinoza H. / 10.579.309-K (Centro Eula-Chile)
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No Aplica.
<b>MUESTREADO POR</b>	: Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción
<b>FECHA Y HORA INICIO MUESTREO</b>	: 03/12/2019 10:00 h
<b>FECHA Y HORA TERMINO MUESTREO</b>	: 03/12/2019 19:30 h
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Blanco, Los Andes y Aconcagua.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 05/12/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 20/01/2020
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No Aplica.

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA – Chile. Acreditado INN LE 239**

Aluminio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Arsénico	: EPA-3050-B (Digestión) - 3114 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cadmio	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cobre	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Cromo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio*  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

**Informe N° 2364/2019**

Hierro	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Manganeso	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Materia Orgánica Total	: Métodos de análisis recomendados para Gobierno de Chile Ministerio de los suelos de Chile Revisión 2006. Agricultura, INIA y Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo. Método 1.1, Preparación de las muestras. Método 7.2. Pérdida por calcinación.
Mercurio	: EPA-245.5 (Digestión) - 3112 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Molibdeno	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Plomo	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.
Zinc	: EPA-3050-B (Digestión) - 3120 B (Cuantificación) Standard Methods 23 <sup>th</sup> Edition.

***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio***  
***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***  
*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo o muestreo"*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS</b>	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2364/2019**

Parámetros en Sedimentos (2)	Unidad	C	23	28	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Término	
Aluminio	mg/kg	13997,8	24384,9	19647,1	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Arsénico	mg/kg	36,69	34,02	40,46	06-01-20	07:05	15-01-20	18:45
Cadmio	mg/kg	3,58	2,55	1,80	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cobre	mg/kg	2310,2	1922,4	332,6	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cromo	mg/kg	22,00	24,97	26,19	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Hierro	mg/kg	51659,3	65308,9	54161,5	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Manganeso	mg/kg	1897,4	1910,4	1049,4	06-01-20	07:05	16-01-20	16:12
Materia Orgánica Total	%	1,8	1,9	1,3	06-01-20	10:30	09-01-20	17:30
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	06-01-20	08:25	10-01-20	10:30
Molibdeno	mg/kg	16,26	13,61	12,43	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Plomo	mg/kg	26,23	18,64	7,96	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Zinc	mg/kg	284,3	239,6	67,9	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08

Parámetros en Sedimentos (2)	Unidad	BL10	BL10A	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Término	
Aluminio	mg/kg	18326,8	18520,7	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Arsénico	mg/kg	24,18	24,56	06-01-20	07:05	15-01-20	18:45
Cadmio	mg/kg	1,62	1,60	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cobre	mg/kg	504,8	422,1	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cromo	mg/kg	22,64	24,87	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Hierro	mg/kg	44127,2	45447,5	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Manganeso	mg/kg	1092,9	1099,2	06-01-20	07:05	16-01-20	16:12
Materia Orgánica Total	%	1,3	1,3	06-01-20	10:30	09-01-20	17:30
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	06-01-20	08:25	10-01-20	10:30
Molibdeno	mg/kg	8,15	6,00	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Plomo	mg/kg	8,24	8,87	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Zinc	mg/kg	103,9	92,6	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08

Nota:

- (2) Preservación y envases proporcionado por el Laboratorio de Ensayo EULA-Chile.
- (3) Fecha corresponde a inicio de la realización del análisis.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
*"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"*

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 / INN - SISS	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2364/2019**

Parámetros en Sedimentos (2)	Unidad	BL20	AC10	AC10B	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Término	
Aluminio	mg/kg	16670,1	25431,0	25224,0	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Arsénico	mg/kg	28,03	19,91	30,53	06-01-20	07:05	15-01-20	18:45
Cadmio	mg/kg	1,59	1,63	1,97	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cobre	mg/kg	681,7	217,6	278,6	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cromo	mg/kg	25,00	20,91	23,69	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Hierro	mg/kg	46891,5	47374,3	50055,4	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Manganeso	mg/kg	788,6	1118,1	1143,5	06-01-20	07:05	16-01-20	16:12
Materia Orgánica Total	%	1,3	1,7	2,0	06-01-20	10:30	09-01-20	17:30
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	<19,7	06-01-20	08:25	10-01-20	10:30
Molibdeno	mg/kg	13,39	6,35	8,54	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Plomo	mg/kg	9,51	12,24	13,45	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Zinc	mg/kg	91,1	102,6	104,8	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08

Parámetros en Sedimentos (2)	Unidad	AC20	JU10	Fecha y Hora de Inicio		Fecha y Hora de Término	
Aluminio	mg/kg	15511,1	25782,1	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Arsénico	mg/kg	15,18	14,56	06-01-20	07:05	15-01-20	18:45
Cadmio	mg/kg	1,34	1,59	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cobre	mg/kg	86,56	38,55	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Cromo	mg/kg	11,11	21,17	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Hierro	mg/kg	37799,7	48900,9	06-01-20	07:05	16-01-20	11:31
Manganeso	mg/kg	1095,3	1190,8	06-01-20	07:05	16-01-20	16:12
Materia Orgánica Total	%	1,1	1,2	06-01-20	10:30	09-01-20	17:30
Mercurio	µg/kg	<19,7	<19,7	06-01-20	08:25	10-01-20	10:30
Molibdeno	mg/kg	3,68	4,77	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Plomo	mg/kg	12,10	11,57	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08
Zinc	mg/kg	107,1	97,4	06-01-20	07:05	15-01-20	19:08

  
**Johanna Beltrán C.**  
 I.A. Medición / Análisis  
 Jefe Laboratorio

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**  
 "Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

**Anexo 4-4: Informe de laboratorio de la granulometría de los sedimentos.**

 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
Código: LEE-FOR-510-01		Versión 5.0

Informe N° 2363/2019

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	CODELCO ANDINA
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro Eula-Chile, Barrio Universitario s/n, Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: No aplica
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Sedimentos
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>MUESTREADO POR</b>	: Centro Eula
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 03/12/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: No aplica
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 05/12/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 13/12/2019
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**METODOLOGÍA:**

*Granulometría:*

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue tamizada a 2000µm. La fracción menor a 2000 µm fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 µm. Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumento entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n • Casilla 160-C • Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 • Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile • E-mail: [info@eula.cl](mailto:info@eula.cl) • [www.eula.cl](http://www.eula.cl)



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Califica con un solo estándar</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 2363/2019

**RESULTADOS**

Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas ( $\phi$ ).

