



**INFORME TÉCNICO DE LA ELABORACION DEL PROYECTO DEFINITIVO DE
LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA
PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DE LA
CUENCA DEL RÍO HUASCO**

DOCUMENTO PREPARADO POR:

DEPARTAMENTO DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS y
SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE DE LA REGIÓN DE ATACAMA
DIVISIÓN DE RECURSOS NATURALES Y BIODIVERSIDAD MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Versión Septiembre 2024

Índice

I.	Introducción.....	3
1	Objeto y ámbito de aplicación	3
2	Cuenca del Río Huasco	4
3	Normas Secundarias de Calidad Ambiental	7
II.	Proceso de Elaboración de la NSCA Río Huasco	9
1	Historia y estado actual.....	9
i.	Anteproyecto:	12
ii.	Consulta Pública del Anteproyecto:.....	13
iii.	Consulta Indígena del Anteproyecto:.....	13
2	Línea de tiempo revisión norma	14
III.	Fundamentación técnica del Proyecto Definitivo.....	16
1	Análisis Integral de la cuenca a normar	16
2	Selección de Áreas de Vigilancia y Parámetros.....	17
i.	Criterios para la definición de Áreas de Vigilancia:.....	18
ii.	Definición de áreas de vigilancia según criterios establecidos	30
iii.	Criterios para la selección de parámetros:	34
iv.	Parámetros seleccionados:	34
3	Definición de Tabla de Clases de Calidad	37
i.	Análisis Estadístico de las Bases de Datos:.....	38
ii.	Construcción de clases:	42
4	Definición de criterios de cumplimiento	46
i.	Análisis del Estado Actual de la cuenca:.....	46
IV.	Determinación de valores umbrales de la norma	48
1	Análisis valores umbrales de las normas.....	48
i.	Descriptorios de la NSCA:.....	55
ii.	Propuesta de umbrales:	56
2	Criterios Generales y Objetivos de la Norma	57
V.	Referencias	58
VI.	Anexos.....	61

I. Introducción

El presente informe técnico proporciona los antecedentes, información y análisis necesarios para la elaboración del Proyecto Definitivo de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental destinadas a la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco (en adelante, “NSCA río Huasco”). Este informe incluye los antecedentes del expediente público de las NSCA río Huasco, el análisis de las observaciones recibidas durante la Consulta Pública, de acuerdo con lo establecido en el artículo 20 del D.S. N°38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que “Aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión”, así como los acuerdos alcanzados durante el Proceso de Consulta Indígena del anteproyecto de estas normas, iniciado mediante Resolución Exenta N° 024 de 2021 del Ministerio del Medio Ambiente.

Los antecedentes presentados en este informe fueron puestos a disposición del Departamento de Economía Ambiental para la actualización del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES), como parte del proceso de elaboración del Proyecto Definitivo.

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco fueron priorizadas en los Programas de Regulación Ambiental 2016-2017, 2018-2019, 2020-2021, 2022-2023, mediante Resolución Exenta N° 177, de 2016, Resolución Exenta N° 1.439, de 2018, la Resolución Exenta N° 440, de 2020, y Resolución Exenta N° 1.206, de 2022. Su última priorización fue en el Programa de Regulación Ambiental 2024-2025, aprobado mediante Res. Ex. N° 1.260 del 29 de mayo de 2024, del Ministerio del Medio Ambiente.

1 Objeto y ámbito de aplicación

Las NSCA son instrumentos regulatorios cuyo objetivo es conservar o preservar los ecosistemas acuáticos a través del mantenimiento o mejora de la calidad de las aguas continentales y marinas.

Por tanto, uno de los objetivos de las NSCA es el mantenimiento de las buenas condiciones en subcuencas con intervención antrópica menor y en aquellas de alto valor de biodiversidad, especialmente donde se encuentran especies nativas amenazadas, es decir, con problemas de conservación. Otro aspecto clave abordado por las NSCA, es la protección de los ecosistemas acuáticos de procesos de eutrofización y de otros procesos de contaminación relacionados a otros parámetros físico-químicos como metales. El enfoque ecosistémico empleado en el diseño de las NSCA permite asegurar la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas (por ejemplo, riego, turismo, pesca artesanal, etc.), entre otros el suministro permanente de agua con condiciones adecuadas de calidad (MMA, 2017).

En particular, las NSCA para la cuenca río Huasco tienen por objetivo conservar o preservar los ecosistemas acuáticos y sus servicios ecosistémicos¹ a través de la mantención o mejora de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca. Para abordar este objetivo, este instrumento de gestión ambiental establece determinados umbrales de calidad ambiental para cada área de vigilancia² y parámetro físico-químico establecido.

En el proceso de elaboración del Proyecto Definitivo de las NSCA río Huasco, tanto los niveles de calidad ambiental como las áreas de vigilancia, se definieron teniendo como referencia los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).

¹ Servicios Ecosistémicos: contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano. Los que se clasifican en servicios de provisión, regulación y mantención, y culturales.

² Área de Vigilancia: área de drenaje de un curso de agua continental superficial, o una parte de él, que se establece y delimita para efectos de asignar y controlar su calidad ambiental.

Este proceso incluyó el análisis de la información disponible sobre la calidad de las aguas para establecer umbrales adecuados a las características específicas de cada área a regular, adoptando un enfoque ecosistémico.

2 Cuenca del Río Huasco

El ámbito territorial de aplicación de estas normas abarca la cuenca del río Huasco, que se extiende por las regiones de Atacama y Coquimbo, con un área total de aproximadamente 9.803 km². De esta extensión, 8.593 km² corresponden a la Región de Atacama y 1.210 km² a la Región de Coquimbo. Es importante señalar que, aunque esta división político-administrativa define la cobertura territorial, no limita la concepción de la cuenca como ámbito de aplicación de las normas.

En el extremo sur de la Región de Atacama, se encuentra la cuenca del río Huasco, la cual pertenece a la provincia del mismo nombre. La cuenca del río Huasco comprende a las comunas de Alto del Carmen, Huasco, Freirina y Vallenar (Figura 1), cuya población total alcanza los 73.133 habitantes según el censo del año 2017, donde el 24% corresponde a población indígena, principalmente perteneciente al Pueblo Diaguita.

En términos geomorfológicos, la cuenca del río Huasco está compuesta por tres subcuencas aportantes: Río Tránsito, Río del Carmen y Río Huasco (Figura 2). El río Huasco se forma en el sector denominado Junta del Carmen, donde confluyen los ríos Tránsito y del Carmen, los cuales transportan aguas desde el noreste y sureste de la cuenca, respectivamente. El río Huasco se extiende 90 km desde dicha confluencia hasta su desembocadura en el mar³.

A una escala de subsubcuenca de acuerdo al Banco Nacional de Aguas (BNA) de la Dirección General de Aguas, se puede describir que: *“la cuenca hidrográfica del río Huasco tiene un régimen glaciar, nival y pluvial, conformada por la Subcuenca Río Tránsito que comprende las subsubcuencas, Quebrada Chancoquin, río Laguna Grande, río Tránsito Entre Quebrada Chancoquin y río Huasco, río Valeriano, río Tránsito Entre río Chollay y Quebrada Chancoquin, río Conay (entre río Valeriano y río Chollay) y río Chollay, la Subcuenca Río Carmen comprende las subsubcuencas, río del Carmen entre Pueblo San Félix y río Huasco, río del Carmen Entre Quebrada La Plata y Pueblo San Félix, río del Carmen Entre río Potrerillo Bajo Junta Quebrada La Plata, río Potrerillo, río del Carmen entre río Sancarrón y río Potrerillo y río del Carmen bajo junta río Sancarrón, y finalmente en su tramo final por la Subcuenca Río Huasco que comprende a su vez las subsubcuencas río Huasco Entre Quebrada Tórtolas y Desembocadura, río Huasco Entre Quebrada El Jilguero y Quebrada Maitencillo, río Huasco Entre Quebrada Maitencillo y Bajo Quebrada Tórtolas, río Huasco Entre Quebrada Camarones y Bajo Junta Quebrada El Jilguero, Quebrada Maitencillo, Quebrada Camarones y río Huasco Entre río Tránsito y Del Carmen y Quebrada Camarones”*⁴

³ Algoritmos - MMA, 2013. Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco.

⁴ Descripción que estandariza la descripción del drenaje en atención a las observaciones de la ciudadanía y los intervinientes del Proceso de Consulta Indígena.

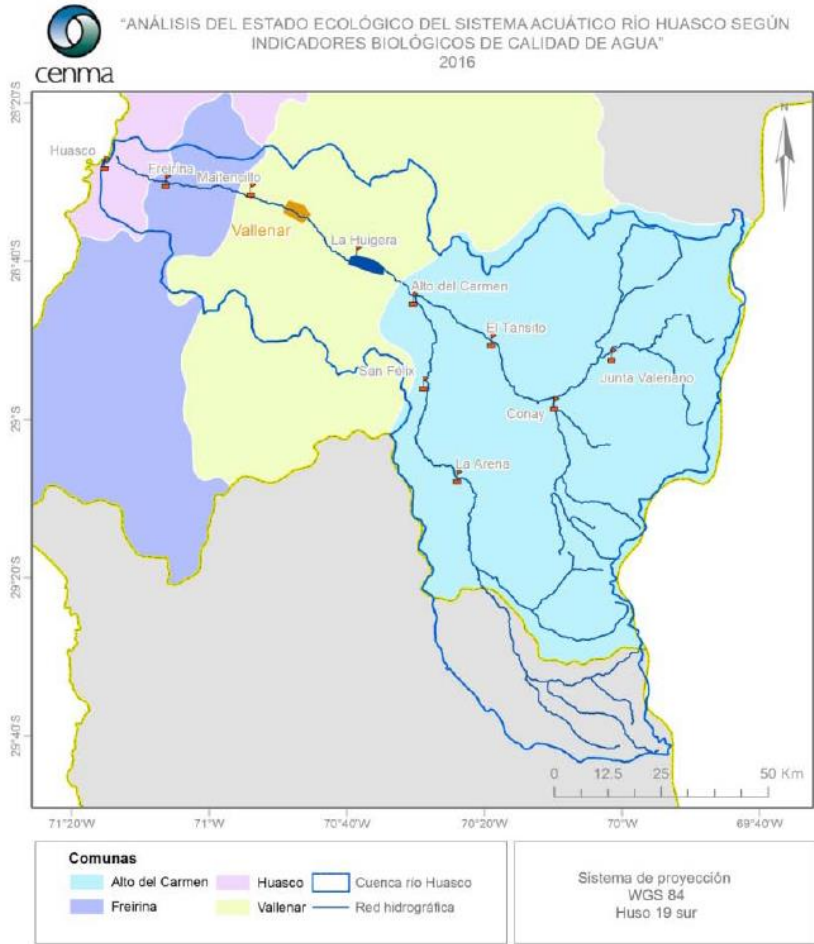


Figura 1: Límites administrativos, ciudades y poblados de la cuenca del río Huasco (CENMA, 2016).

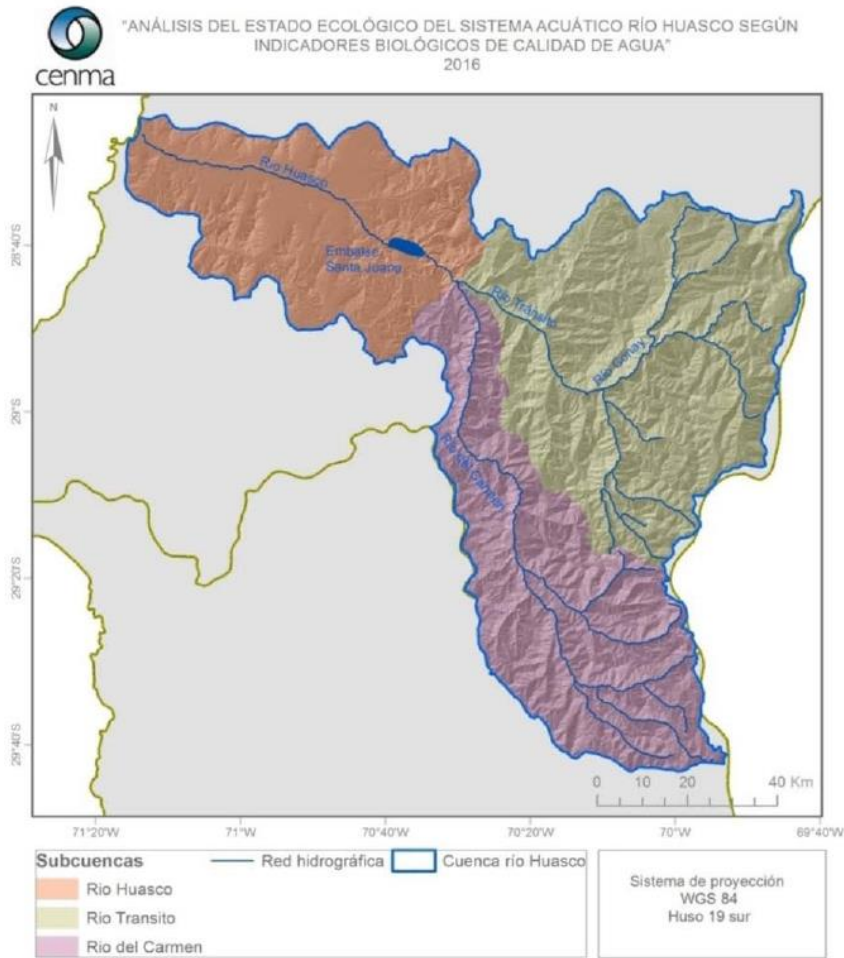


Figura 2: Red hídrica de la cuenca del río Huasco (CENMA, 2016).

Esta región pertenece a la macrozona norte, específicamente los Andes desérticos, con un régimen del río Huasco es principalmente de tipo nival, ya que sus principales ríos aportantes nacen de la Alta cordillera de Los Andes, a una altura que alcanza los 5.000 msnm. En sus nacientes se identifican un total de 418 glaciares, con un área total de 37,5 km² de acuerdo el Inventario Público de glaciares 2022⁵.

La cuenca del río Huasco se caracteriza por una marcada variación climática, lo cual provoca años con abundantes precipitaciones y caudales, mientras que también existen periodos prolongados de sequía, manifestándose en un déficit hídrico. El río Huasco se encuentra regulado por el embalse Santa Juana, de 163 millones de m³ de capacidad, situado a 20 km aguas arriba de Vallenar.

En la cuenca del río Huasco debido a sus características climáticas, gran parte de las especies se encuentran restringidas a humedales altoandinos, como vegas y bofedales. Por lo tanto, las poblaciones están muy fragmentadas y son altamente susceptibles al aislamiento y reducción de sus hábitats, lo que ha determinado que exista un alto nivel de endemismo y al mismo tiempo una excepcional fragilidad de los ecosistemas altoandinos⁶. Sin embargo, la cuenca es considerada con un estado ecológico Bueno y Muy Bueno⁷ en algunas zonas, de la cual se desprenden variados servicios ecosistémicos de regulación, provisión y de recreación, que son utilizados por las comunidades asociadas a la cuenca y el sector productivo. La Tabla 1 detalla las áreas de conservación que se han decretado en la cuenca.

Tabla 1: Áreas de conservación de la cuenca del río Huasco.

Categoría	Cód. RNAP	Nombre	Año Promulgación
Sitios Prioritarios			
Sitio Ley 19.300 art. 11 letra d)	SP1-055	Zona Desierto Florido	2012
	SP1-056	Estuario Río Huasco y Carrizal	2012
	SP1-057	Lagunas Altoandinas (Grande y valeriano)	2012
Sitio Estratégico Regional de Biodiversidad (ERB) (2009)	SP2-128	El Maitén	-
	SP2-142	Quebrada del Jilguero	-
	SP2-153	Río Huasco	-
	SP2-157	RNP Huascoaltinos	-
	SP2-160	Tres Quebradas	-
Humedal Urbano			
Humedal Urbano Ley de Humedales Urbanos 21.202	HU-0048	Paseo Ribereño	RE N° 1242/2021

Las aguas de la cuenca del río Huasco constituyen una fuente primordial para el desarrollo social e industrial de la provincia, donde sus principales usos son referidos al sector agrícola, a través del agua de riego y al sector minero⁸. En su conjunto representan un uso consuntivo de 92,2 hm³/año⁹, en el que el uso agrícola representa el 95% asociada al riego de 10.338 hectáreas, el abastecimiento de agua potable el 4,1%, la minería el 0,4% y el uso pecuario el 0,1%.