N° Estación	Media ( $\phi$ )	Selección ( $\phi$ )	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
C	4,46	1,81	0,76	2,89	Limo muy grueso
23	5,15	1,73	0,26	2,55	Limo grueso
28	4,04	1,44	1,59	6,72	Arena muy fina
BL10	1,56	1,28	1,27	9,22	Arena media
BL10A	2,38	1,39	2,01	8,08	Arena fina
BL20	3,15	1,32	1,84	7,24	Arena fina
AC10	4,63	1,84	0,75	3,32	Limo muy grueso
AC10B	5,02	1,69	1,05	3,99	Limo muy grueso
AC20	1,31	1,16	2,18	11,58	Arena media
JU10	2,94	1,27	1,44	7,73	Arena fina
Relave	6,46	1,75	0,15	2,38	Limo medio

Interpretación granulométrica (Tabla 1)

Selección	Asimetría	Curtosis
Muy bien seleccionado	< 0,35	Muy platocúrtica
Bien seleccionado	0,35 – 0,50	Platocúrtica
Moderadamente bien seleccionado	0,50 – 0,70	Mesocúrtica
Moderadamente seleccionado	0,70 – 1,00	Leptocúrtica
Pobramente seleccionado	1,00 – 2,00	Muy leptocúrtica
Muy pobremente seleccionado	2,00 – 4,00	
Extremadamente mal seleccionado	>4,00	

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</b> Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Avanzados
--	--	---

Informe N° 2363/2019

**RESULTADOS**

Tabla 2. Facies texturales de la muestra analizada

N° Estación	% Fango	% Arena	% Grava
C	52	48	0
23	73	27	0
28	42	58	0
BL10	3	95	2
BL10A	11	89	0
BL20	16	84	0
AC10	57	43	0
AC10B	70	30	0
AC20	3	97	0
JU10	13	87	0
Relave	91	9	0

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

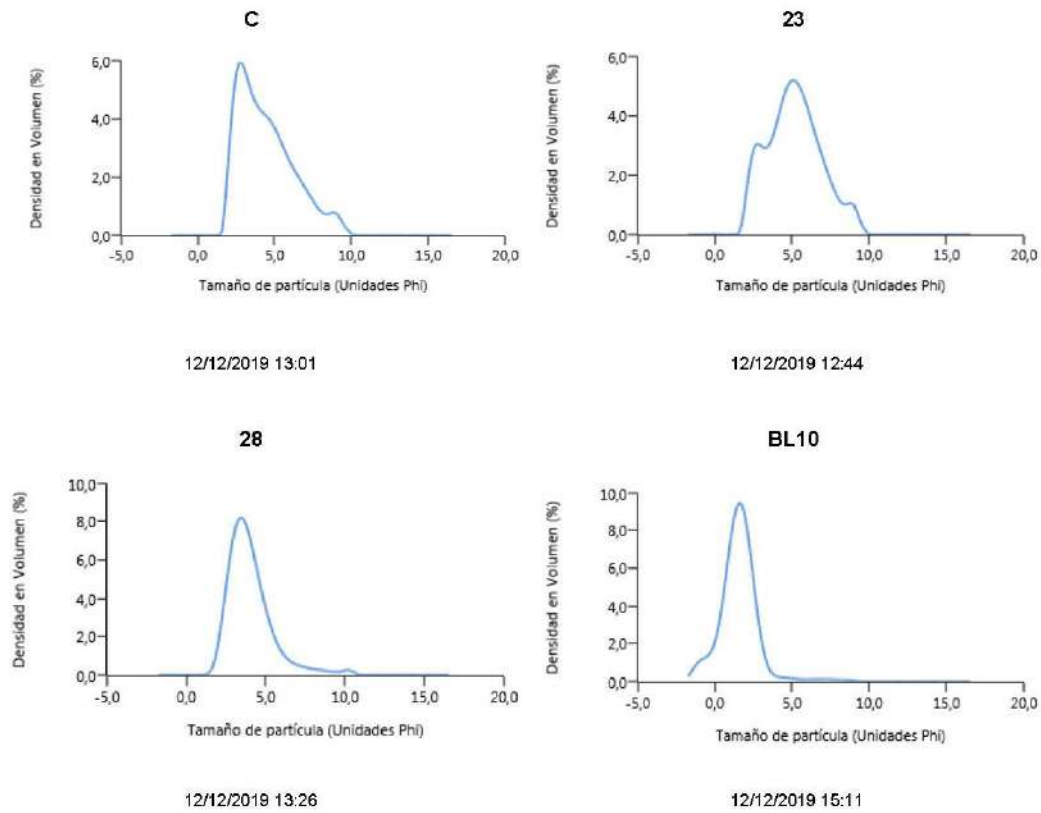
Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario sm • Casilla 160 C • Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 • Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile • E-mail: eula@udoc.cl • www.eula.cl



Informe N° 2363/2019

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas



**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

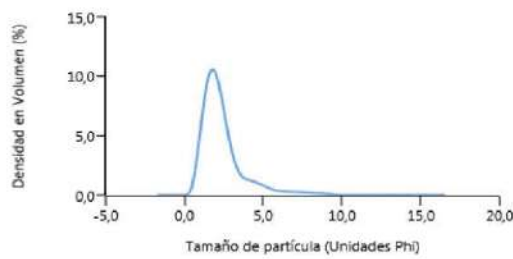
Banco Universitario s/n - Casilla 160-C - Fonos (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios y Análisis
Versión 5.0		

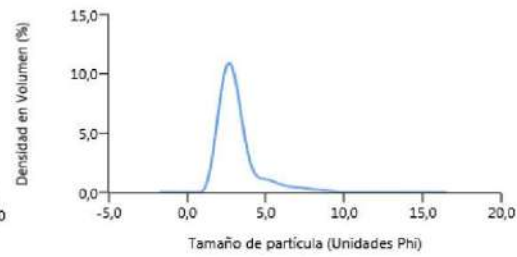
Informe N° 2363/2019

**BL10A**



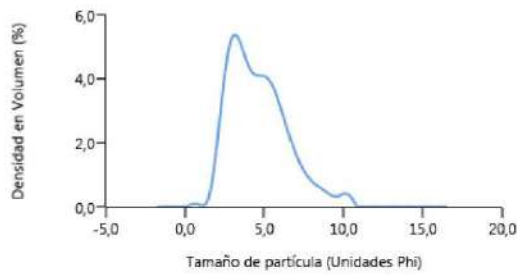
12/12/2019 12:05

**BL20**



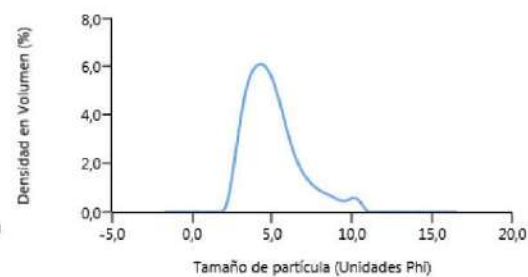
12/12/2019 12:30

**AC10**



12/12/2019 13:16

**AC10B**



12/12/2019 13:48

**Esta información es válida sólo en original y con el Vº Bº del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

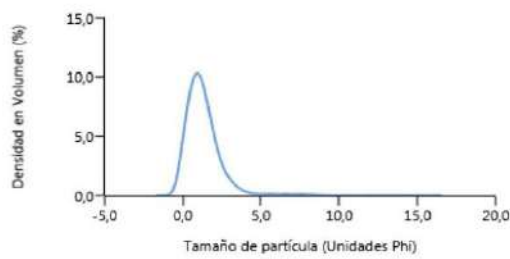
Banco Universitario s.m. - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 79 76  
Concepción, Chile - E-mail: eula@eula.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b> Código: LEE-FOR-510-01	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005 Versión 5.0	 <b>EULA-CHILE</b> Centro de Estudios Ambientales
--	--	---

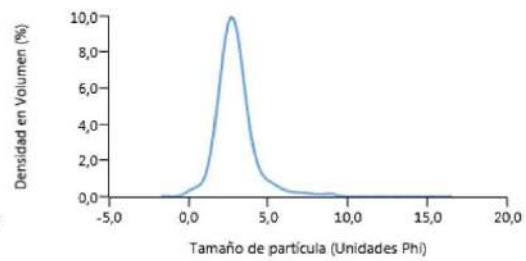
Informe N° 2363/2019

**AC20**



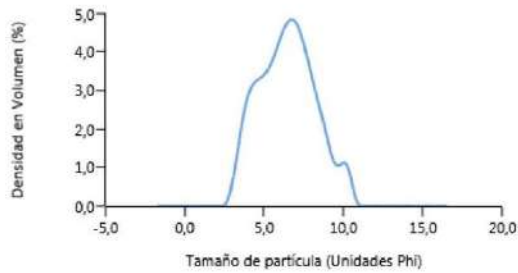
12/12/2019 14:03

**JU10**



12/12/2019 13:37

**Relave**



12/12/2019 11:24

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 2363/2019

### Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus intemational. 2000.Diffracton for particle size analysis - why use Mie theory? Malvern Instruments Ltd. England.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.


  
 Firmado digitalmente por Alberto  
 Eduardo Araneda Castillo  
 Nombre de reconocimiento (DN):  
 c=CL, y=DEL EULO,  
 e=Concepcion, o=Universidad de  
 Concepcion, ou=Centro EULA,  
 cn=Alberto Eduardo Araneda  
 Castillo,  
 email=aseara@ideen@gmail.com  
 Fecha: 2019.12.13 11:30:11 -0500'

**Dr. Alberto Araneda C**  
 Laboratorio de Sedimentología

DAS/AEAC



***Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor del Laboratorio de Sedimentología***

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n • Casilla 160-C • Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 • Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile • E-mail: eula@udec.cl • www.eula.cl



**Anexo 4-5: Informe de laboratorio de bioindicadores de calidad de agua (macroinvertebrados bentónicos).**

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	Inicio

**Informe N°2410/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: Codelco Andina
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: Codelco Andina
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial
<b>I.A. ANÁLISIS / CODIGO</b>	: No aplica
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: APHA, 2017 10500 B. Standard Methods 23th Edition.
<b>MUESTREADO POR</b>	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 04/12/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Río Aconcagua
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 09/12/2019
<b>FECHA EMISIÓN DE INFORME</b>	: 27/04/2020
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica

**ANÁLISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS ETFA 021-03 (UDEC EULA)**

Zoobentos cuantitativo : Benthic macroinvertebrates – Sample processing and analysis

*Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario s/n • Casilla 160-C • Fonos (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 • Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile • E-mail: eula@udec.cl • www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</b>	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N°2410/2019**

Taxa	C	C	C	C	23	23	23	23	28	28	28	28
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Limnoperla ioffuelli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notoperla archiplatae</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridalaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meridalaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	3	1
<i>Meridalaris chiloensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Massartellopsis irrazavall</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nausia belka</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	3	2	0	2	1	0	3		1	0	3	1
<i>Andesiops tarrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aeshna</i> sp. (Odonata)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	3	9	12	1	7	11	18	12	15	6	12	10
Ephydriidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025-Of. 2005</b>	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 5.0	

Informe N°2410/2019

Taxa	BL10	BL10	BL10	BL10	BL10A	BL10A	BL10A	BL10A	BL20	BL20	BL20	BL20
<b>Taxa</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notoperla archiplatae</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	1	0	0	0	12	1	3	28	0	0	0	0
<i>Meridalaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Meridalaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Meridalaris chiloensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Massartellopsis irarrazavali</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	1	0	1	3	0	1	1	0	0	1	0	0
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	1	0	0	12	1	2	10	0	0	1	0
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aeshna</i> sp. (Odonata)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	1	3	1	0	1	3	9	0	0	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	8	28	12	10	25	7	13	21	1	3	4	1
Ephydriidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**Informe N°2410/2019**

Taxa	AC10				AC10B				AC20			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	1	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Notoperla archiplatae</i> (Plecoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	1	1	2	0	2	3	11	8	-	-	-	-
<i>Meridalaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-
<i>Meridalaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Meridalaris chilooensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	1	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Massartellopsis irrazavali</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0	0	1	0	1	-	-	-	-
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	0	1	0	0	0	0	1	0	-	-	-	-
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	1	3	0	0	1	2	1	-	-	-	-
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	-	-	-	-
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	1	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	1	0	0	-	-	-	-
Elmidae (Coleoptera)	0	0	1	0	0	1	0	1	-	-	-	-
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Bekostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0	0	0	1	0	-	-	-	-
<i>Aeshna</i> sp. (Odonata)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Athericidae (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Ceratopogonidae (Diptera)	0	0	1	1	0	0	0	0	-	-	-	-
Empididae (Diptera)	0	0	0	0	0	2	1	1	-	-	-	-
Muscidae (Diptera)	0	1	0	0	0	1	0	0	-	-	-	-
Simuliidae (Diptera)	0	0	1	0	0	1	1	2	-	-	-	-
Tipulidae (Diptera)	0	0	1	0	1	3	2	0	-	-	-	-
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	0	0	0	0	0	0	1	-	-	-	-
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	1	0	1	0	1	-	-	-	-
Chironomidae (Diptera)	15	13	25	6	39	25	11	13	-	-	-	-
Ephydriidae (Diptera)	9	1	0	0	0	0	2	0	-	-	-	-
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Hyaletia</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Hydracarina (Acari)	0	1	0	0	0	0	1	0	-	-	-	-
Araneae (Araneida)	1	0	0	0	1	0	0	0	-	-	-	-
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Naididae (Oligochaeta)	1	2	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0	1	3	0	0	-	-	-	-
Dugesiiidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0	0	0	1	0	-	-	-	-
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-


Nota: Abundancias de zoobentos por Surber (Ind./0,09 m<sup>2</sup>).