Finalmente, la calidad actual de este curso hídrico es reflejo de las condiciones que impone el sistema natural (clima, geología y geomorfología), el uso del suelo de la cuenca (minero, agrícola y urbano) y el uso múltiple del recurso agua en las diferentes subcuencas del sistema fluvial. En

⁵ DGA- Inventario Público de Glaciares, actualización 2022 versión 1.

⁶ CENMA. 2016. Análisis del estado ecológicos del sistema acuático río Huasco según indicadores biológicos de calidad de agua, informe final.

⁷ CENMA-MMA. 2013. Monitoreo y Evaluación de Estado Ecológico de 10 Cuencas Hidrográficas de Chile. Documento Técnico del Proyecto Normas Secundarias De Calidad.

⁸ Cade-Idepe. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Huasco.

⁹ DGA.2020. Plan Estratégico de Cuenca del Río Huasco; SIT N°462.

la parte superior de la cuenca, la calidad del agua refleja el comportamiento de los factores que son influenciados por las condiciones naturales (geología asociada a franjas hidrotermales, presencia volcánica, alteraciones argílicas y argílicas avanzadas, y ambiente glaciar y periglacial) junto a usos de la gran minería y, aguas abajo, por la presión de diversas actividades humanas tales como, usos agropecuarios, agroindustriales, mineros y urbanos. Algunas de estas intervenciones han generado riesgos para la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos de esta cuenca debido a la disminución de la calidad del agua y cambios en el caudal y régimen fluvial de la cuenca del río Huasco.

3 Normas Secundarias de Calidad Ambiental

La Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en su Artículo 2°, letra ñ), define a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (“NSCA”) como “aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza”.

En base a lo anterior, una NSCA es un instrumento de gestión ambiental que busca la protección de los ecosistemas frente a determinados contaminantes, en este caso, de los ecosistemas acuáticos característicos de la cuenca.

Las NSCA, hasta el año 2012, eran dictadas según el Decreto Supremo N° 93, de 15 de mayo de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, sin embargo y como consecuencia del cambio de institucionalidad ambiental, a partir del año 2012, se deben dictar en función de lo descrito en el Decreto Supremo N° 38, de 30 de octubre de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (en adelante “Reglamento”).

Respecto al procedimiento para la dictación de las normas de calidad, el Artículo 6° del referido Reglamento, indica que este *“comprenderá las siguientes etapas: desarrollo de estudios científicos, análisis técnico y económico, consulta a organismos competentes, públicos y privados, y análisis de las observaciones formuladas. Todas las etapas deberán tener una adecuada publicidad”*.

En este sentido, las etapas señaladas y sus plazos pueden ser resumidas en la Figura 3.

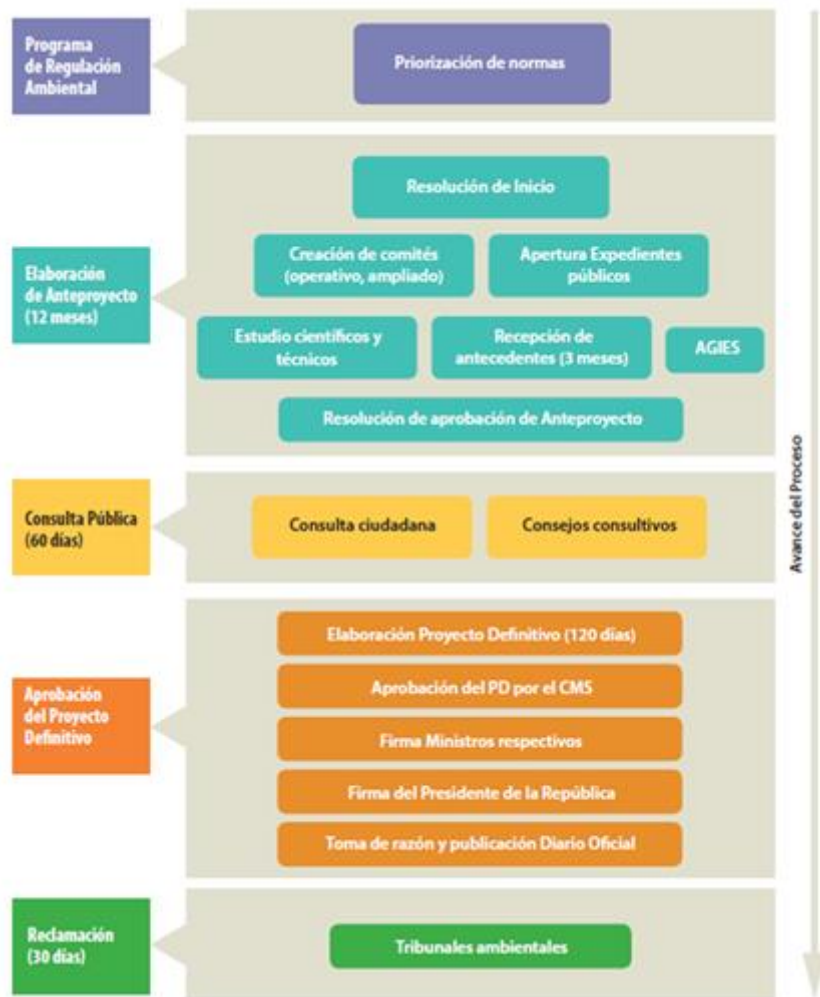


Figura 3: Etapas y plazos del proceso de elaboración de normas de calidad, según Decreto Supremo N° 38/2012 MMA (Fuente: MMA, 2017).

En términos generales se reconocen 4 etapas, siendo la primera, la priorización de la norma en el Programa de Regulación Ambiental, por parte del Ministerio del Medio Ambiente, como lo señala el Reglamento en el Artículo 10° *“Corresponderá al Ministro definir un programa de regulación ambiental que contenga los criterios de sustentabilidad y las prioridades programáticas en materia de políticas, planes y programas de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión y demás instrumentos de gestión ambiental”*.

La segunda etapa corresponde a la elaboración del Anteproyecto, descrita en el Artículo 12° *“La elaboración del Anteproyecto de norma se iniciará mediante resolución dictada al efecto por el Ministro una vez efectuada la publicación a que se refiere el artículo 10. Dicha etapa durará doce meses. El Ministro podrá encargarse de estudios u ordenar aquellas actividades necesarias para preparar el inicio de la elaboración del Anteproyecto de norma.”*

La tercera etapa de Consulta Pública se efectúa una vez se haya publicado la Resolución de aprobación del Anteproyecto y, según lo indicado por el Artículo 20°, *“Dentro del plazo de sesenta días, contado desde la publicación de la resolución señalada en el artículo 17, cualquier persona, natural o jurídica, podrá formular observaciones al contenido del anteproyecto de norma.”*

La cuarta etapa de Aprobación del Proyecto Definitivo, es descrita por el Artículo 21 donde señala que *“Dentro de los 120 días siguientes de vencido el plazo a que se refiere el artículo precedente, considerando los antecedentes contenidos en el expediente y el análisis de las observaciones formuladas en la etapa de consulta, se elaborará el proyecto definitivo de norma”*.

Adicionalmente, el Artículo 22° indica los pasos a seguir una vez elaborado el proyecto definitivo de la norma, donde dice que *“Agotado el plazo a que hace referencia el artículo anterior, el Ministro remitirá el proyecto definitivo de norma al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad”*.

para su discusión y pronunciamiento, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 71, letra f), de la ley N° 19.300.

El proyecto definitivo de norma será conocido por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad en la sesión ordinaria o extraordinaria siguiente a la fecha de su presentación. El asunto deberá agregarse a la tabla respectiva”.

Posteriormente, el proyecto definitivo debe ser sometido a consideración del Presidente de la República, según lo indicado en el artículo 23 del Reglamento: *“Emitido el pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, el proyecto definitivo de norma será sometido a la consideración del Presidente de la República para su decisión”.*

Finalmente, cabe indicar que respecto de la quinta etapa, esta hace referencia a la opción de Reclamación una vez publicada la norma en el Diario Oficial, es señalada en el Artículo 40°: *“Los decretos supremos que establezcan normas primarias y secundarias de calidad ambiental y de emisión, serán reclamables ante el Tribunal Ambiental competente, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 50 de la ley N° 19.300, por cualquier persona que considere que no se ajustan a dicha ley y a la cual le causen perjuicio.*

El plazo para interponer el reclamo será de treinta días, contado desde la fecha de publicación del decreto en el Diario Oficial, o desde la fecha de su aplicación, tratándose de las regulaciones especiales para casos de emergencia”.

II. Proceso de Elaboración de la NSCA Río Huasco

1 Historia y estado actual

La elaboración de esta norma de calidad ambiental se inició originalmente el año 2006, cuando el organismo a cargo era la Comisión Nacional de Medio Ambiente (“CONAMA”) y el marco legal de referencia era el D.S. N°93/1995 de MINSEGPRES. La Norma entonces priorizada dio inicio formalmente el 18 de diciembre de 2006 (R. Ex. N° 3403/2006, CONAMA).

En esa ocasión, se elaboró un Anteproyecto sometido a consulta ciudadana, pero el proceso quedó detenido al elaborar el Análisis Integral del Impacto Económico y Social, por problemas metodológicos de estos estudios. Para cada norma los AGIES eran desarrollados por distintas consultoras, con métodos diferentes generando gran incertidumbre por parte de los tomadores de decisiones.

Sumado a lo anterior, este proceso normativo contó con distintas observaciones establecidas en el proceso de Participación Ciudadana, como insuficientes datos disponibles y que cerca del 75% de los datos correspondían a información generada para levantar la línea de base del proyecto Pascua Lama (Tabla 2). Lo anterior, generaba desconfianza en la comunidad y los entes técnicos, principalmente porque no había otra base de datos disponible para comparar en las áreas de vigilancia asociadas a los ríos Estrecho, Toro, Tres Quebradas, Potrerillos y El Carmen.

Tabla 2: Origen de los datos utilizados para elaboración del Anteproyecto de 2008.

Institución	Detalle del monitoreo	Cobertura temporal	Mediciones
Dirección General de Aguas (DGA)	Calidad de aguas superficiales de la DGA en base a estaciones vigentes (Base de datos depurada)	1980-2006	4.201
	Puntual efectuado por Cade-Idepe Consultores	Octubre 2003	36
Comisión Nacional de Riego (CNR)	Calidad de agua de riego en Huasco	Abril, julio y septiembre 2003	1380
Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Atacama	Puntual de la calidad de agua de riego del Río Huasco y sus Afluentes	Diciembre 2005	629

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)	Puntual de aguas continentales superficiales en la Tercera Región	Noviembre 2003	64
Cia. Minera Nevada Ltda. (CMN-Barrick)	Aguas superficiales de las cuencas del Río Estrecho-Chollay y El Toro-Tres Quebradas	1981-2005	31.123

Otro de los problemas del Anteproyecto del año 2008 fue la falta de información biológica con la cual se fijaron los valores. Así, a pesar de ser una norma secundaria, que tiene como objetivo la conservación del ecosistema, se utilizó, exclusivamente, un criterio estadístico que considerada sólo la data fisicoquímica histórica y no se realizó el análisis del efecto de estos umbrales fisicoquímicos en la riqueza, abundancia o diversidad de las comunidades biológicas del río.

Además, no se consideró la realización de una Consulta Indígena, a pesar de la gran cantidad de comunidades indígenas presentes en la cuenca, que podrían verse afectadas por este instrumento de gestión ambiental.

Como parte de elaboración del Anteproyecto, en este proceso normativo se definieron 12 áreas de vigilancia, donde se debería monitorear los parámetros a normar, las cuales se ven ejemplificadas en la Figura 4.

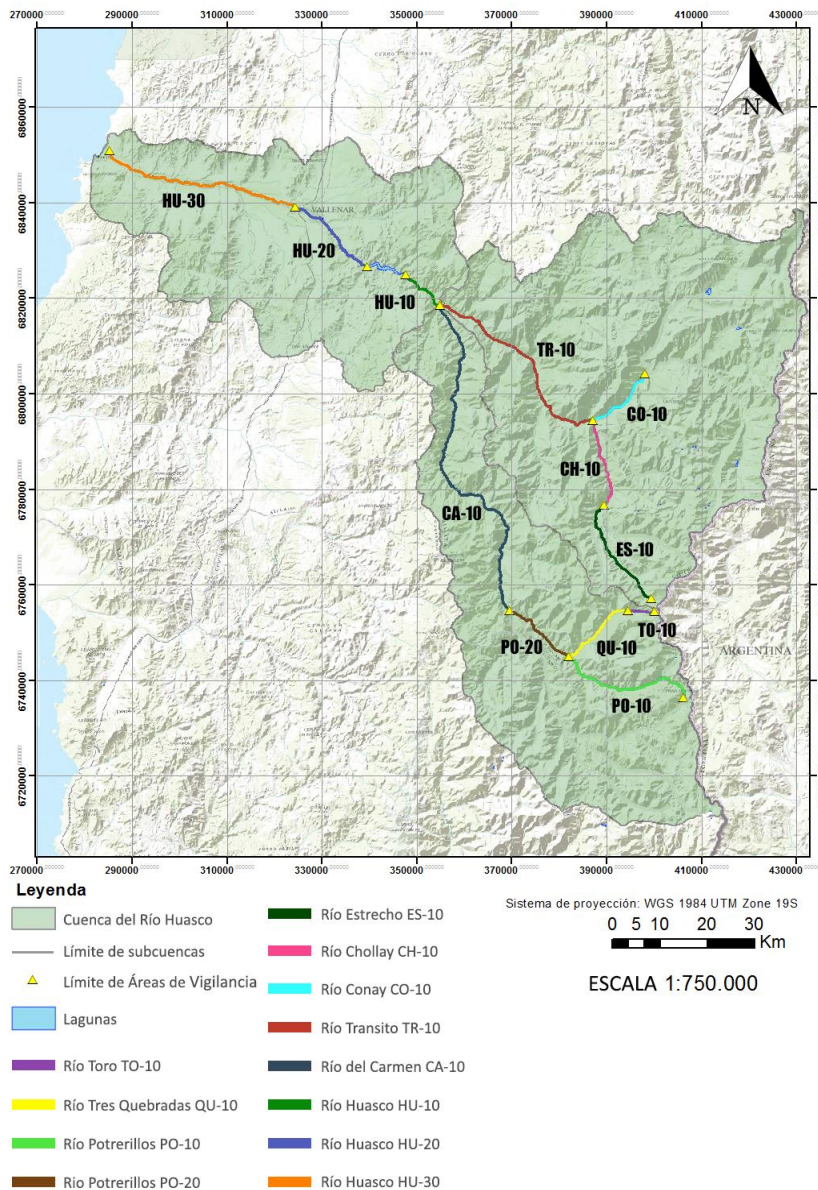


Figura 4: Áreas de vigilancia propuestas en el Anteproyecto de 2008.

En la Tabla 3 se pueden observar también las áreas de vigilancia propuestas y las estaciones de monitoreo a utilizar.

Tabla 3: Áreas de vigilancia propuestas en el Anteproyecto de 2008 y los puntos de monitoreo utilizados como fuentes de información. Estaciones CMN, son pertenecientes a la Compañía Minera Nevada, titular del proyecto Pascua Lama.

Cauce	Áreas de Vigilancia	Estaciones de Monitoreo
Río Huasco	HU-10	Estación DGA 03820002-k
	HU-20	Estación DGA 03823001-8
	HU-30	Estación DGA 03826001-4
Río del Carmen	CA-10	Estación DGA 03815001-4
Río Potrerillos	PO-10	Estación CMN VIT5
	PO-20	Estación CMN VIT3
Río Tres Quebradas	QU-10	Estación CMN VIT4
Río Toro	TO-10	Estación CMN TO3
Río Tránsito	TR-10	Estación DGA 03806001-5
Río Chollay	CH-10	Estación DGA 03803001-9
Río del Estrecho	ES-10	Estación CMN NE4
Río Conay	CO-10	Estación DGA 03802001-3

Respecto a los parámetros a normar, en el proceso normativo de 2006-2008 se seleccionaron 34 parámetros (Tabla 4), destacando la ausencia de datos en varias de las áreas de vigilancia.

Tabla 4: Tabla de parámetros propuestos en el Anteproyecto de 2008.