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N°2410/2019**

Taxa	JU10	JU10	JU10	JU10
	1	2	3	4
<i>Limnoperla jaffueli</i> (Plecoptera)	1	0	0	0
<i>Notoperla archiplatae</i> (Plecoptera)	0	1	0	0
<i>Andesiops</i> sp. (Ephemeroptera)	1	2	3	0
<i>Meridialaris laminata</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Meridialaris diguillina</i> (Ephemeroptera)	0	1	0	0
<i>Meridialaris chilooensis</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Massartellops irrazavalk</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Nousia bella</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Penaphlebia barriai</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
<i>Andesiops peruvianus</i> (Ephemeroptera)	0	1	0	0
<i>Andesiops torrens</i> (Ephemeroptera)	0	0	0	0
Hydrobiosidae (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Smicridea</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Mastigoptila</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Brachysetodes</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
<i>Parasericostoma</i> sp. (Trichoptera)	0	0	0	0
Hydrophilidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Elmidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Dytiscidae (Coleoptera)	0	0	0	0
Hydraenidae (Coleoptera)	0	0	0	0
<i>Microvelia</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0
<i>Belostoma</i> sp. (Hemiptera)	0	0	0	0
Corixidae (Hemiptera)	0	0	0	0
Lepidoptera (Lepidoptera)	0	0	0	0
<i>Aeshna</i> sp. (Odonata)	0	0	0	0
Athericidae (Diptera)	1	0	0	2
Ceratopogonidae (Diptera)	0	1	0	0
Empididae (Diptera)	0	0	1	0
Muscidae (Diptera)	1	0	0	2
Simuliidae (Diptera)	0	0	0	0
Tipulidae (Diptera)	0	0	0	0
<i>Limonia</i> sp. (Diptera)	0	1	0	0
Blephariceridae (Diptera)	0	0	0	0
Chironomidae (Diptera)	3	2	12	1
Ephydriidae (Diptera)	0	0	0	0
Onychiuridae (Collembola)	0	0	0	0
<i>Hyalella</i> sp. (Amphipoda)	0	0	0	0
Hydracarina (Acari)	0	0	0	0
Araneae (Araneida)	0	0	0	0
<i>Physa chilensis</i> (Gastropoda)	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp. (Oligochaeta)	0	0	0	0
Naididae (Oligochaeta)	0	0	1	0
Lumbriculidae (Oligochaeta)	0	0	0	0
Dugesidae (Platyhelminthes)	0	0	0	0
Nematoda (Nematoda)	0	0	0	0

**Dr. Claudio Valdovinos**  
Supervisor Laboratorio de Macrofauna

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**Anexo 4-6: Bioensayos de toxicidad de las aguas de ecosistema fluvial.**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

<b>TITULAR DEL PROYECTO</b>	: CODELCO ANDINA.
<b>DIRECCIÓN FUENTE EMISORA</b>	: Barrio Universitario s/n, Concepción.
<b>SOLICITADO POR</b>	: Dr. Claudio Valdovinos.
<b>FUENTE / ACTIVIDAD</b>	: CODELCO ANDINA
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: Agua Superficial / Agua Residual.
<b>I.A. ANALISIS / CODIGO</b>	: No aplica.
<b>I.A. MUESTREO / CODIGO</b>	: No aplica.
<b>PROGRAMA MUESTREO</b>	: ATE-2019-CRVZ-11
<b>PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO</b>	: NCh-ISO 5667/6:2015
<b>MUESTREO POR</b>	: Centro EULA - Chile, Universidad de Concepción.
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 03/12/2019
<b>LUGAR DE MUESTREO</b>	: Los Andes, Río Blanco, Aconcagua.
<b>FECHA DE RECEPCION</b>	: 05/12/2019
<b>FECHA EMISION DE INFORME</b>	: 07/01/2020
<b>INST GEST.AMB. APLICABLE</b>	: No aplica.

**ANALISIS Y MÉTODOS ANALÍTICOS CENTRO EULA-Chile.**

Toxicidad aguda con *Daphnia magna* : NCh 2083 Of (1999).

Toxicidad crónica con *Daphnia magna* : US EPA (1996) Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300. Daphnid Chronic Toxicity Test. USEPA, 712-C-96-120.

La mantención de los cultivos de dáfidos y los bioensayos de toxicidad aguda con *D. magna* se realizaron de acuerdo a la NCh 2083 Of. 1999. En primer lugar se efectúa un test preliminar con diluciones de la muestra de 100%, 50%, 25%, 12,5% y 6,25%; en base a estos resultados, se hizo el test definitivo dentro del rango de diluciones adecuadas para obtener la concentración de inhibición de movilidad 50 (Cl<sub>50</sub>) <sup>(1)</sup>. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad aguda se muestra en la Tabla 1. El método estadístico para la obtención del Cl<sub>50</sub>, corresponde al método Probit (USEPA, 1991).

Para comparar el efecto de la muestra sobre la reproducción de *D. magna* con respecto al control, se trabaja en base a los resultados del bioensayo agudo, por lo tanto, se utiliza un intervalo de diluciones generalmente en progresión geométrica, donde la mayor es aquel valor en el cual no se observa mortalidad sobre la población experimental. Un resumen de las condiciones de los bioensayos de toxicidad crónica se muestra en la Tabla 2. Se utilizó el programa estadístico TOXSTAT (versión 2.1) para determinar las diferencias significativas entre la muestra y el control del laboratorio.