PARÁMETROS	Unidad	HU-10	HU-20	HU-30	CA-10	PO-10	PO-20	QU-10	TC-10	TR-10	CH-10	ES-10	CO-10
FÍSICOS Y QUÍMICOS													
1. Conductividad eléctrica	µS/cm	700	1250	3.380	800	870	600	350	440	610	480	340	520
2. Color aparente	Pt-Co	-	-	-	-	10,0	7,0	10,0	10,0	-	-	5,0	-
3. Oxígeno disuelto	mg/L	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5
4. pH	Rango	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
5. RAS (1)	-	0,7	3,6	4,9	0,6	-	-	-	-	0,7	0,3	-	0,7
6. Sólidos Suspendedos	mg/L	-	-	-	-	32,0	25,0	13,0	10,0	-	-	36,0	-
7. Sólidos Disueltos	mg/L	-	-	-	-	750	510	300	390	-	-	40	-
INORGÁNICOS													
8. Cloruro	mg/L	20	60	540	20	10	10	20	10	20	10	10	30
9. Cianuro Total	mg/L	-	-	-	-	0,005	0,005	0,005	0,005	-	-	0,1	-
10. Amonio	mg/L	-	-	-	-	0,05	0,15	0,05	0,20	-	-	0,25	-
11. Nitrógeno de Nitritos	mg/L	-	-	-	-	0,004	0,005	0,007	0,005	-	-	0,005	-
12. Nitrógeno de Nitratos	mg/L	0,7	1,0	0,6	0,7	1,2	1,5	1,7	1,8	0,7	0,5	0,8	0,7
13. Sulfato	mg/L	220	390	790	270	390	220	90	160	190	190	150	160
ORGÁNICOS													
14. Índice de Fenol	mg/L	-	-	-	-	0,002	0,002	0,002	0,002	-	-	0,002	-
15. Detergentes (SAAM)	mg/L	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	0,2	-
METALES ESENCIALES													
16. Boro	mg/L	1,25	1,25	1,25	1,25	0,63	0,63	0,63	0,63	1,25	1,25	0,63	1,25
17. Cobre	mg/L	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,16	0,07
18. Cromo	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,008	0,005	0,005	0,005	0,02	0,02	0,05	0,02
19. Flúor	mg/L	-	-	-	-	0,7	0,4	0,2	0,2	-	-	0,2	-
20. Fósforo	mg/L	-	-	-	-	0,01	0,14	0,04	0,24	-	-	1,00	-
21. Hierro	mg/L	0,8	0,3	0,4	0,6	0,6	1,1	0,6	0,4	0,9	0,8	0,7	1,2
22. Manganeso	mg/L	0,13	0,04	0,07	0,10	1,91	0,81	0,03	0,02	0,15	0,36	2,10	0,20
23. Molibdeno	mg/L	0,02	0,013	0,02	0,013	0,004	0,005	0,007	0,003	0,02	0,02	0,010	0,020
24. Níquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,060	0,021	0,025	0,018	0,02	0,02	0,057	0,02
25. Selenio	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
26. Sodio	mg/L	30	110	360	30	20	20	20	10	30	10	10	30
27. Zinc	mg/L	0,036	0,02	0,02	0,023	0,29	0,15	0,02	0,05	0,045	0,15	0,93	0,13
METALES NO ESENCIALES													
28. Aluminio	mg/L	1,8	0,5	0,5	1,0	3,0	2,0	0,2	0,1	2,3	2,7	4,0	2,6
29. Arsénico	mg/L	0,006	0,005	0,007	0,008	0,013	0,028	0,042	0,006	0,004	0,006	0,0015	0,010
30. Cadmio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00155	0,0018	0,0009	0,002	0,02	0,02	0,01	0,02
31. Mercurio	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,002	0,002	0,001	0,002
32. Plomo	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,016	0,013	0,0175	0,007	0,02	0,02	0,05	0,02
MICROBIOLÓGICOS													
33. Coliformes fecales (NMP)	NMP/100mL	-	-	-	-	26,0	13,0	23,0	2,0	-	-	2,0	-
34. Coliformes totales (NMP)	NMP/100mL	-	-	-	-	140,0	50,0	240,0	2,0	-	-	2,0	-

Una vez que el Anteproyecto fue sometido a consulta ciudadana y considerando las recomendaciones realizadas a través de ésta, se eliminaron 18 parámetros, por la falta de información en la base de datos en algunos de ellos y por la redundancia con otros parámetros, concluyendo con un listado de 16 parámetros a normar (Tabla 5): Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, pH, Cloruro, Nitrógeno de nitratos, Sulfato, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Sodio, Zinc, Aluminio, Arsénico y Plomo.

Tabla 5: Parámetros definidos en el Anteproyecto de 2008, posterior a la consulta ciudadana.

PARÁMETROS		Unidad	HU-10	HU-20	HU-30	CA-10	PO-10	PO-20	QU-10	TO-10	TR-10	CH-10	ES-10	CO-10
FISICOS Y QUIMICOS														
1.	Conductividad eléctrica	µS/cm	720	1450	3750	840	950	650	370	450	640	520	390	550
2.	Oxígeno disuelto	mg/L	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5
3.	pH	Rango	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
INORGÁNICOS														
4.	Cloruro	mg/L	20	70	650	20	-	-	-	-	20	10	-	30
5.	Nitrógeno de Nitratos	mg/L	0,7	1,1	0,8	0,7	1,2	1,5	1,7	2,1	0,7	0,6	0,7	0,8
6.	Sulfato	mg/L	230	440	980	290	500	250	100	190	190	200	180	170
METALES ESENCIALES														
7.	Cobre	mg/L	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,23	0,08
8.	Hierro	mg/L	4,4	0,3	1,4	4,5	3,5	4,8	6,7	0,5	4,3	1,1	1,5	1,3
9.	Manganeso	mg/L	0,54	0,04	0,08	0,33	3,69	1,40	0,17	0,03	0,67	0,49	2,90	0,26
10.	Molibdeno	mg/L	0,05	0,05	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01	0,04
11.	Níquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,05	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02
12.	Sodio	mg/L	30	130	440	30	20	20	20	10	30	20	10	30
13.	Zinc	mg/L	0,84	0,02	0,02	0,06	0,66	0,23	0,07	0,10	0,10	0,22	1,60	0,16
METALES NO ESENCIALES														
14.	Aluminio	mg/L	6,3	0,5	0,7	3,9	10,5	6,0	6,0	0,2	7,9	4,3	8,0	3,9
15.	Arsénico	mg/L	0,008	0,006	0,011	0,010	0,016	0,026	0,042	0,010	0,007	0,006	0,005	0,011
16.	Piomo	mg/L	0,032	0,023	0,020	0,035	0,014	0,015	0,012	0,010	0,030	0,035	0,090	0,028

La etapa siguiente en el proceso correspondía al Análisis General de Impacto Económico y Social ("AGIES"), el cual nunca se realizó. De esta forma, el proceso se paralizó en Agosto de 2009, de acuerdo con los antecedentes del expediente de la norma.

Como parte del proceso de elaboración del Primer Programa de Regulación Ambiental 2016 – 2017, se desarrolló un diagnóstico previo que arrojó que la cuenca del Huasco cumplía con criterios para la reactivación de su tramitación, es decir:

- Disponibilidad de información: Durante el periodo de paralización se continuó el monitoreo de calidad de agua por parte de la DGA y el sector privado, además de otras campañas realizadas por otras instituciones y un importante número de estudios realizados en la zona.
- Aspectos de biodiversidad: La cuenca del río Huasco tiene zonas de alto valor biológico, además de estar declarado Sitio Prioritario para la conservación de la Biodiversidad durante la actualización de la Estrategia Regional de Biodiversidad 2010 – 2017.
- Presiones y amenazas: La cuenca del río Huasco presenta diversas presiones asociadas a actividades mineras, industria agrícola, descarga de RILes, generación hidroeléctrica, crecimiento demográfico, entre otras.

En atención a esos criterios, la norma fue nuevamente priorizada en el Primer Programa de Regulación Ambiental de 2016-2017 (R. Ex. N°177 de 10 de Marzo de 2016). En consecuencia, se dio nuevo inicio al proceso en junio de 2016 (R. Ex. N°553 de 22 de Junio de 2016), en atención a las implicancias del tiempo transcurrido desde la paralización del proyecto como la existencia de mayor información (estudios y monitoreo), aprobación de nuevos proyectos en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental ("SEIA"), y actualizaciones a la institucionalidad ambiental y los procesos normativos (creación del Ministerio de Medio Ambiente y establecimiento de un nuevo Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y emisión).

A continuación, se presenta un resumen de las etapas del proceso de elaboración de las NSCA río Huasco que ya se encuentran finalizadas.

i. Anteproyecto:

Con el objetivo de "conservar y preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos mediante la mantención o mejora de la calidad de las aguas de la cuenca", el Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental, aprobado por la Resolución Exenta N° 310 del 17 de abril de 2020, establece estándares de calidad ambiental para 16 parámetros. Estos estándares fueron definidos teniendo en cuenta, por ejemplo, los parámetros tóxicos emitidos por las fuentes presentes en la cuenca, indicadores de trofia, la disponibilidad de información, el criterio de economía de parámetros y la costo-eficacia de la norma. De esta manera esta selección en su conjunto permitiría aportar a la mantención del estado trófico (Nitrato y Fosfato), de las condiciones hidroquímicas (Sulfato y Conductividad Eléctrica), de las condiciones de oxigenación, acidez y alcalinidad del agua de la cuenca (Oxígeno disuelto, y pH), así como las

condiciones bacteriológicas (Coliformes Totales). Además, se estableció la protección estos ecosistemas de efectos letales y subletales generados por metales y metaloides (Cobre, Hierro, Aluminio, Arsénico, Zinc, Mercurio y Manganeso totales), y otros elementos relevantes por su toxicidad (Cianuro y Amonio). Esto contribuye a mantener las condiciones fisicoquímicas del agua, favoreciendo la evolución y desarrollo de las especies y asegurando la provisión de servicios ecosistémicos a la sociedad en su conjunto.

Por otra parte, se establecieron 17 Áreas de Vigilancia fundamentadas en la aplicación de diversos criterios destinados a establecer áreas homogéneas; la clasificación de los tramos según Fuster et al. (2011), la división geomorfológica de la cuenca en subcuencas, el valor ecológico y la biodiversidad de las áreas, la disponibilidad de información histórica sobre la calidad de las aguas en estaciones de monitoreo, el contexto hidrogeológico de la cuenca y los datos sobre emisiones de fuentes puntuales y difusas existentes.

Finalmente, los niveles de calidad ambiental del Anteproyecto de las NSCA río Huasco, se determinaron a partir del análisis de las características fisicoquímicas históricas (1990 – 2018, con excepción del AV en el Río Estrecho, que utilizó el periodo 1990-2008, según lo solicitado en la 11ª reunión del comité operativo de la norma¹⁰) de la cuenca en relación a la biodiversidad, la revisión de normas internacionales que tienen como objetivo la protección de la biota acuática, la elaboración de la tabla de Clases de Calidad Ambiental para la cuenca del río Huasco y la evaluación de las condiciones del periodo 2015, 2016 y 2017, con respecto a la posibilidad de mejorar los parámetros considerando tanto factores técnicos como las condiciones geológicas de la cuenca y la presencia de fuentes emisoras de contaminantes.

Más información respecto de la elaboración del Anteproyecto se encuentra disponible en el “Minuta técnica para elaboración de Anteproyecto de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para las aguas superficiales de la cuenca del río Huasco.”¹¹

ii. Consulta Pública del Anteproyecto:

La Consulta Pública del Anteproyecto se realizó durante el 16 de noviembre de 2020 y 10 de febrero de 2021, recibándose un total de 160 observaciones de 24 observantes, de las cuales 15 correspondieron a personas naturales y 9 a personas jurídicas, incluidos el Consejo Consultivo Regional del Medio Ambiente y la Junta de Vigilancia del río Huasco. El análisis de cada una de las observaciones formuladas, en el proceso de consulta pública, se encuentra disponible en el expediente público de las normas (Folios 2594 - 2651)¹².

iii. Consulta Indígena del Anteproyecto:

En virtud del Convenio 169 Sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes de la Organización Internacional del Trabajo y del Decreto Supremo N°66, de 2013, del Ministerio de Desarrollo Social, (en adelante “D.S. N° 66/2013”), se dispuso la realización de un Proceso de Consulta Indígena (“PCI”) sobre el Anteproyecto de las NSCA río Huasco, mediante Resolución Exenta N°24 de 2021, del Ministerio del Medio Ambiente.

En la instancia participaron comunidades del Pueblo Diaguita y Chango de la Provincia del Huasco, mediante dos grupos de trabajo, correspondiente a las comunidades y agrupaciones

¹⁰ Disponible en expediente público Folio 1760 al 1793 <http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/1760-1793.pdf>

¹¹ Minuta técnica para elaboración de Anteproyecto NSCA río Huasco. Disponible en expediente público Folio 2417 al 2476 https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2020/proyectos/2417_Minuta_Te_769_cnica_5.pdf

¹² Disponible en expediente público Folio 2594 al 2651 http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2024/proyectos/2594-2651_Consolidado_de_Observaciones_y_Respuestas_del_proceso_de_Consulta_Publica.pdf

indígenas de la comuna de Alto del Carmen, y a las comunidades y agrupaciones indígenas de las comunas de Vallenar, Freirina y Huasco.

El Proceso de Consulta Indígena se desarrolló de acuerdo con lo reglamentado en el D.S. N°66/2013, siguiendo las etapas de Planificación, Entrega de Información, Deliberación Interna, Diálogo y Sistematización. La etapa de Diálogo culminó el 18 de marzo de 2023, con un Acta de Acuerdos y Desacuerdos, en que se arribaron a 43 Acuerdos y 26 Desacuerdos en el marco de la buena fe. El Informe de Sistematización¹³ elaborado por el Departamento Ciudadanía de la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana del Ministerio del Medio Ambiente sintetiza detalladamente el proceso llevado a cabo. El Proceso de Consulta Indígena culminó con la Resolución Exenta N° 1.485, 29 Diciembre 2023 que declara su cierre.

En términos generales, se llegaron a acuerdos relacionados a; incorporar considerandos y definiciones en el decreto y en el proyecto definitivo; incorporar áreas y parámetros a la red de observación del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental (PMCCA), y el establecimiento de un Programa de Involucramiento Comunitario (PIC).

2 Línea de tiempo revisión norma

La Figura 5 presenta los hitos más relevantes en el proceso de elaboración de la NSCA del Río Huasco, considerando toda la extensión del proceso.

¹³ Informe Final de Sistematización del Proceso de Consulta Indígena sobre el Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco. Disponible en: <https://consultaindigena.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/03/Sistematizacion-Consulta-Indigena-Anteproyecto-NSCA-Rio-Huasco.pdf>

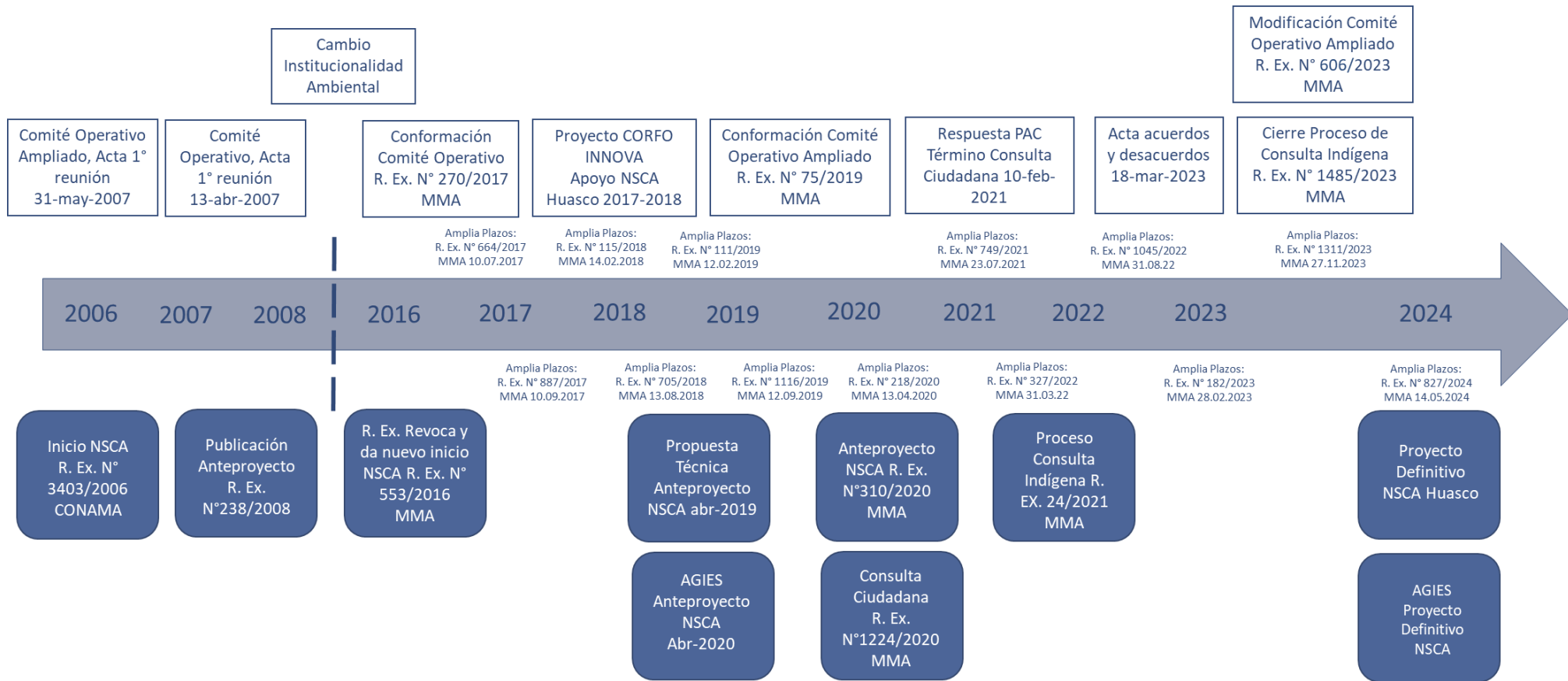


Figura 5: Línea de tiempo del proceso normativo de la NSCA del río Huasco.

III. Fundamentación técnica del Proyecto Definitivo

La metodología utilizada para el diseño del Proyecto Definitivo siguió los lineamientos planteados en la “*Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas 2017*”¹⁴, elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente, junto a la Agencia de Cooperación Alemana Deutsche Zusammenarbeit. Las principales etapas del diseño normativo fueron:

1 Análisis Integral de la cuenca a normar

La Tabla 6 presenta las características de la base de datos utilizada para el diseño de las NSCA, la cual ha sido elaborada a partir de diversas fuentes y en base a la mayor disponibilidad de información

Tabla 6: Características de la base de datos de calidad del agua utilizada para el diseño de la NSCA.

Bases de datos utilizadas en el proyecto definitivo de norma	<p>I) Datos físico-químicos y biológicos de calidad de agua de la cuenca proveniente de: DGA; RCA Minera Nevada Barrick Chile Ltda.; Proyecto CORFO INIA-MMA (2017-2018); Estudio CENMA-MMA (2016); Base de Datos Junta de Vigilancia Río Huasco; Estudio ANAM-CONAMA (2012), RCA Proyecto Minero El Morro.</p> <p>II) Información sobre emisiones relacionadas a fuentes puntuales.</p> <p>III) Información y estimación de fuentes difusas relacionadas a diferentes usos de suelo y actividades antrópicas.</p>
Periodo de datos utilizados en el proyecto definitivo de norma	Estación de Control Río Estrecho: 1990-2008 Resto de estaciones de control en la cuenca: 1990-2023
Número total de datos analizados	39.255
Número de parámetros propuestos a regular en el proyecto definitivo de norma	16
Número mínimo de datos para normar en cada punto de control del proyecto definitivo de norma	≥12

¹⁴ Disponible en: goo.gl/s5FPb7

2 Selección de Áreas de Vigilancia y Parámetros

De acuerdo con la metodología de referencia para el Proyecto Definitivo (Guía para la Elaboración de Normas secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas 2017 – MMA 2017), para la delimitación de áreas de vigilancia se consideró un análisis por capas de información, tales como (1) subcuencas y tipología, (2) objetos de valoración ecológica y ambiental, y (3) antecedentes de calidad de aguas de la cuenca, asignando igual peso a cada capa en un análisis multi-criterio. Posteriormente, se superpusieron otras capas, tales como (4) potenciales fuentes de contaminación (puntual y difusa), (5) información hidrogeológica, y (6) usos del suelo. Además, se llevaron a cabo diversas sesiones del Comité Operativo de la Norma (Expediente electrónico, Actas N° 5¹⁵, 6¹⁶, 7¹⁷ y 8¹⁸), donde los miembros del comité contribuyeron con su conocimiento directo del territorio y las actividades realizadas en él, facilitando así la definición de las Áreas de Vigilancia.

Durante la elaboración del Anteproyecto, se estableció el área de vigilancia Río Cazaderos (RC-10) justificado en la necesidad de evaluar por separado la distribución de fuentes en los ríos Tránsito y Chollay. Esta decisión se tomó considerando que una parte significativa de la subcuenca del Río El Carmen, que incluye los ríos Cazadero, Laguna Grande y río Conay, forma parte de la iniciativa privada de conservación Reserva los Huascoalinos. Además, en la cabecera de esta subcuenca se encuentran el Proyecto El Morro (calificado ambientalmente según la Resolución Exenta N° 232/2013) y el proyecto Nueva Unión (aún no ingresado al SEIA).

Sin embargo, debido a las dificultades logísticas y de acceso al área de vigilancia Río Cazadero (RC-10), manifestadas en el Ordinario 507/2018 de la Dirección General de Aguas de Atacama¹⁹ y reiteradas en la 22ª reunión del Comité Operativo²⁰ y 8ª reunión del Comité Operativo Ampliado²¹, y la falta de registros actualizados (último registro 2010), se decidió integrar la superficie contemplada para RC-10 al área de vigilancia Laguna Grande (LG-10), debido a que ambas áreas forman parte de la subsubcuenca del Río Laguna Grande (BNA 03800), donde el río Cazadero es tributario del río Laguna Grande. Con esta modificación, se mantiene el objetivo inicial al garantizar un monitoreo sistemático en la cabecera de la subcuenca del Río El Carmen, donde el área de vigilancia Laguna Grande (LG-10) controlará la calidad ambiental y la influencia de las fuentes puntuales en cabecera.

Adicionalmente, el punto de monitoreo podrá ser considerado como área de vigilancia en la Red de Observación²² del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua

¹⁵ Disponible	en	expediente	público	Folio	1364	al	1403
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/1364_al_1403.pdf							
¹⁶ Disponible	en	expediente	público	Folio	1416	al	1460
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/1416-1460.pdf							
¹⁷	Disponible	en	expediente	público	Folio	1508	al 1544
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/1508-1544.pdf							
¹⁸	Disponible	en	expediente	público	Folio	1519	al 1588
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/22d_1549-1588.pdf							
¹⁹ Disponible	en	expediente	público	Folio	1807	al	1807
https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/1807-1807.pdf							
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/Anexo_1807.pdf							
²⁰	Disponible	en	expediente	público	Folio	2730	al 2737
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2024/proyectos/e30_2730-2737_Acta_21a_Reunion_COA.pdf							
²¹	Disponible	en	expediente	público	Folio	2738	al 2743
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2024/proyectos/c7a_2738-2743_Acta_8a_Reunion_COA.pdf							

²² Red de Observación: red integrada por estaciones de la red de monitoreo de calidad de las aguas que incluyen parámetros adicionales y complementarios a los establecidos en las NSCA, o por estaciones adicionales a dicha red, con la finalidad de generar información complementaria y necesaria para la comprensión del estado de calidad de los cuerpos de agua y sus ecosistemas asociados, así como para apoyar futuros procesos de revisión de las NSCA.

(PMCCA)²³, teniendo presente que ésta busca establecer herramientas complementarias para determinar los efectos de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos.

i. **Criterios para la definición de Áreas de Vigilancia:**

Los criterios considerados para la definición de áreas de vigilancia son los siguientes:

a) **Tipología:**

La cuenca manifiesta un solo tipo de cuerpo lóxico denominado “ríos semiáridos de transición”. No obstante lo anterior, existe otra zona con una tipología distinta que corresponde al embalse donde se transforma en un cuerpo léxico²⁴. A su vez según la clasificación de Fuster *et al.* (2010) se evidencian 3 tipos de tipologías de río; Tipo 6, Tipo 7 y Tipo 8 (Figura 6), es decir, el tramo del río que representan tiene las mismas características desde el punto de vista geomorfológico y edáfico.

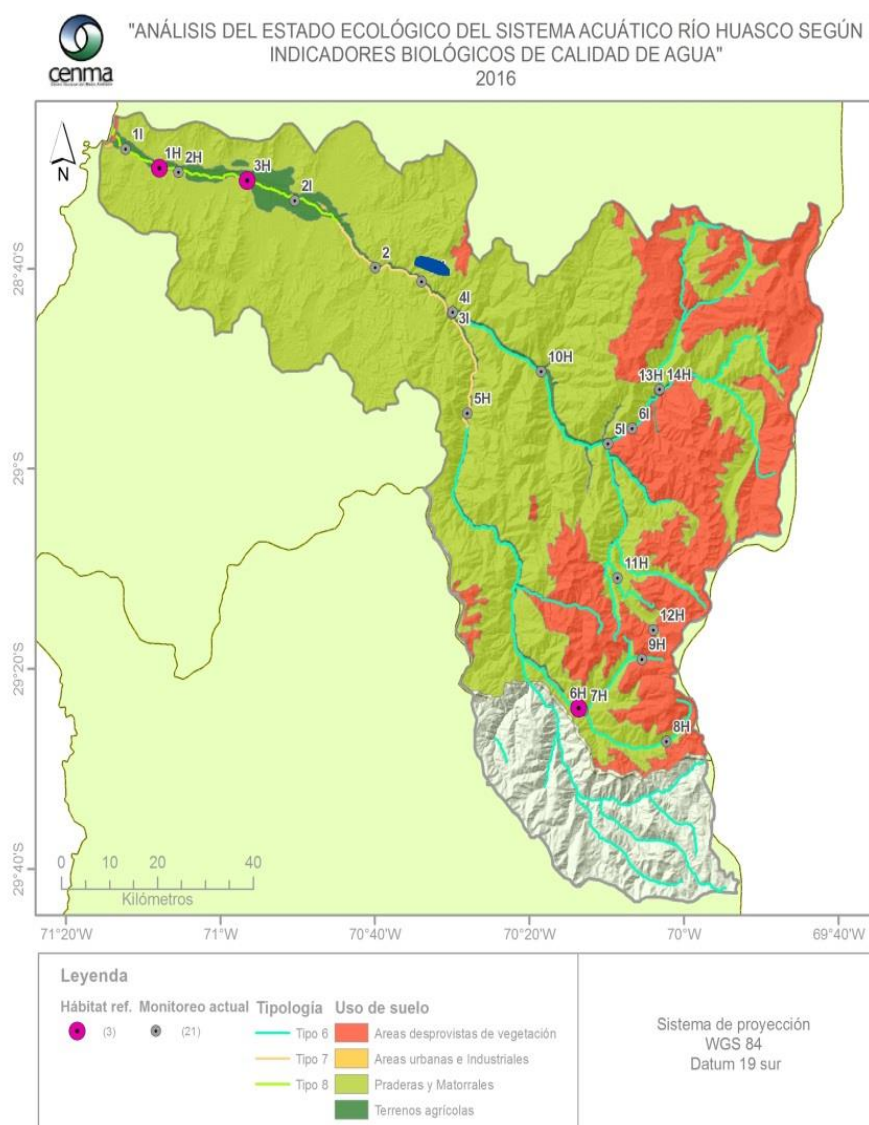


Figura 6: Tipologías en del río Huasco. Fuente: CENMA, 2016, en base a Tipología (Fuster *et al.* (2010)); Usos de suelos (IDE-MMA 2017).

²³ PMCCA: programa sistemático de monitoreo destinado a caracterizar, medir, controlar y evaluar la variación de la calidad de las aguas en un periodo y en un área determinada, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las NSCA.

²⁴ CENMA, 2016. “Análisis del estado ecológico del sistema acuático río Huasco según indicadores biológicos de calidad de agua”.

b) Subcuencas:

Geomorfológicamente, la cuenca del río Huasco está compuesta por tres subcuencas aportantes: i) Río Tránsito, ii) Río del Carmen y iii) Río Huasco (Figura 7). El río Huasco se forma en el sector denominado Junta del Carmen, donde confluyen los ríos Tránsito y del Carmen, los cuales transportan aguas desde el noreste y sureste de la cuenca, respectivamente. El río Huasco se extiende 90 km desde dicha confluencia hasta su desembocadura en el mar.

La subcuenca del río del Tránsito tiene una superficie de 4112 km² y debido a la geografía tiene una orientación noreste. Su río principal se forma de la confluencia de los ríos Conay y Chollay, y su longitud total, tomada desde el nacimiento de su subtributario principal hasta la Junta del Carmen, es de 108 km. A su vez, el río Conay nace de la confluencia de los ríos Laguna Grande, Laguna Chica y río Valeriano, extendiéndose por unos 15 km²⁵. Por otra parte, el río Chollay se origina por la confluencia de los ríos Blancos, Estrecho y del Toro, alcanzando una longitud aproximada de 20 km. En toda la extensión del río del Tránsito, tributan los ríos Laguna chica, Arroyo, Yervas Buenas, Laguna Grande, Valeriano y Chollay, además de las quebradas del Chacay, El Corral, Albaricoque, La Plata, del Amarillo, Pinte, Las Pircas, del Pozo, La Plaza, Chilico, La Mollaca, Paitepén, Chanchoquín y El Tabaco²⁶.

La subcuenca Río del Carmen tiene una superficie de 2860 km² y se comparte entre las regiones de Atacama y Coquimbo, perteneciendo a esta última los ríos Matancillas, Zancarrón, del Medio y Primero, todos afluentes del río del Carmen. El río Potrerillo y el río Matancilla, ríos principales y de escurrimiento permanente, contribuyen a la formación del río del Carmen en la localidad de Potrerillo. Finalmente, el río del Carmen se extiende por 145 km aguas abajo.

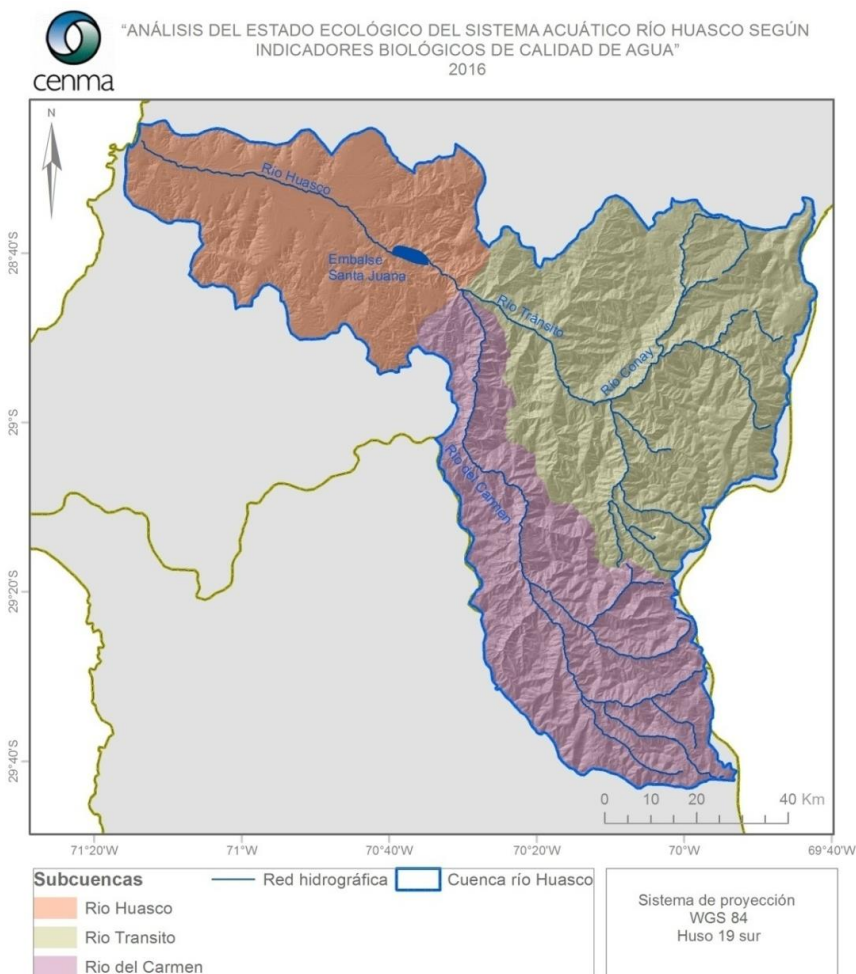


Figura 7: Red hídrica y subcuencas del río Huasco. (CENMA, 2016, en base a coberturas cartográficas de portal IDE-MMA)