Nota:

(1) Cl<sub>50</sub>: Concentración de muestra que inmoviliza el 50% de los organismos en 24 y 48 horas de exposición, expresada en porcentaje de muestra o en mg/L, de acuerdo a la NCh 2083. Of 1999.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Evaluación de la Calidad</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 1.** Resumen de las condiciones de ensayos agudos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático sin renovación
2. Duración de la prueba.	24 y 48 horas
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperiodos	Oscuridad
5. Edad de los organismos	Neonatos de ≤ 24 hrs.
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L expresada como CaCO <sub>3</sub> pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Criterio de toxicidad	Inhibición de movilidad (CI <sub>50</sub> )
8. Criterio de aceptabilidad	Movilidad de controles ≥ 90%

**Tabla 2.** Resumen de las condiciones de ensayos crónicos con *D. magna*.

1. Tipo de ensayo	Estático con renovación
2. Duración de la prueba	21 días
3. Temperatura	20°C ± 2°C
4. Fotoperiodo	16 hrs. luz; 8 hrs. oscuridad
5. Tratamiento	Según CI <sub>50</sub>
6. Agua de dilución	Agua reconstituida Dureza: 250 mg/L ± 25 mg/L CaCO <sub>3</sub> . pH : 7,9 ± 0,1 OD: sobre un 80% de saturación.
7. Régimen de alimentación	Día por medio
8. Efecto	Reproducción
9. Criterio de aceptabilidad	Sobrevivencia de controles >80%

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**“Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo”**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n • Casilla 160-C • Fonos (56-41) 220 40 00 - 220 40 18 • Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile • Email: eula@udec.cl • www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03</b> <b>Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005</b>	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Ensayos y Análisis</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 3. Periodo de inicio y término del ensayo de toxicidad aguda.**

Identificación de las muestras	Bioensayos Agudos			
	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término
C	05/12/2019	10:20	07/12/2019	10:20
23	09/12/2019	10:36	11/12/2019	10:40
28	09/12/2019	10:28	11/12/2019	10:20
BL-10	05/12/2019	10:50	07/12/2019	10:50
BL-10 A	05/12/2019	10:35	07/12/2019	10:35
BL-20	05/12/2019	10:26	07/12/2019	10:26
AC-10	09/12/2019	10:48	11/12/2019	10:50
AC-10 B	05/12/2019	10:17	07/12/2019	10:17
JU-10	05/12/2019	16:38	07/12/2019	16:38
RELAVE	09/12/2019	11:00	11/12/2019	11:00

**Tabla 4. Periodo de inicio y término del ensayo de toxicidad crónica.**

Identificación de las muestras	Bioensayos Crónicos			
	Fecha de Inicio	Hora de Inicio	Fecha de Término	Hora de Término
C	11/12/2019	10:45	01/01/2020	11:00
23	11/12/2019	11:00	01/01/2020	11:12
28	11/12/2019	11:20	01/01/2020	11:20
BL-10	11/12/2019	14:00	01/01/2020	13:35
BL-10 A	11/12/2019	11:38	01/01/2020	11:33
BL-20	11/12/2019	13:35	01/01/2020	13:04
AC-10	11/12/2019	12:00	01/01/2020	12:00
AC-10 B	11/12/2019	14:13	01/01/2020	13:20
JU-10	11/12/2019	12:18	01/01/2020	12:28
RELAVE	11/12/2019	12:45	01/01/2020	12:45

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**“Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo”**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n • Casilla 160-C • Fonos (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 • Fax (56-41) 220 79 76  
 Concepción, Chile • E-mail: eula@udec.cl • www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Ensayos y Análisis</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 2362/2019

**MUESTRA: C**

**Tabla 5.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		C
pH	-	7,35
Conductividad	μS/cm	304

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: C, no registró toxicidad (Tabla 6).

**Tabla 6.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		C
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25% .

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: C, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 7).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC: corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**“Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo o muestreo”**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fonos (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 79 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 7.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
C (25%)	10	9,2	3,0	8,8	38,2*
C (50%)	10	9,0	2,7	7,3	38,4*
C (100%)	10	7,5	1,8	3,4	39,7*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 ( $p = 0,05$ ); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: C, no registró toxicidad aguda ( $CI_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**MUESTRA: 23**

**Tabla 8.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		23
pH	-	7,35
Conductividad	μS/cm	330

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 23, no registró toxicidad (Tabla 9).

**Tabla 9.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		23
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: 23, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 10).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 10.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
23 (25%)	10	17,1	3,2	10,3	29,6*
23 (50%)	10	16,8	2,3	5,5	29,9*
23 (100%)	10	15,6	2,5	6,5	30,9*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 23, no registró toxicidad aguda (CI<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: 28**

**Tabla 11.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		28
pH	-	7,20
Conductividad	µS/cm	314

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 28, no registró toxicidad (Tabla 12).

**Tabla 12.** Resultados de toxicidad aguda CI<sub>50</sub> con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		28
Toxicidad aguda 24 h CI <sub>50</sub>	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h CI <sub>50</sub>	%	N.D

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fonos (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna* :

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25% .

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: 28, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 13).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 13.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
28 (25%)	10	33,1	1,4	2,1	19,4*
28 (50%)	10	29,2	2,3	5,5	23,4*
28 (100%)	10	27,6	2,5	6,0	25,0*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05), (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: 28, no registró toxicidad aguda (Cl<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: BL-10**

**Tabla 14.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros(*)	Unidad	Identificación de la muestra
		BL-10
pH	-	7,80
Conductividad	µS/cm	1076

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL-10, no registró toxicidad (Tabla 15).

**Tabla 15.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL-10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir en un 100% y diluida al 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: BL-10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 16).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente

**Tabla 16.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
BL-10 (25%)	10	31,4	2,7	7,2	17,9*
BL-10 (50%)	10	29,1	3,4	11,9	19,9*
BL-10 (100%)	10	24,2	1,5	2,2	24,1*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL-10, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

Informe N° 2362/2019

**MUESTRA: BL-10 A**

**Tabla 17.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL-10 A
pH	-	7,86
Conductividad	µS/cm	279

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL-10 A, no registró toxicidad (Tabla 18).

**Tabla 18.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL-10 A
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: BL-10 A, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 19).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 19.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
BL-10 A (25%)	10	18,9	1,5	2,3	28,8*
BL-10 A (50%)	10	16,7	2,5	6,2	30,6*
BL-10 A (100%)	10	10,9	3,5	12,5	35,7*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL-10 A, no registró toxicidad aguda (Cl<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: BL-20**

**Tabla 20.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		BL-20
pH	-	7,51
Conductividad	µS/cm	594

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL-20, no registró toxicidad (Tabla 21).

**Tabla 21.** Resultados de toxicidad aguda Cl<sub>50</sub> con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		BL-20
Toxicidad aguda 24 h Cl <sub>50</sub>	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h Cl <sub>50</sub>	%	N.D

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	 <b>EULA-CHILE</b> <small>Centro de Estudios Ambientales</small>
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna* :

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25% .

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: BL-20, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 22).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 22.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
BL-20 (25%)	10	19,1	2,2	5,0	29,3*
BL-20 (50%)	10	14,8	2,9	8,4	33,2*
BL-20 (100%)	10	12,1	2,5	6,3	35,6*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05), (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: BL-20, no registró toxicidad aguda (Cl<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC-10**

**Tabla 23.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		AC-10
pH	-	7,70
Conductividad	µS/cm	258

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC-10, no registró toxicidad (Tabla 23).

**Tabla 23.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC-10
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: AC-10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 24).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 24.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
AC-10 (25%)	10	33,2	2,7	7,1	17,5*
AC-10 (50%)	10	27,3	1,9	3,8	22,9*
AC-10 (100%)	10	22,9	2,6	7,0	27,0*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC-10, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: AC-10 B**

**Tabla 25.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC-10 B
pH	-	7,78
Conductividad	µS/cm	272

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC-10 B, no registró toxicidad (Tabla 26).

**Tabla 26.** Resultados de toxicidad aguda  $Cl_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		AC-10 B
Toxicidad aguda 24 h $Cl_{50}$	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h $Cl_{50}$	%	N.D

N.D= No detectado.

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25% . En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: AC-10 B, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 27).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 27.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
AC-10 B (25%)	10	20,8	2,9	8,4	29,2*
AC-10 B (50%)	10	16,6	2,2	4,9	33,1*
AC-10 B(100%)	10	12,4	2,0	4,0	37,0*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05), (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: AC-10 B, no registró toxicidad aguda (Cl<sub>50</sub>) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

**MUESTRA: JU-10**

**Tabla 28.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		JU-10
pH	-	8,01
Conductividad	µS/cm	254

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: JU-10, no registró toxicidad (Tabla 29).

**Tabla 29.** Resultados de toxicidad aguda Cl<sub>50</sub> con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		JU-10
Toxicidad aguda 24 h Cl <sub>50</sub>	%	N.D
Toxicidad aguda 48 h Cl <sub>50</sub>	%	N.D

N.D= No detectado.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

**"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"**

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario s/r - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra sin diluir al 100% y diluida en un 50% y 25%

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: JU-10, se registró un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra (Tabla 30).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en la cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Tabla 30.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
JU-10 (25%)	10	18,5	3,0	8,9	28,1*
JU-10 (50%)	10	16,0	2,6	6,7	30,2*
JU-10 (100%)	10	15,9	2,7	7,4	30,3*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05).

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: JU-10, no registró toxicidad aguda ( $Cl_{50}$ ) a las 48 horas de exposición. El bioensayo crónico presentó un LOAEC de 25% y un NOAEC < 25% de dilución de la muestra.

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono: (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax: (56-41) 220 70 70  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**MUESTRA: RELAVE**

**Tabla 31.** Condiciones de ensayo agudo con *D. magna* para la muestra analizada

Parámetros (*)	Unidad	Identificación de la muestra
		RELAVE
pH	-	11,63
Conductividad	µS/cm	2881

(\*) Valores de parámetros medidos In Situ.

**RESULTADOS:**

Toxicidad Aguda con *D. magna*:

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: RELAVE, registró toxicidad a las 24 horas de exposición con una  $CI_{50}$  de 44,81% y a las 48 horas de exposición con una  $CI_{50}$  de 40,56% de dilución de la muestra (Tabla 32).

**Tabla 32.** Resultados de toxicidad aguda  $CI_{50}$  con *D. magna*.

Parámetros	Unidad	Identificación de la muestra
		RELAVE
Toxicidad aguda 24 h $CI_{50}$	%	44,81
Toxicidad aguda 48 h $CI_{50}$	%	40,56

Toxicidad Crónica con *D. magna*:

Las diluciones utilizadas para la realización del bioensayo de toxicidad crónica, fueron definidas una vez realizado el ensayo agudo; se trabajó con la muestra diluida en un 25%, 12,5% y 6,25%.

En el bioensayo crónico de *D. magna* con la muestra de CODELCO ANDINA: RELAVE, se registró un LOAEC de 6,25% y un NOAEC < 6,25% de dilución de la muestra (Tabla 33).

\*LOAEC corresponde a la dilución más baja de la muestra en el cual se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

\*NOAEC corresponde a la dilución más alta ensayada de la muestra en la cual no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el promedio de crías nacidas por hembra, con respecto al grupo control.

**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

**“Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo”**

Por el desarrollo libre del espíritu

Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl



 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005	
	Código: LEE-FOR-510-01	

**Informe N° 2362/2019**

**Tabla 33.** Valores promedio de neonatos producidos por *D. magna*, desviación estándar, varianza y valor T del test de Dunnett.

Muestra	n	Promedio Neonatos	SD	Varianza	Valor t (Test de Dunnett)
Control	10	52,2	2,4	5,7	
RELAVE (6,25%)	10	17,4	2,7	7,2	28,2*
RELAVE (12,5%)	10	16,1	2,8	7,9	29,2
RELAVE (25%)	10	14,3	3,1	9,8	30,7*

Valor de tabla Dunnett = 2,47 (p = 0,05); (\*) = Diferencia estadísticamente significativa.

**COMENTARIO:**

El bioensayo de toxicidad aguda realizado con *D. magna*, para la muestra de CODELCO ANDINA: RELAVE, registró toxicidad a las 24 y 48 horas de exposición con una  $Cl_{50}$  de 44,81% y 40,56% respectivamente, mientras que el bioensayo crónico presentó un LOAEC de 6,25% y un NOAEC < 6,25% de dilución de la muestra.


  
 Firmado digitalmente por  
 Roberto Enrique Urrutia Perez  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): c=CL, st=DEL BIOBIO,  
 l=Concepcion, o=Universidad  
 de Concepcion,  
 ou=Educación superior,  
 cn=Roberto Enrique Urrutia  
 Perez, email=rurrutia@udec.cl  
 Fecha: 2020.01.07 16:06:11  
 -03'00'

**Dr. Roberto Urrutia P.**  
**Supervisor Analítico de Bioensayos**

Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Supervisor Analítico de Bioensayos.

Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.