²⁵ Cade-Idepe. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Huasco

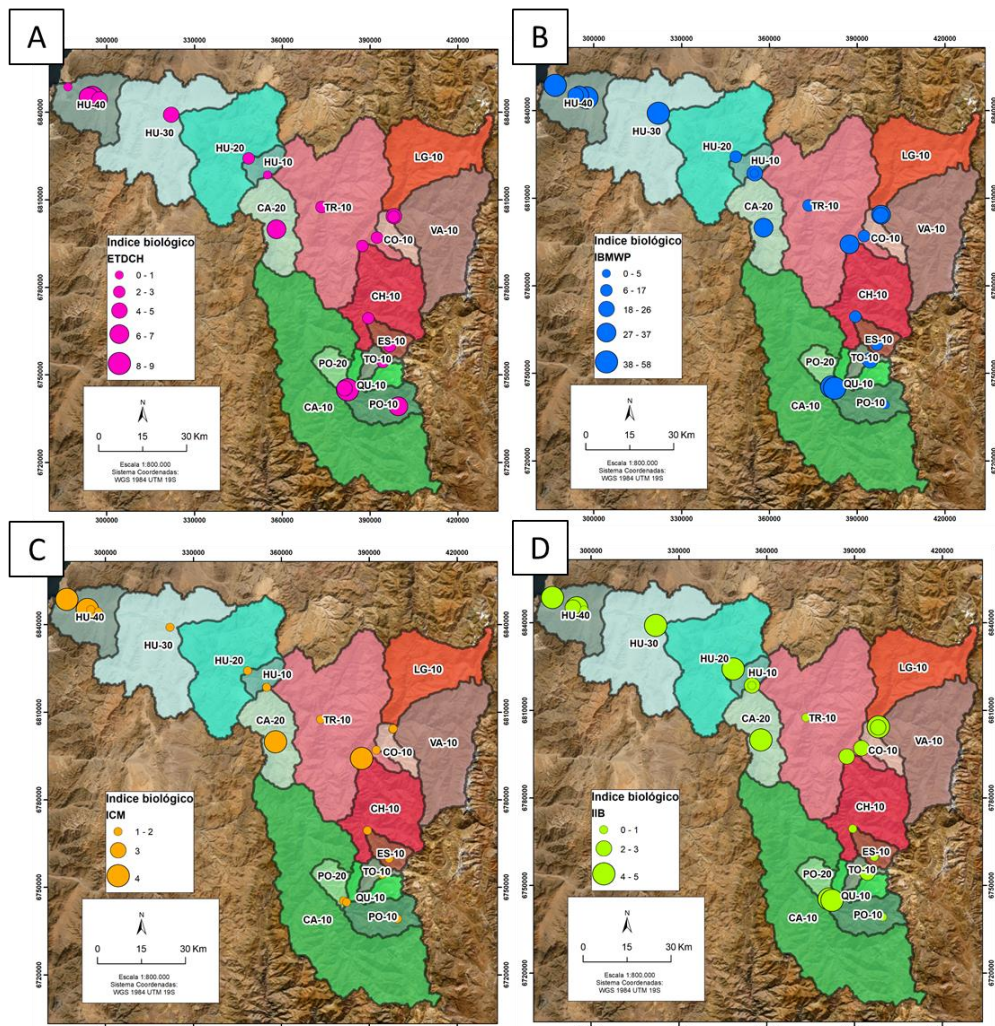
²⁶ INIA - JVRH, 2009 – 2010. Aplicación red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Huasco y sus afluentes.

c) Valor ecológico y biodiversidad de la cuenca:

Se recopiló información biológica a partir de estudios realizados por el Ministerio del Medio Ambiente y otras fuentes de financiamiento público, así como de diversos estudios de línea de base ambiental asociados a proyectos mineros, de saneamiento y otros. Estos estudios fueron analizados en su componente de biodiversidad e incluyeron la determinación de indicadores e índices bióticos, así como la presencia de especies nativas de fauna íctica. Además, se tuvo en cuenta la localización de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad (ERBD).

En relación a los índices bióticos, se cuenta con los estudios “Red de Biomonitorio: Ríos Huasco, Elqui y Mataquito” (BIOMA-MMA, 2016) y “Análisis integral de calidad de agua, para el aseguramiento de la competitividad del sector social y productivo y la sustentabilidad de los ecosistemas acuáticos, en el marco de la elaboración de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Huasco” (Proyecto CORFO INNOVA de Bienes Públicos, INIA-MMA, 2017-2018). La información biológica recabada y levantada, se centró en análisis de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la cuenca, dado su reconocido valor como indicadores de calidad del agua y como base para el desarrollo del resto de la cadena trófica. Los resultados de los índices aplicados se muestran en la Figura 8 y destacan el tramo del estuario del río Huasco (HU-40), el sector de Tres Quebradas (QU-10) y el río Toro (TO-10) como aquellos en que se concentraron los más altos índices de biodiversidad.

En relación a la presencia de especies ícticas nativas, se revisó la Base de Datos de especies ícticas nativas del Departamento de Especies del Ministerio del Medio Ambiente, concentrándose principalmente en los registros de **especies nativas** marinas, estuarinas y de agua dulce. Determinándose la presencia de 4 especies de peces nativos presentes en la cuenca (*Galaxias maculatus*; *Basilichthys microlepidodus*, *Thrichomycterus areolatus*, *Cheyrodon pisciculus*) con mayor frecuencia de registro en el área del estuario del Río Huasco y HU-40 (Figura 9).



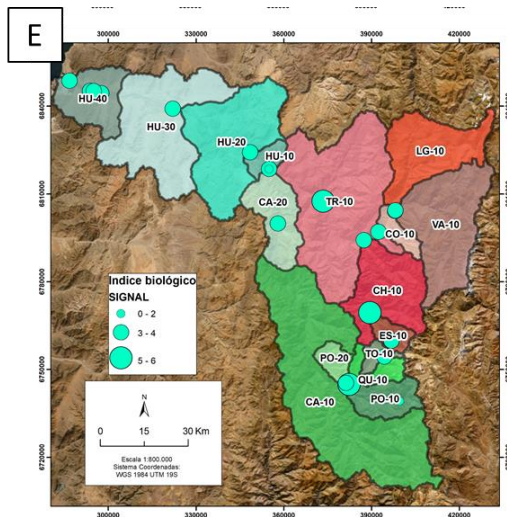


Figura 8: Índices considerados para determinar las estaciones de referencia para la clase 2 en la cuenca del Río Huasco en las distintas Áreas de Vigilancia del Proyecto Definitivo: (a) Índice ETDCH; (b) Índice IBMWP; (c) Índice ICM; (d) Índice IIB; (e) Índice SIGNAL.

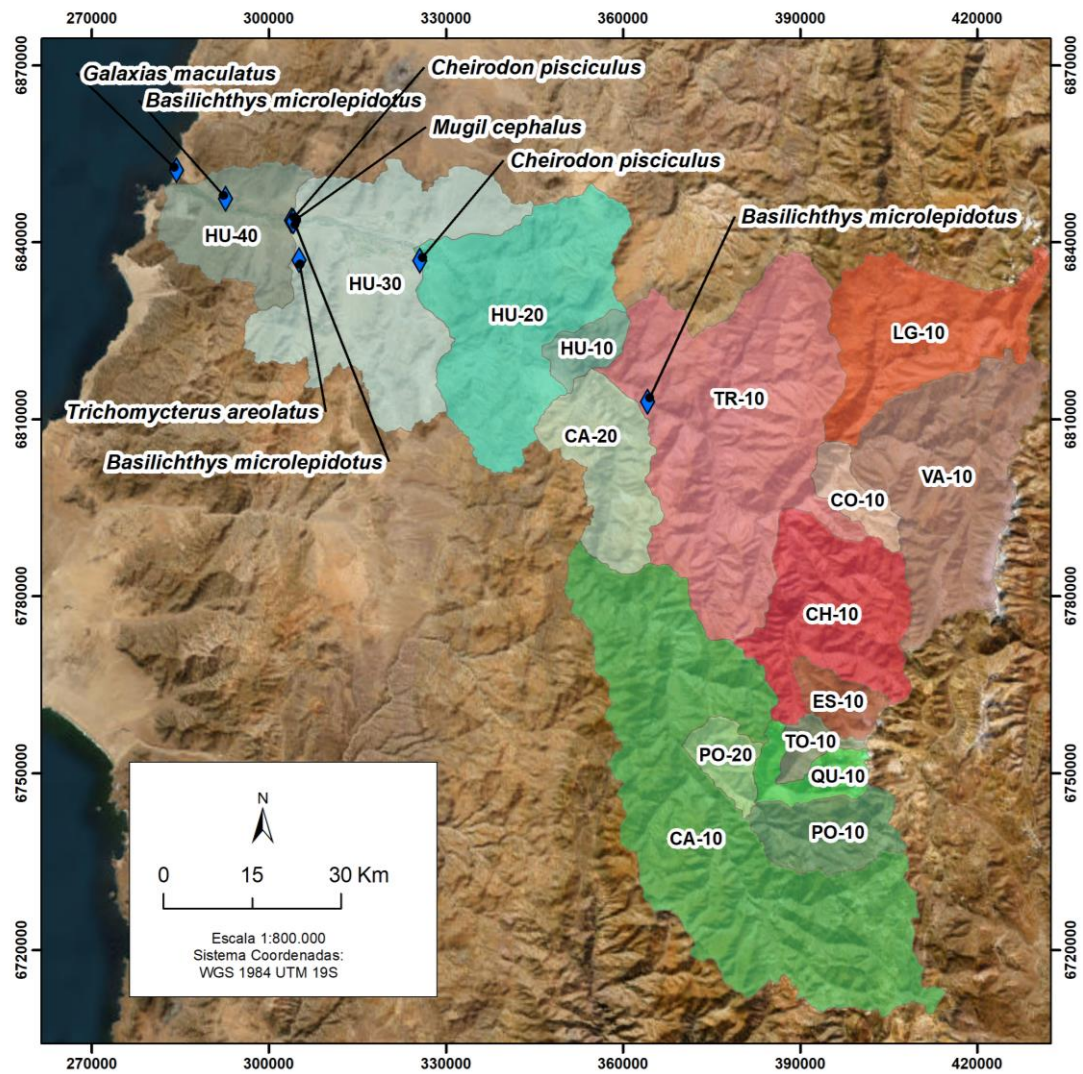


Figura 9: Distribución de especies de peces nativos en la cuenca del Río Huasco en las diferentes Áreas de Vigilancia de la Cuenca (Fuente: Bases de Datos Peces– MMA).

En relación con la presencia de sitios prioritarios, en el Valle del Huasco se han delimitado 8 sitios prioritarios, según la Estrategia y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad de Atacama (ERBA) 2010 -2017 (Figura 10), destacando el sector del Estuario del Río Huasco (HU-40) y la Reserva los Huascoaltinos (iniciativa de conservación privada), presente en gran parte de la subcuenca del Río El Carmen y asociada, principalmente, a los ríos Cazadero, Laguna Grande (LG-10) y río Conay (CO-10).

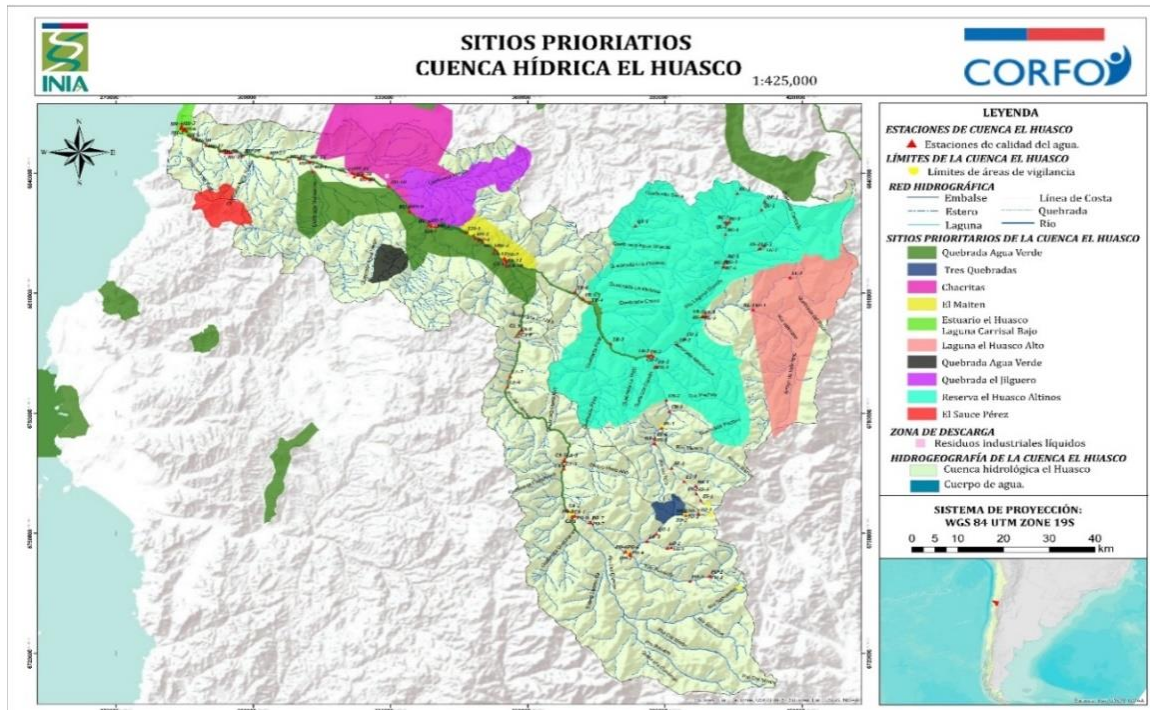


Figura 10: Sitios prioritarios considerados en la Estrategia Regional de Biodiversidad presentes en la cuenca del río Huasco (Fuente: INIA, 2017).

d) Data histórica de calidad de aguas en estaciones de monitoreo

Como en otras normas secundarias de calidad en ríos, previamente elaboradas por el MMA (ríos Biobío, Serrano y Valdivia), las áreas de vigilancia fueron fijadas para ser controladas en un punto hacia el final de éstas. Así, un criterio fundamental en el actual proceso fue la existencia de información histórica de calidad de aguas en el punto de control de la futura norma. En la mayoría de los casos, la información histórica fue obtenida desde el Banco Nacional de Aguas de la DGA²⁷ y sus estaciones de monitoreo de parámetros fisicoquímicos. En otros casos la información fue generada por estudios llevados a cabo por el Ministerio del Medio Ambiente, entre 2016 y 2018, y sistematizada desde otras fuentes públicas y privadas, las que se detallan en la Tabla 10. Adicionalmente, debido a que el actual proceso fue retomado a partir del Anteproyecto previo (2008), para definir las áreas de vigilancia se tomó en consideración su información. Otro requisito esencial, fue que las áreas estuvieran delimitadas por un nodo georreferenciado en cada extremo, información extraída del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA²⁸. En la cuenca existen 6 estaciones de calidad de la DGA vigentes y cuya data histórica fue suficiente para analizar el comportamiento de la cuenca. Las estaciones con datos históricos se presentaron, principalmente en las zonas media y baja de la cuenca del río Huasco (Figura 11). Estas estaciones fueron priorizadas como puntos de control de las Áreas de Vigilancia HU-20, HU-40, CA-20, TR-10, CH-10 y CO-10, considerando su carácter oficial y cantidad de data histórica existente de calidad de agua. Para las zonas altas de la cuenca se utilizaron estaciones pertenecientes a otras bases de datos, tales como RCAs Compañía Minera Nevada (Pascua Lama), Monitoreos INIA; Universidad de Atacama-CONAMA, ANAM-CONAMA, CENMA y Algoritmos S.A.-MMA (Figura 11).

²⁷ <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>

²⁸ <http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=140491cbe86847cab6b18949442393f9>

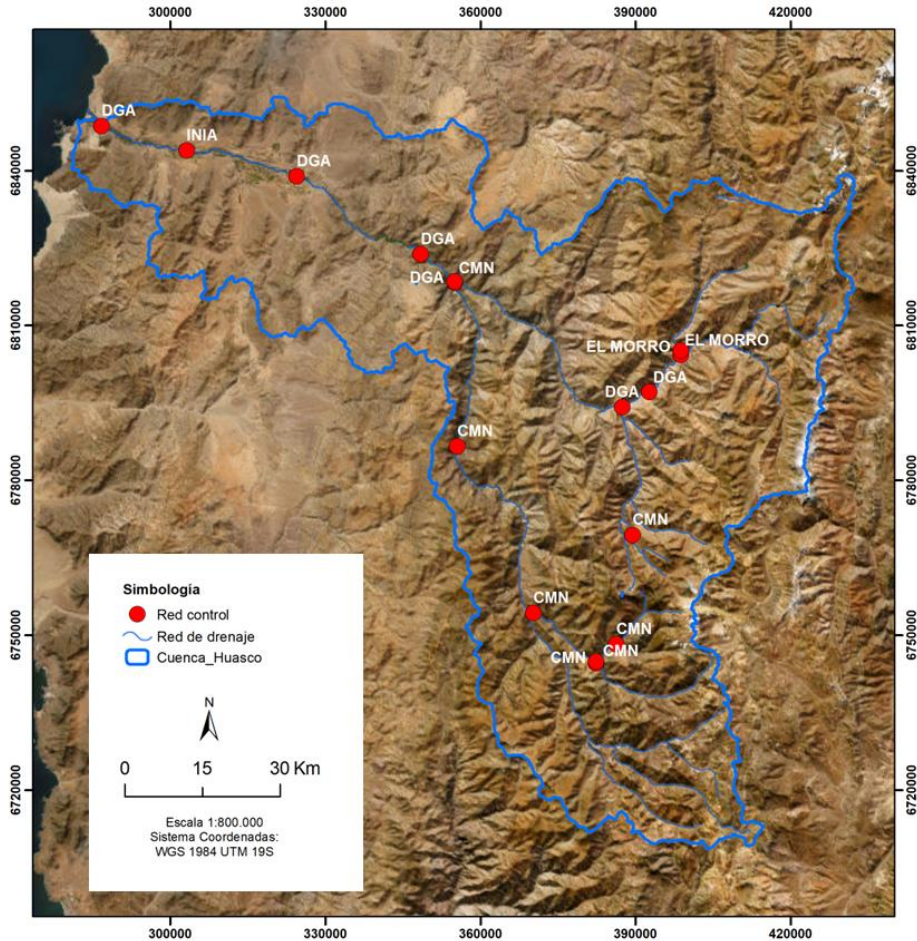


Figura 11: Puntos de control propuestos en el Proyecto Definitivo de la NSCA del Río Huasco con el detalle de las bases de datos de origen (Elaboración Propia).

e) Background Hidrogeológico:

El estudio hidrogeológico de la Cuenca del Río Huasco²⁹, la consulta al Inventario Público de Cuencas Hídricas de la DGA, y reuniones de trabajo con el Subcomité Operativo (SERNAGEOMIN-SEREMI Medio Ambiente Atacama-MMA), realizadas entre Agosto y Noviembre de 2018, permitieron analizar la geología a pequeña escala de la cuenca del río Huasco (Figura 12), así como con las redes de drenaje de cada una de sus subcuencas y sub-subcuencas, identificando relaciones entre las características químicas del agua y las características geológicas de la cuenca hidrográfica. Lo anterior, queda evidenciado por el aumento de la concentración de algunos iones en tramos específicos, por los índices de saturación de las aguas, por coeficientes de correlación entre parámetros, por indicadores de mezclas de aguas y por el análisis de los diagramas de Stiff³⁰ (dominancia de aguas bicarbonatado-cálcicas en la cuenca), tanto de aguas subterráneas como superficiales. Asimismo, se analizó el background geológico el cual influencia de manera diferenciada la calidad de las aguas (Figura 13 y Figura 14).

²⁹ Universidad Católica del Norte, 2010. Evaluación hidrogeológica de la cuenca del Río Huasco, con énfasis en la cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

³⁰ Diagramas de Stiff, permiten representar gráficamente la química del agua.

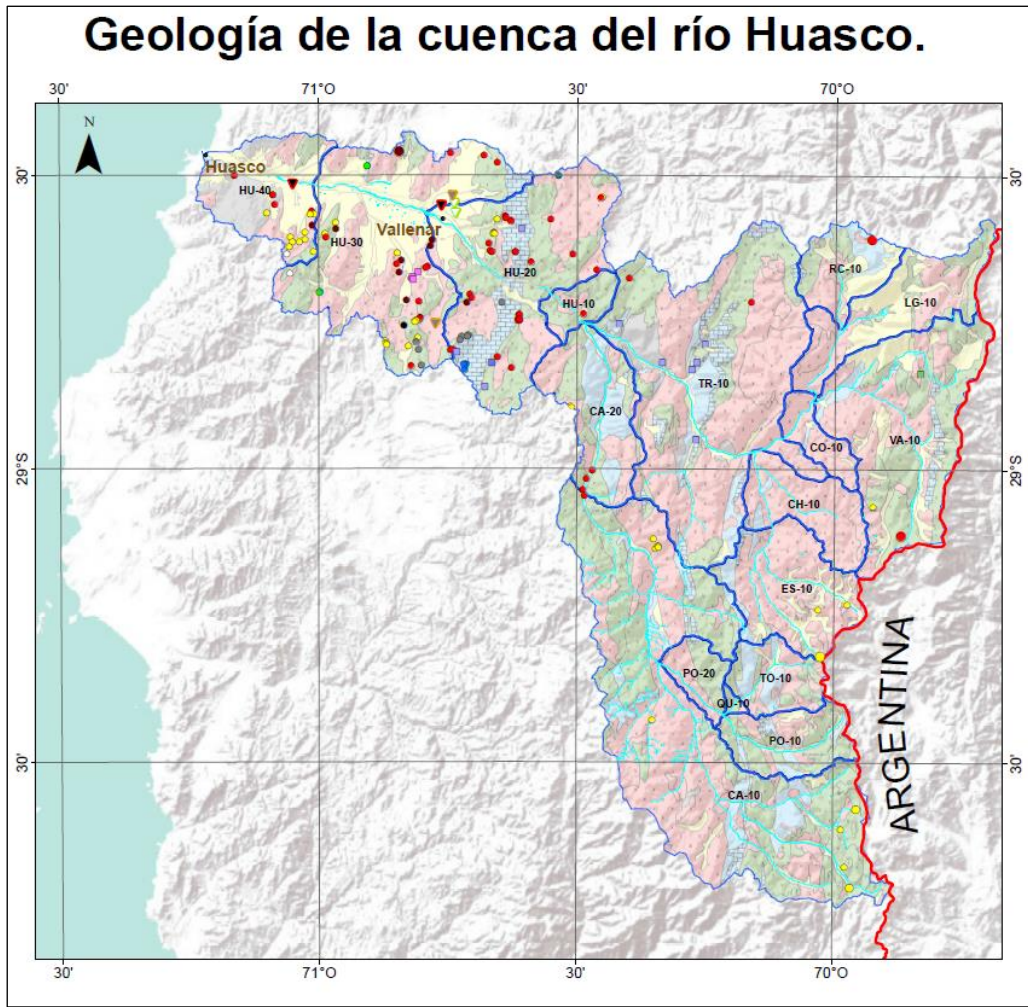


Figura 12: Análisis Geológico de la Cuenca del Río Huasco según Áreas de Vigilancia Propuestas en el Proyecto Definitivo de norma (Fuente: SERNAGEOMIN, 2018. Elaboración Propia).

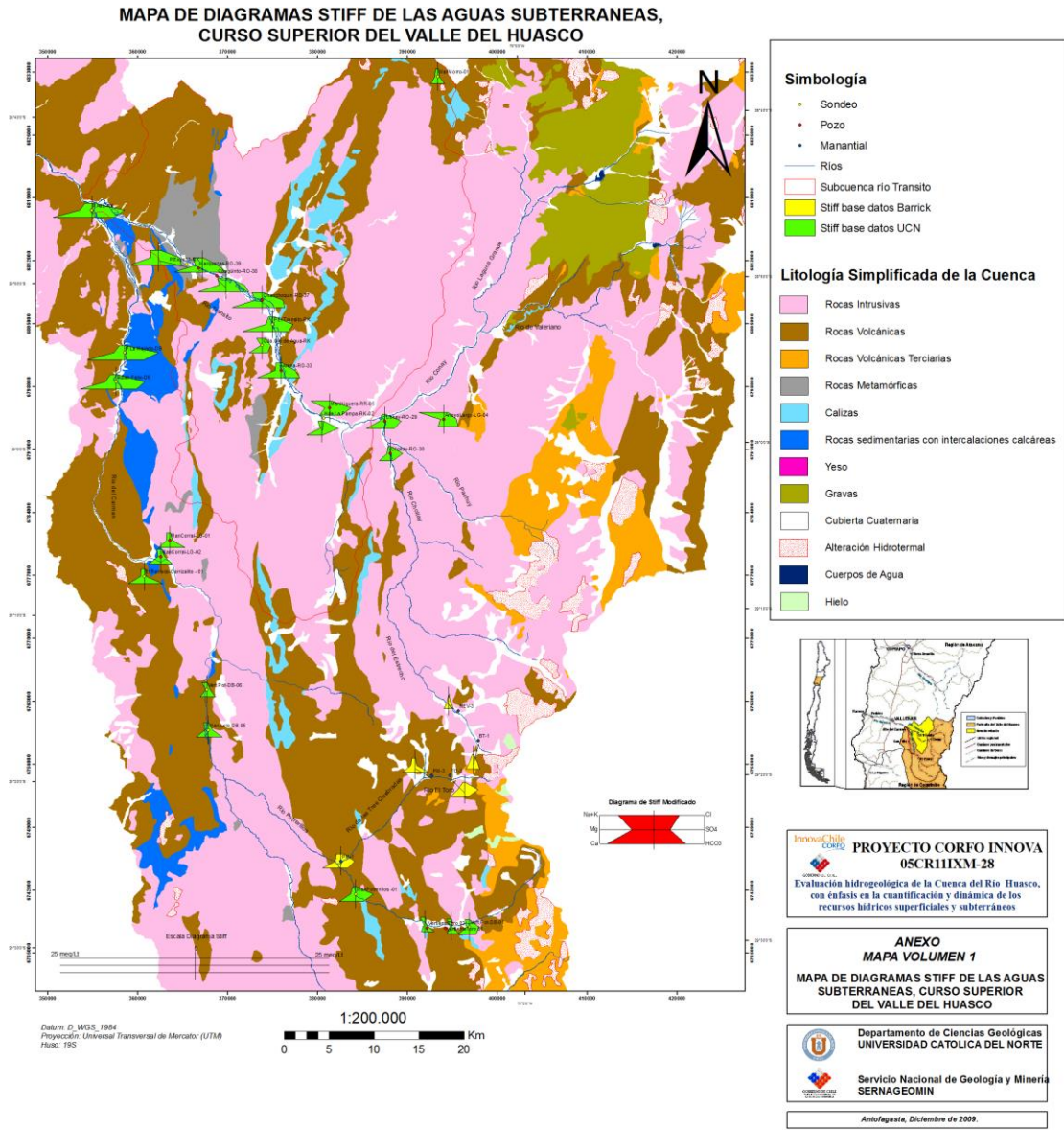


Figura 13: Hidrogeología dominante en la cuenca del Río Huasco más Diagramas de Stiff de la parte alta (Fuente: Universidad Católica del Norte, 2010).

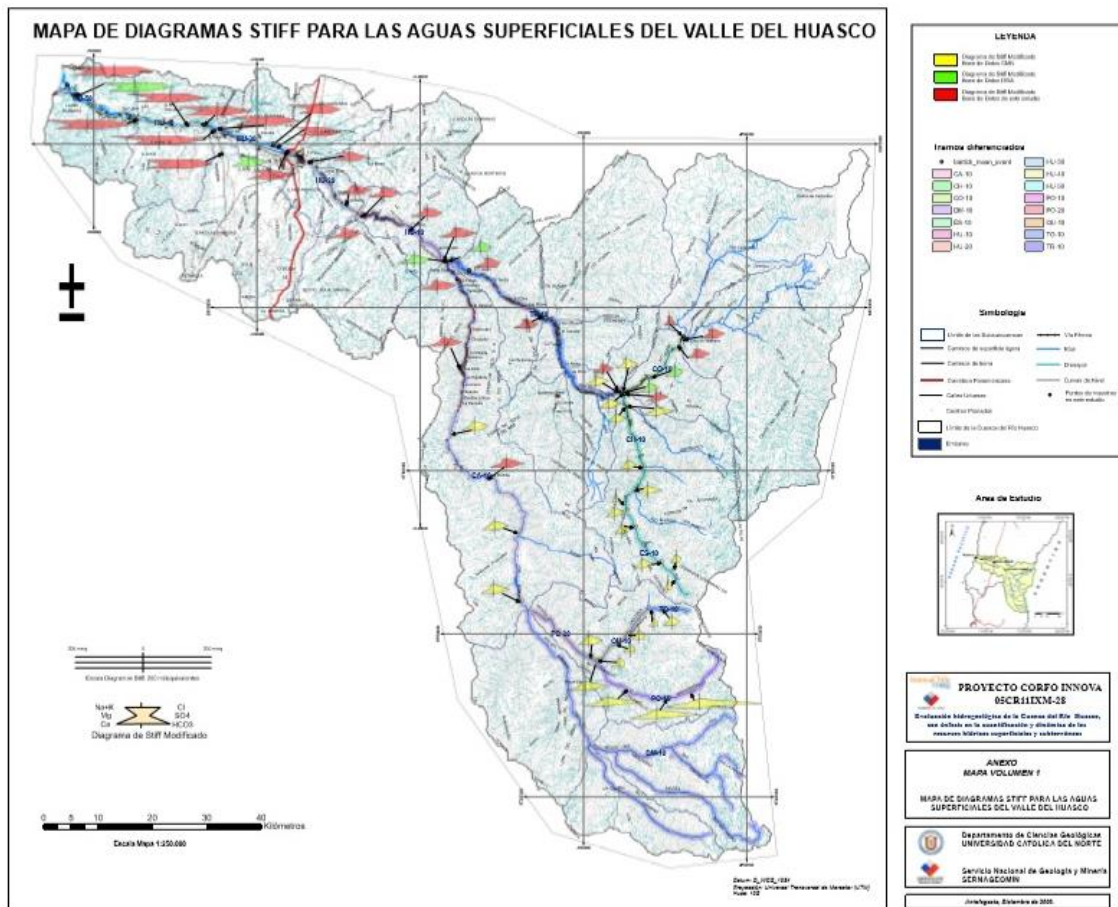


Figura 14: Diagramas de Stiff para las aguas superficiales de la cuenca del río Huasco (Fuente: Universidad Católica del Norte, 2010).

f) Potenciales fuentes de emisión antrópica de la cuenca:

f.1) Emisiones no relacionadas a la extracción minera

f.1.1) Fuentes puntuales:

Se analizaron las potenciales fuentes de emisión de la cuenca, solicitando información a los Servicios Públicos, integrantes del Comité Operativo y mediante la consulta a diferentes estudios, catastros e inventarios:

- Presentación de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (“SISS”) Atacama al Comité Operativo (Minuta reunión Comité Operativo 23 de Octubre de 2018).
- Reportes de autocontrol del DS90/00 (RILES descargados en aguas superficiales continentales y marinas) para las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.
- Reportes de autocontrol del DS46/2002 (RILES descargados en aguas subterráneas) para las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.
- Reuniones de subcomité operativo con la Seremi de Medio Ambiente Región de Atacama y Superintendencia de Servicios Sanitarios Región de Atacama (20 de Noviembre de 2018).
- Estudio “Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco”. Algoritmos-MMA, 2012-2013.
- Base de datos del “Catastro de Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes del MMA (Región de Atacama)”.
- Análisis RCAs N° 24 y 108 de 2017 de Modificación de Tecnologías Plantas de Tratamiento de Aguas de Freirina y Vallenar, respectivamente (SEIA). Al respecto se analiza el cambio tecnológico o procesos de las PTAS y su efecto sobre la calidad de agua del efluente, lo cual se puede ver en su correspondiente expediente de evaluación Ambiental.

- Análisis de la Presencia de Aguas Potables Rurales del Programa de Agua Potable Rural de la DOH-MOP³¹.

f.1.2) Fuente difusas:

- Información de veranadas ganaderas en sector alto de la cuenca, entregada por el Servicio Agrícola y Ganadero Región de Atacama.
- Análisis de Usos del Suelo (INIA, 2010 y 2018). Figura 15 y Figura 16.
Respecto al uso de suelo de la cuenca del río Huasco, la mayoría de los suelos del valle de Huasco y sus afluentes en el curso medio, ocupan una topografía de terrazas planas con pendientes suaves y drenaje normal. En general son suelos de espesor mediano a delgado, textura suelta, generalmente franco arenosos, de color pardo en su superficie y textura más pesada en profundidad. En la mayoría de los casos presentan acumulaciones salinas variables profundas en los horizontes de la superficie. La gran mayoría de los suelos presentan perfiles pedregosos y muy pobres en materia orgánica. Los suelos del sector preandino de la cuenca, corresponden en general a suelos xerosoles cálcicos y litosuelos³².