"Los resultados indicados en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo"

Por el desarrollo libre del espíritu

Banco Universitario s/n - Casilla 160-C - Fono (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@udec.cl - www.eula.cl





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b> ORGANISMO DE INSPECCION EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Acreditado NCh-ISO 17020:Of. 2012	
Código: LEE-FOR-510-01	Versión 3	Inicio

## Informe N° 2365/2019

TITULAR DEL PROYECTO	: Corporación Nacional del Cobre de Chile
DIRECCIÓN FUENTE EMISORA	: Santa Teresa 513, Los Andes
SOLICITADO POR	: Dr. Claudio Valdovinos
FUENTE / ACTIVIDAD	: GSAE – Codelco División Andina
TIPO DE MUESTRA	: Sedimentos
PROGRAMA MUESTREO	: Memo 286/2019
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	: LEE-MDT-507-01 v8 y LEE-PRO-507-01 V17
MUESTREO POR	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
I.A. MUESTREO y MEDICION/ CODIGO	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K
FECHA Y HORA DE INICIO DE MUESTREO	: 03-12-2019      10:00    h
FECHA Y HORA DE TERMINO DE MUESTREO	: 03-12-2019      14:30    h
LUGAR DE MUESTREO	: Río Blanco, Los Andes
FECHA Y HORA ENTREGA MUESTRA	: 05-12-2019      9:00     h
FECHA EMISIÓN DE INFORME	: 10-12-2019
INST GEST.AMB. APLICABLE	: N/A

NORMATIVA MEDICIONES ETFA 021-03 (EULA- CHILE)

*Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
 Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu





 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código : LEE-FOR-507-17	Versión 3	

Pag. 2 de 4

**Informe N° 2365/2019**

**Empresa solicitante** Corporación Nacional del Cobre de Chile  
**Fuente Emisora** Santa Teresa 513, Los Andes  
**Punto de Muestreo** Río Blanco, Los Andes

**SEDIMENTOS**

Punto Muestreo	Coordenadas Datum WGS84 H-19		Fecha	Hora
Est- C	6350311,6	382201,6	03-dic	11:00
Est- 23	6349100,61	382793,7	03-dic	11:50
Est- 28	6350311,6	382201,6	03-dic	12:30
Est- BL10	6353409,6	381153,6	03-dic	13:30
Est- BL10a	6353409,6	381153,6	03-dic	15:00
Est- BL20	6357394,5	378633,5	03-dic	15:40
Est- AC10	6362554,9	368332,2	03-dic	16:45
Est- AC10b	6362554,9	368332,2	03-dic	17:30
Est- AC20	6376248,5	335093,5	03-dic	18:30
Est- JU10	6358002,4	378501,9	03-dic	16:15

Verificación de pH				Verificación Conductividad			
Aceptabilidad pH $\pm 0,02$				84 $\mu\text{S/cm}$ (83,16 y 84,84 $\mu\text{S/cm}$ )			
				1413 $\mu\text{S/cm}$ (1398,13 y 1427,13 $\mu\text{S/cm}$ )			
Fecha	valor buffer	lectura equipo	V°B°	9:45:00	Estándar $\mu\text{S/cm}$	lectura equipo	V°B°
03-12-2019	7,00	7,01	√	03-12-2019	1413,0	1413	√

**Nota:** Patrones de pH y Conductividad trazables a Nist

Buffer Ph 7 lote N° : HC67897739

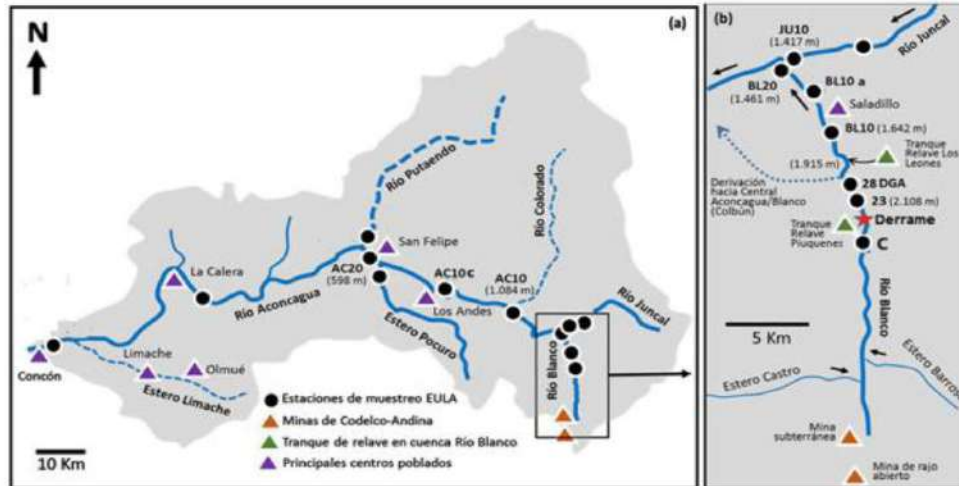
Patron Conductividad 84  $\mu\text{S/cm}$  lote N°: 0024

Patron Conductividad 1413  $\mu\text{S/cm}$  lote N°: 8910

**los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo**  
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu





*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***



**los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo**  
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**

**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**


Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal


Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K  
Muestreo y medición

Por el desarrollo libre del espíritu

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b> ORGANISMO DE INSPECCION EULA-CHILE / CODIGO ETFA 021-03 Acreditado NCh-ISO 17020:Of. 2012	
	Código: LEE-FOR-510-01      Versión 3	

Pag. 1 de 4

Informe N° 2411/2019

TITULAR DEL PROYECTO	: Corporación Nacional del Cobre de Chile
DIRECCIÓN FUENTE EMISORA	: Santa Teresa 513, Los Andes
SOLICITADO POR	: Dr. Claudio Valdovinos
FUENTE / ACTIVIDAD	: GSAE – Codelco División Andina
TIPO DE MUESTRA	: Macroinvertebrados
PROGRAMA MUESTREO	: Memo 286/2019
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	: LEE-MDT-507-01 v8 y LEE-PRO-507-01 V17
MUESTREO POR	: ETFA 021-03 (Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción)
I.A. MUESTREO y MEDICION/ CODIGO	: Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K
FECHA Y HORA DE INICIO DE MUESTREO	: 03-12-2019      9:00      h
FECHA Y HORA DE TERMINO DE MUESTREO	: 04-12-2019      14:00      h
LUGAR DE MUESTREO	: Río Blanco, Los Andes
FECHA Y HORA ENTREGA MUESTRA	: 09-12-2019      9:00      h
FECHA EMISIÓN DE INFORME	: 17-12-2019
INST GEST.AMB. APLICABLE	: N/A

NORMATIVA MEDICIONES ETFA 021-03 (EULA- CHILE)

*Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
 Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Jefe de Laboratorio  
 Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.*

Por el desarrollo libre del espíritu



Barrio Universitario s/n - Casilla 160-C - Fonos (56-41) 220 40 03 - 220 40 18 - Fax (56-41) 220 70 76  
 Concepción, Chile - E-mail: eula@uec.cl - www.uec.cl

 <b>Universidad de Concepción</b>	<b>INFORME DE MUESTREO</b>	
Código : LEE-FOR-507-17	Versión 3	

Pag. 2 de 4

**Informe N° 2411/2019**

**Empresa solicitante** Corporación Nacional del Cobre de Chile  
**Fuente Emisora** Santa Teresa 513, Los Andes  
**Punto de Muestreo** Río Blanco, Los Andes