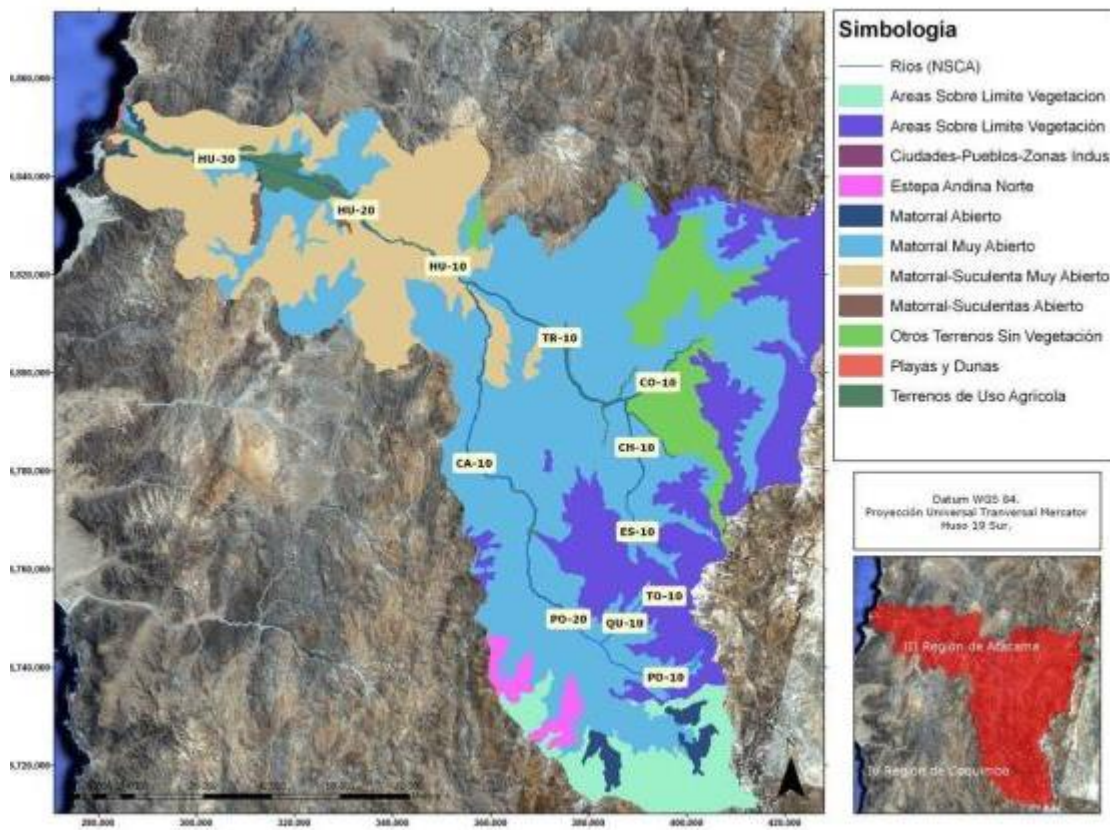


Figura 15: Mapa de Uso de Suelo Cuenca del Río Huasco (Fuente: ALGORITMOS-MMA, 2012).

³¹ Disponible en <http://www.doh.gov.cl/Paginas/default.aspx>

³² Cade-Idepe. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Huasco.

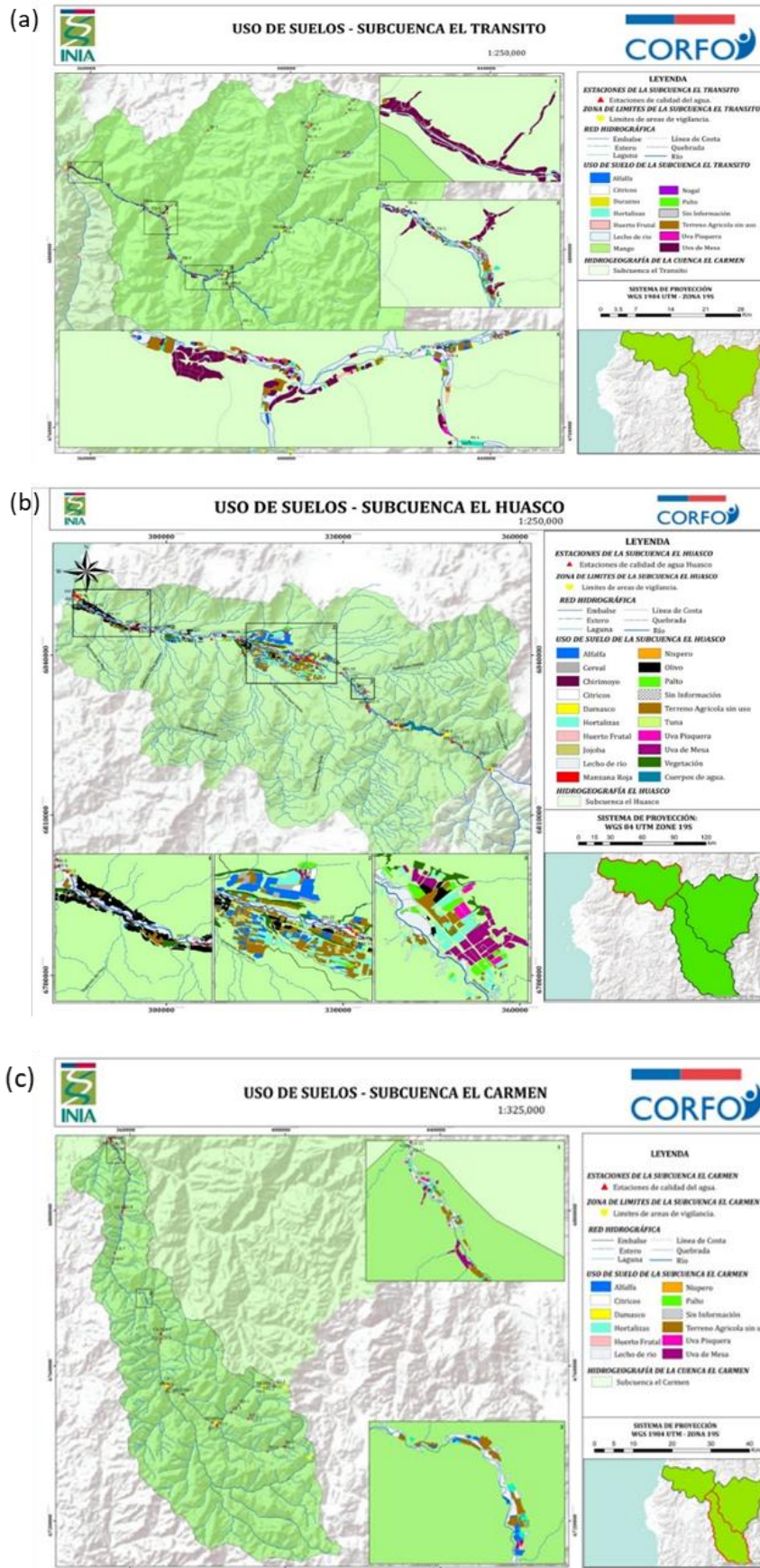


Figura 16: Mapa Uso de Suelos (a) Subcuenca Río El Tránsito (b) Subcuenca Río El Carmen (c) Subcuenca Río Huasco (Fuente: INIA-MMA 2017)

f.2) Minería Activa, Pasivos Mineros y proyectos mineros aprobados por el Servicio de Evaluación Impacto Ambiental (“SEIA”): Por tratarse de áreas con gran potencial minero, se realizó un análisis del emplazamiento territorial de activos y pasivos mineros, así como de los proyectos en evaluación ambiental, o aprobados, y que pueden comenzar a operar en la cuenca. Esto último fue de especial preocupación del Comité Operativo, al momento de definir las áreas de vigilancia y el control de determinados parámetros.

Las fuentes consultadas fueron:

- Bases datos de “Catastro de Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes del MMA, Región de Atacama” (Figura 17).
- Catastro de Depósitos de Relaves Mineros de SERNAGEOMIN³³.
- Minutas Técnicas generadas en reuniones de subcomité operativo (SERNAGEOMIN-SEREMI Región de Atacama (Expediente norma: Minutas 31 de Agosto de 2018, folio 1976-1977; 28 de Septiembre 2018, folio 1803-1804; 9 de Noviembre de 2018, folio 1862-1863).

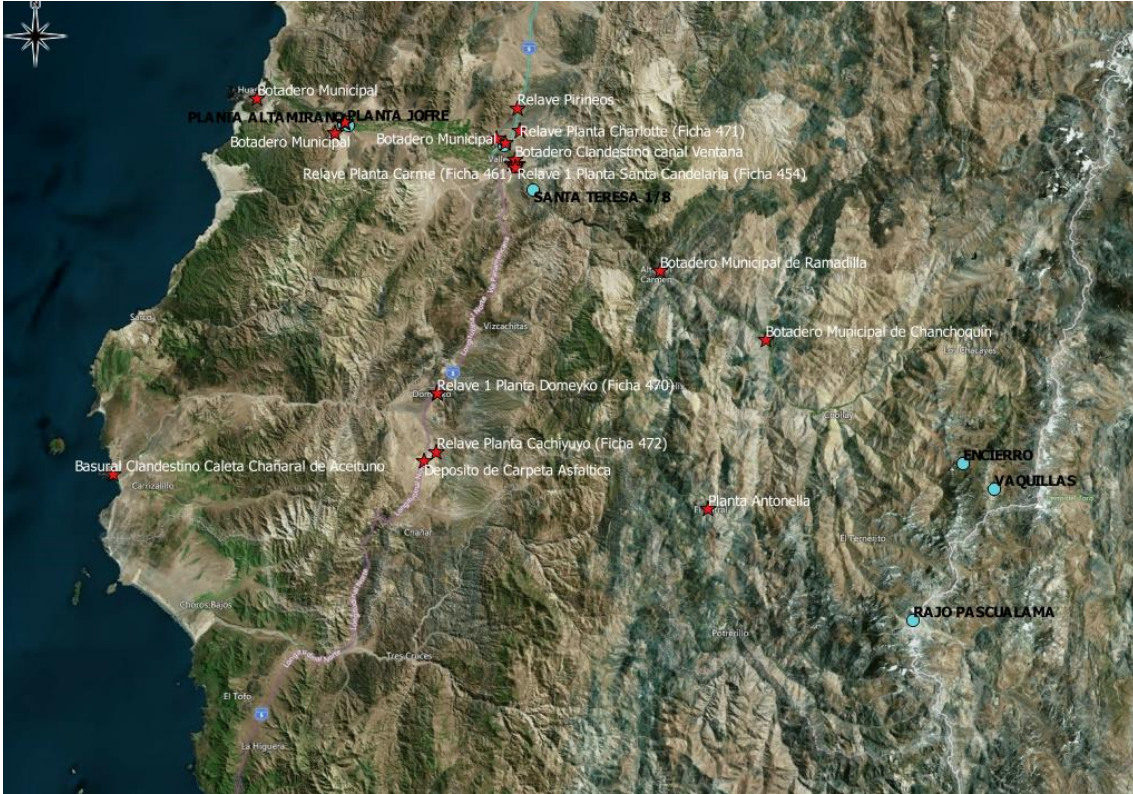


Figura 17: Fuentes de contaminación de origen minero (Fuente: Catastro de Depósitos de Relave del SERNAGEOMIN (estrellas rojas) y Catastro de Sitios con Potencial Fuente de Contaminantes-MMA (Círculos azules).

³³ Disponible en <http://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>

ii. Definición de áreas de vigilancia según criterios establecidos

La Tabla 7 resume la definición de las áreas de vigilancia de acuerdo a los criterios descritos anteriormente. La Tabla 8 describe cada área de vigilancia que establecerá el Proyecto Definitivo, señalando sus coordenadas de inicio y término, así como también las coordenadas de las estaciones monitoras (EMO) de estas normas, que se considerarán para la Red de Control³⁴, cuyos polígonos se muestran en la Figura 18.

Tabla 7: Definición de áreas de vigilancia según criterios

Área de Vigilancia	Criterio (s)	Decisión según objetivo por Área de Vigilancia.	Fuente de verificación
HU-40, QU-10, PO-20, LG-10, VA-10 CO-10, CH-10 y TR-10	Valor Ecológico: Índices Bióticos Shannon Wiener, ETDCH; IBMWP; ICM; IIB y SIGNAL); presencia de peces endémicos marinos y estuarinos y Sitios Prioritarios u otra figura de protección	<ol style="list-style-type: none"> 1. Delimitar un área de vigilancia en los tramos de los ríos y principales tributarios donde se observaron los mayores valores de los índices: Huasco en Desembocadura (HU-40), Río Tres Quebradas (QU-10) y Río Potrerillos (PO-20). Con objeto de mantener la buena calidad de aguas para estas comunidades biológicas allí presentes. 2. Separar las áreas de drenaje de CO-10, CH-10 y TR-10, dada la presencia de la Iniciativa Conservación Privada Comunidad Agrícola Huascoaltina 3. Separar las áreas de vigilancia en Huasco en la desembocadura (HU-40), así como en los ríos Laguna Grande (LG-10) y Valeriano (VA-10), con el fin de proteger la biodiversidad de la zona, que las definió como Sitio Prioritario para la Conservación de la biodiversidad en 2009. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa de Biomonitorio MMA, 2016.³⁵ 2. Catastro que realizó el Ministerio del Medio Ambiente a través de su Proyecto MMA / GEF-PNUD "Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional". 3. Resolución Exenta N° 323 de 29 de Diciembre de 2009 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama, la cual "Aprueba Estrategia y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad de Atacama para el período 2010-2017".
TO-10 y PO-10	Background hidrogeológico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Delimitar áreas de vigilancia, en función con su red de drenaje, en las cuales la geología de la zona es suficientemente distinta a otras zonas. Lo mismo para potenciales fuentes, actividades tradicionales (pastoreo de ganado) y/u objetos de conservación, como la biodiversidad de macroinvertebrados en el río: QU:10: Presencia de alteración hidrotermal tipo propílica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Minutas trabajo subcomités operativos SERNAGEOMIN-MMA-SEREMI Medio Ambiente Atacama entre (Expediente Norma: Minuta Reuniones 31 de Agosto 2018, 28 de Septiembre 2018 y 8 de Noviembre 2018). 2. Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco". 3. Estudio Evaluación hidrogeológica de la Cuenca del Río Huasco, con énfasis en la cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Proyecto CORFO INNOVA 05CR11IXM-28. 4. Oficio del Servicio Agrícola y Ganadero N°173 del 28 de febrero de 2019, en respuesta a la SEREMI de Medio

³⁴ Red de Control: red de monitoreo de la calidad de las aguas conformada por un conjunto de estaciones de monitoreo distribuidas en áreas de vigilancia en las cuales se determina el cumplimiento normativo de los parámetros establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental (NSCA).

³⁵ Disponible en goo.gl/i48tgk

			Ambiente de Atacama respecto de sectores de pastoreo y número de cabezas de ganado controladas por el SAG en la cuenca del río Huasco.
HU-20, CA-20 y HU-30	<p>Fuentes de emisiones (no mineras):</p> <p>a) Plantas de Tratamiento de Aguas, Áreas Agrícolas.</p> <p>a) Usos de suelo agrícola intensivos</p> <p>b) Usos de suelo pecuario</p>	<ol style="list-style-type: none"> Definir áreas para las cuales existiera información histórica en el punto de control y sujetas al efecto de potenciales fuentes de contaminación puntual y difusa. Descargas de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas: HU-20: Ciudad de Vallenar (coordinada descarga WGS89_19 324387 E y 6839171 N) HU-30: Pueblo Freirina (coordinada de descarga WGS84_19 295066 E y 6845142 N) Áreas de uso agrícola de Olivos y Viñas: CA-20: Poblado Carmen Alto. Actividades pecuarias: PO-10: Veranadas por cabreros de la zona. 	<ol style="list-style-type: none"> Trabajo del Comité Operativo SISS: Entrega de documentos RCAs Mejoramiento PTAs Freirina y Vallenar, N°24-2012 y N°108, 2017, respectivamente. Trabajo del Comité Operativo, mapa de uso de suelos. Análisis usos del Suelo (INIA, 2010 y 2018). Información Comité Operativo Acta Sesión 11³⁶.
CA-10, y ES-10	<p>Minería Activa, Pasivos Mineros y EIA Mineros aprobados por el SEIA (impacto futuro de explotaciones mineras en la cuenca)</p>	<ol style="list-style-type: none"> Separar de acuerdo con la red de drenaje en 2 áreas diferentes toda la subcuenca del Río Carmen (solo 1 área de vigilancia en el AP 2008), CA-20, antes caracterizada, y CA-10. Esta última potencialmente influenciada por la actividad minera en su cabecera de las faenas de la Minera El Indio. En el caso del Río Estrecho (ES-10), se separó esta área de drenaje, considerando el Proyecto Minero Pascua Lama, que actualmente encuentra ejecutando su Plan de Cierre, tras la ratificación de clausura total y definitiva determinada por el Primer Tribunal Ambiental. En el caso de HU-30, en esta zona se concentran la mayor cantidad de pasivos mineros huérfanos de la Región, según catastro de Depósitos de Relaves Mineros de SERNAGEOMIN³⁷. 	<ol style="list-style-type: none"> Análisis de uso de suelos de la Región. Información, INIA 2018 Este criterio fue adoptado y sostenido por el Comité Operativo de la norma hasta la fecha de la elaboración del presente documento, independientemente de la operación o no del proyecto minero Pascua Lama. El argumento es que persiste preocupación de la comunidad sobre los efectos de nuevas fuentes en una cuenca muy atractiva para la extracción de diferentes minerales. Minutas trabajo subcomités operativos SERNAGEOMIN-MMA-SEREMI Medio Ambiente Atacama entre (Expediente Norma: Minuta Reuniones 31 de Agosto 2018, 28 de Septiembre 2018 y 8 de Noviembre 2018).