**SEDIMENTOS**

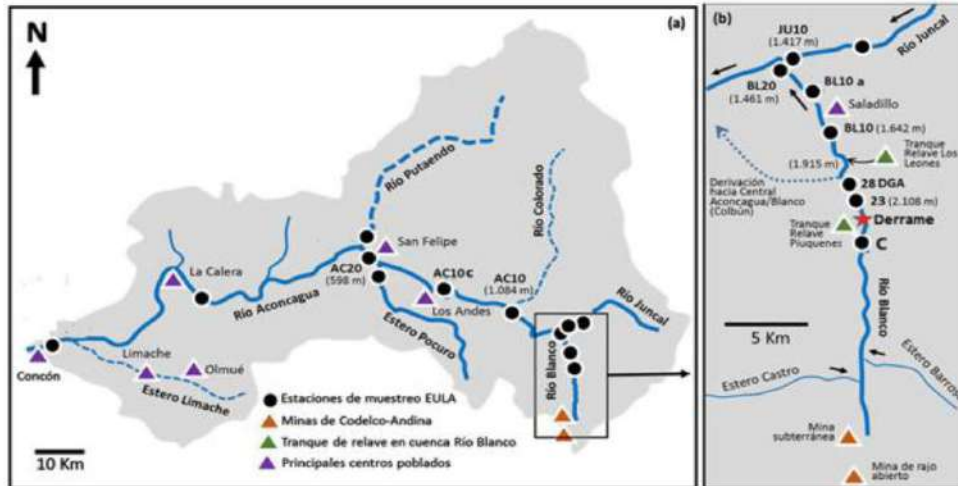
Punto Muestreo	Coordenadas Datum WGS84 H-19		Fecha
Est- C	6350311,6	382201,6	03-dic
Est- 23	6349100,61	382793,7	03-dic
Est- 28	6350311,6	382201,6	03-dic
Est- BL10	6353409,6	381153,6	03-dic
Est- BL10a	6353409,6	381153,6	03-dic
Est- BL20	6357394,5	378633,5	03-dic
Est- AC10	6362554,9	368332,2	03-dic
Est- AC10b	6362554,9	368332,2	03-dic
Est- AC20	6376248,5	335093,5	03-dic
Est- JU10	6358002,4	378501,9	03-dic



**los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo**  
**Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.**  
**Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.**

Por el desarrollo libre del espíritu





*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***



*los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo o muestreo  
Esta información es válida sólo en original y con el V° B° del Inspector Responsable.*

***Este documento no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización expresa del Centro EULA Chile.***

  
Sra. Alejandra Stehr G.  
Representante Legal



  
Cristian Espinoza H. / 10.579.309-K  
Muestreo y medición



Por el desarrollo libre del espíritu

**Anexo 4-7: Planilla de evaluación del hábitat fluvial y ribereño.**



Evaluación del hábitat para la biota acuática, en el muestreo 4 (3 diciembre 2019). A= Ausente; P= Presente; Va = Vegetación herbácea prácticamente ausente; B= Vegetación herbácea escasa compuesta por coirones; C = Presencia de vegetación arbustiva escasa; D= presencia de moderada vegetación arbustiva; E = Cuencas y subcuencas deshabitadas; F= Cuenca intervenida; MOCST= Materias que incluyendo radio nucleídos en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan olor, color, sabor o turbiedad objetable; MSDO= Materias que sedimenten formando depósitos objetables; P&H= Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos; P= Presente; RSB = Rápidos someros con bolones; SFV & ENN= Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales; VAI= Substancias y condiciones o combinaciones de éstas en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable. \*En el momento del muestreo el cauce estuvo seco.

Componente / parámetros	C	23	28	BL10	BL10a	BL20	AC10b	AC20	JU10
<b>1. Calidad del agua</b>									
MOCST	A	A	A	A	A	A	A	*	A
MSDO	A	A	A	A	A	A	A	*	A
P&H	A	A	A	A	A	A	A	*	A
SFV&ENN	A	A	A	A	A	A	A	*	A
VA	A	A	A	A	A	A	A	*	A
Color	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	Turb	*	Turb
<b>2. Variables estructurales del hábitat</b>									
Ancho medio del cauce inundado (m)	15	11	14	18	12	12	25	0*	11
Tipo de substrato	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón	Bolón
Entorno directo	C	C	C	D	D	D	D	D	Bn/Ma
Entorno indirecto	F	F	F	F	F	F	F	F	D
Flora acuática vascular	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Presencia de algas filamentosas	P	P	P	P	P	P	P	*	P
Tipo de ambiente	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	RSB	*	RSB
Profundidad media (m)	0,12	0,12	0,11	0,25	0,17	0,28	>1	0*	0,22
Evaluación del hábitat fluvial EPA (1999)									
- Substrato para epifauna/cobertura	15	15	15	15	5	5	5	15	15
- Caracterización del substrato	10	10	10	10	5	10	10	10	15
- Variabilidad del cauce	10	10	10	15	15	15	15	15	10
- Depositación de sedimento	10	10	10	15	10	10	10	10	10
- Estatus del flujo del cauce	15	15	15	15	20	20	20	10	10
- Alteración del cauce	10	10	10	15	15	20	20	20	20
- Sinuosidad del cauce	10	10	10	10	10	10	10	15	10
- Estabilidad de riberas	5	5	5	10	10	10	10	5	10
- Protección vegetacional	0	0	0	5	5	10	10	5	5
<b>3. Calidad del bosque de ribera</b>									
Índice QBR	5	5	10	45	45	50	55	55	40
<b>4. Caracterización hidráulica</b>									
Velocidad media (m/s)	0,15	0,16	0,11	0,21	0,20	0,20	0,22	0*	0,21
<b>5. Caracterización sedimentológica</b>									
Diámetro medio de los bolones (mm)	12	13	12	24	27	18	15	12	25
Diámetro máximo de los bolones (mm)	28	20	55	85	60	120	70	30	75
Grado de enfangamiento de los bolones (%)	30	30	35	10	25	35	20	*	10
Roca madre (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolones (%)	85	80	85	80	80	80	80	85	80
Grava (%)	5	10	5	10	10	10	10	5	15
Arena/fango (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	5
Macrófitas sum. (%) algas filamentosas (%)	<5	<5	<5	5	<5	0	0	0*	5
Grandes residuos leñosos (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camadas de hojas (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofila bentónica total (mg/cm <sup>2</sup> )	0,0032	0,0031	0,0038	0,0041	0,0021	0,0005	0,0018	0*	0,0015