³⁶ Disponible en Expediente Público Folio 1760 al 1793 <http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/1760-1793.pdf>

³⁷ Disponible en <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>

Tabla 8: Áreas de vigilancia, indicando código, cauce, delimitación, estación de monitoreo de referencia para muestreo y coordenadas UTM WGS 84 Huso 19.

N°	Áreas de Vigilancia Propuestas	Cauce	Delimitación de cada área de vigilancia	Estaciones de monitoreo referencia	Coordenadas inicio – fin AV UTM WGS 84	
					Norte	Este
1	HU-10	Río Huasco	De: Confluencia río Tránsito y Río Carmen. Hasta: Aguas arriba del Embalse Santa Juana.	Estación DGA Chepica 03820002-k	6.818.527 6.823.878	354.411 348.469
2	HU-20		De: Aguas arriba del Embalse Santa Juana. Hasta: Aguas debajo de la ciudad de Vallenar.	Estación DGA Panamericana 03823001-8	6.823.900 6.838.938	348.452 324.548
3	HU-30		De: Aguas debajo de la ciudad de Vallenar. Hasta: Puente Nicolasa, Freirina.	INIA 03-H Nicolasa	6.838.982 6.843.937	324.479 303.275
4	HU-40		De: Puente Nicolasa, Freirina. Hasta: Huasco Bajo, Huasco.	Estación DGA Huasco Bajo 03826001-4	6.843.958 6.848.717	303.209 286.803
5	CA-10	Río Carmen	De: Naciente del río Carmen Hasta: Confluencia con Quebrada López.	Estación CMN CA4	6.711.875 6.786.611	412.202 355.537
6	CA-20		Desde Confluencia con Quebrada López hasta confluencia río Tránsito.	Estación DGA Ramadillas 03815001-4	6.786.646 6.818.445	355.599 355.105
7	PO-10	Río Potrerillos	De: Naciente del río Potrerillos. Hasta: Confluencia con río Tres Quebradas.	Estación CMN VIT5	6.748.386 6.744.578	401.291 382.391
8	PO-20		De: Confluencia con río Tres Quebradas. Hasta: Río Carmen.	Estación CMN VIT1	6.745.191 6.754.248	382.030 370.444
9	QU-10	Río Tres Quebradas	De: Aguas arriba confluencia Quebrada La Ortiga. Hasta: Río Potrerillos.	Estación CMN VIT4	6.748.093 6.745.036	386.032 382.666
10	TO-10	Río del Toro	Desde inicio del Río Toro, hasta inicio Río Tres Quebradas	Estación CMN TO3	6.754.699 6.748.144	401.124 386.037
11	TR-10	Río El Tránsito	De: Ríos Conay y Chollay. Hasta: Confluencia con río Carmen.	Estación DGA Río Tránsito antes Junta Río Carmen 03806001-5	6.797.172 6.818.555	392.684 355.067
12	CH-10	Río Chollay	De: Río Estrecho. Hasta: Río Tránsito.	Estación DGA Río Chollay antes río Conay 03803001-9	6.769.508 6.794.519	389.455 386.991
13	ES-10	Río Estrecho	De: Naciente río Estrecho. Hasta: Río Chollay.	Estación CMN NE4	6.759.566 6.769.482	402.759 389.454
14	CO-10	Río Conay	De: Confluencia ríos Valeriano y Laguna Grande. Hasta: Río Tránsito.	Estación DGA río Conay en Las Lozas 03802001-3	6.805.223 6.797.190	398.724 392.723
15	VA-10	Río Valeriano	De: Naciente río Valeriano. Hasta: Río Conay.	Estación El Morro RH-7	6.777.292 6.804.038	423.088 398.583
16	LG-10	Río Laguna Grande	De: Naciente río Laguna Grande. Hasta: Río Conay.	Estación El Morro RH-8	6.838.821 6.805.294	431.064 398.732

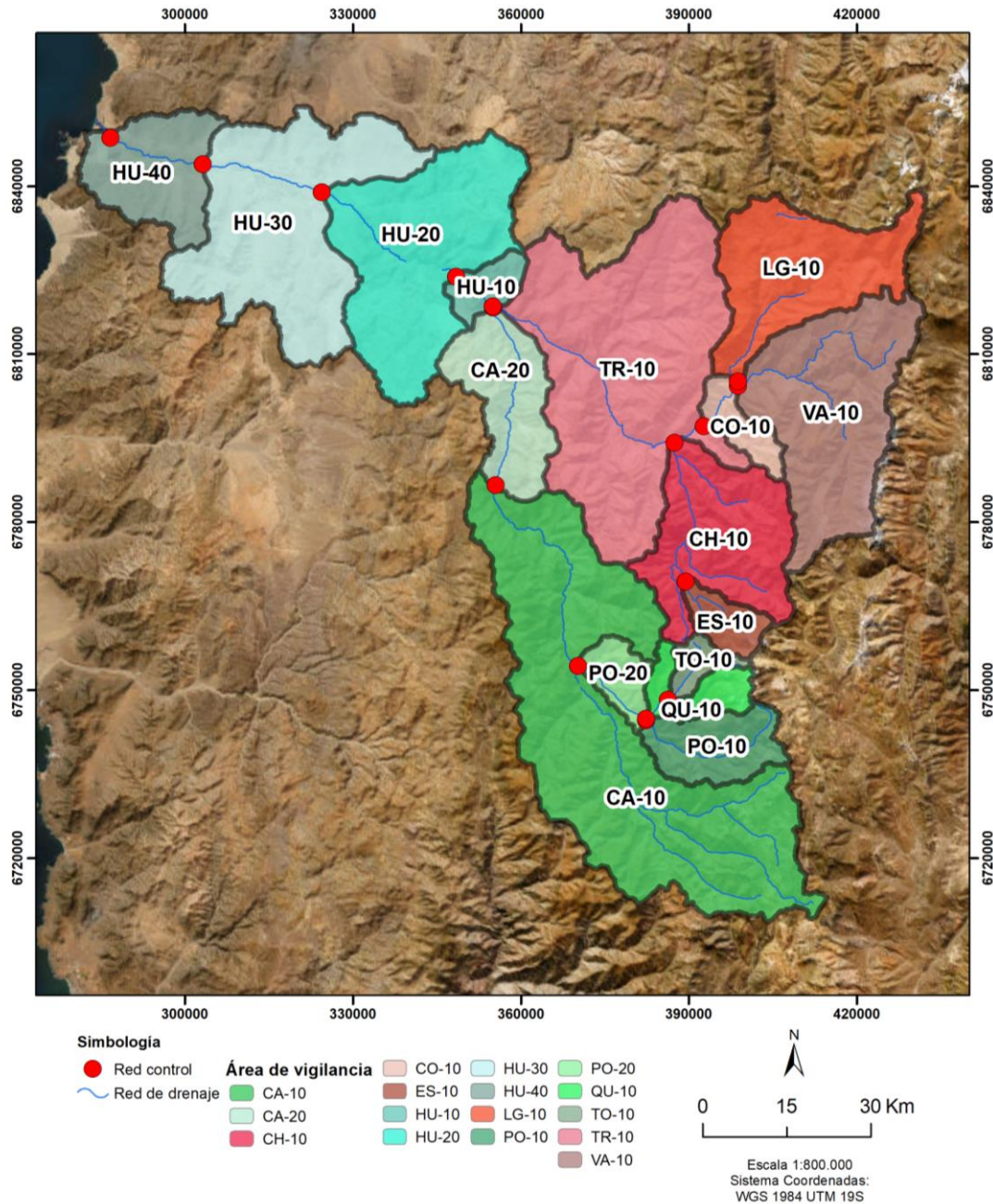


Figura 18: Áreas de vigilancia propuestas para la cuenca del río Huasco. Elaboración propia.

Finalmente, se destaca que en el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua (PMCCA) podrán considerarse otras estaciones de monitoreo adicionales y complementarias a las señaladas en la Tabla 8, como parte de la Red de Observación, con la finalidad de generar información complementaria y necesaria para la comprensión del estado de calidad de los cuerpos de agua de esta cuenca y sus ecosistemas asociados, así como para apoyar futuros procesos de revisión de estas normas. En el Anexo 6, se presenta la propuesta Red de Observación para las NSCA río Huasco, en base a lo acordado en las 9ª y 10ª reuniones del Comité Operativo³⁸ y las comunidades indígenas en el marco del Proceso de Consulta Indígena³⁹, donde se consideran nuevas estaciones de monitoreo, los parámetros que se propone medir en ellas y la frecuencia semestral.

³⁸ Disponible en Expediente Público Folio 1641 al 1655 <https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/1641-1665.pdf> y Folio 1717 al 1743 http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/d1a_1717-1743.pdf

³⁹ Informe Final de Sistematización del Proceso de Consulta Indígena sobre el Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco. Disponible en: <https://consultaindigena.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/03/Sistematizacion-Consulta-Indigena-Anteproyecto-NSCA-Rio-Huasco.pdf>

iii. Criterios para la selección de parámetros:

Considerando todos estos antecedentes que establecen relación entre fuentes y sus potenciales efectos en la contaminación de las aguas superficiales de la cuenca del río Huasco y su biodiversidad asociada, se realizó el análisis para la selección de parámetros a normar. Para la selección de parámetros de la red de control de la norma, se consideraron los siguientes criterios:

a) **Calidad del agua (concentraciones ambientales):**

Se revisaron los datos de parámetros fisicoquímicos medidos en la cuenca, privilegiando la información oficial, como la obtenida por la DGA, en el caso de ríos. Para la selección de los parámetros a incluir en la norma se consideró el efecto de dichos parámetros en el ecosistema: a) parámetros tóxicos (p.e. metales), b) parámetros no tóxicos (p.e. nutrientes) y c) parámetros relacionados a propiedades globales y físicas (p.e. O.D, Conductividad, pH).

b) **Fuentes emisoras de la cuenca (puntuales y difusas):**

Se analizaron qué parámetros físico-químicos emitidos por fuentes puntuales y difusas presentes en la cuenca pueden tener un efecto negativo en los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, el rubro minero, importante en la cuenca, está asociado a la emisión de metales pesados, como As, Cu, Cd, además de impactar en el pH y la conductividad eléctrica. Los relaves y pasivos mineros están vinculados al drenaje ácido de roca, lo cual incrementa la concentración de metales y metaloides en las aguas. Otras fuentes relevantes son las emisiones relacionadas con las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, y emisiones difusas por escorrentía de suelos agrícolas y ganaderos.

c) **Estado del Ecosistema:**

c.1) Indicadores del Estado trófico del Ecosistema: Se debe considerar la carga de nutrientes, que provocan fenómenos de crecimiento explosivo de algas, macrófitas y bacterias, lo que conlleva a un aumento de la turbiedad, disminuyendo la transparencia del agua, contribuyendo a la eutrofización.

c.2) Efectos ambientales de los parámetros: Estos impactos pueden afectar a los diferentes niveles del ecosistema, individuos poblaciones o comunidades. Pueden estar directamente relacionados con cambios en el nicho ecológico de las especies, funciones vitales de las mismas o alternación de sus interacciones en condiciones de no contaminación del agua.

d) **Economía de parámetros:**

Se evitó la selección de parámetros que representen el mismo efecto ambiental y que se comprobara su correlación estadística significativa con los datos utilizados para normar (por ejemplo, parámetros que pueden considerarse redundantes son conductividad eléctrica, salinidad, sólidos totales disueltos).

e) **Otros criterios:**

Además de los criterios anteriores, se establecieron como criterios adicionales que los parámetros deben tener datos suficientes para establecer clases de calidad, que deben contar con datos para todas o la mayoría de las Áreas de Vigilancia definidas y que deben contar con un mínimo de 12 datos en los últimos 10 años.

iv. Parámetros seleccionados:

A partir de los 92 parámetros obtenidos en la data histórica utilizada y los criterios de selección antes mencionados, se seleccionaron 16 parámetros a monitorear en la red de control de la norma (Tabla 9), donde además se presenta el rubro al cual está principalmente asociado y el efecto biológico y/o ecológico más importante en ecosistemas fluviales.

Entre los 16 parámetros seleccionados, se cuentan los metales pesados y metaloides (Arsénico), que están directamente asociados a las faenas mineras, a través de la posible generación de drenaje ácido de roca (DAR).

Se seleccionaron parámetros básicos y forzantes, es decir aquellos más relevantes desde el punto de vista de la contaminación de origen humano, que presentan efectos más directos sobre los organismos y de los cuales dependen muchos otros parámetros que se oxidan o reducen y/o concentran o diluyen. Entre ellos está el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y nutrientes (Integrated Monitoring Guide for SDG 6. UN, 2018).

El pH se seleccionó debido a las potenciales fuentes de contaminación de la cuenca (DAR proveniente de la minería), que pueden modificar esta variable hasta valores letales o subletales para la biota acuática, afectando la toxicidad o biodisponibilidad de otros parámetros, como los metales y nutrientes.

La Conductividad eléctrica y el Sulfato se incluyeron, pues al igual que el pH y los metales pesados, tienen directa relación con las potenciales fuentes de contaminación minera presentes en la cuenca. Sus efectos (aumentos producidos por el DAR), pueden provocar estrés oxidativo, inhibición de la fotosíntesis y alteraciones, tanto metabólicas como físicas, en los organismos y sus hábitats en los ecosistemas acuáticos.

También, se seleccionó Oxígeno disuelto del agua, puesto que el metabolismo de la mayoría de los organismos presentes en la cuenca es aeróbico (fotosíntesis y respiración) y este parámetro regula otros procesos tales como la biodisponibilidad de metales pesados, la liberación de compuestos tóxicos y la proliferación de especies micro-aerófilas o anaeróbicas (microalgas, bacterias y malezas acuáticas), que pueden provocar efectos indeseados en los ecosistemas.

Las emisiones ligadas a la agricultura están relacionadas con los compuestos nitrogenados y fosfatados. Esta propuesta considera incorporar al Nitrato y Fosfato, a ser controlados en la norma, puesto que se cuenta con suficiente información histórica para estas variables en la cuenca.

Asociados al rubro sanitario, agropecuario y a los asentamientos humanos se encuentran los parámetros Amonio y Coliformes totales. Ambos parámetros fueron solicitados ser incorporados en la red de control de este Proyecto Definitivo de norma, por parte del Comité Operativo de la misma. Para el primero se ha documentado un importante impacto sobre las plantas acuáticas que son los productores primarios más importantes en un río y los encargados de la oxigenación de las aguas. En cuanto a los Coliformes totales, su alta correlación con patógenos que pueden afectar a la flora y fauna acuática, y su efecto en la reducción del oxígeno disuelto, fueron la razón de su selección.

Tabla 9: Parámetros propuestos para normar, por su importancia en la cuenca, en relación al rubro al cual se relaciona y el efecto que tienen en los ecosistemas acuáticos.

Nº	Parámetro	Rubro	Efecto biológico
1	Cobre Total	Minería y Pasivos Mineros	Estrés oxidativo en comunidades acuáticas y mutaciones genéticas. Inhibición de fotosíntesis.
2	Fierro Total		
3	Aluminio Total		
4	Arsénico Total		
5	Zinc Total		
6	Manganeso Total		
7	Mercurio Total		

8	Cianuro ⁴⁰	Minería y Pasivos Mineros	Inhibe respiración celular.
9	pH	Minería y Pasivos Mineros	Aumenta toxicidad de otros parámetros (metales).
10	Conductividad Eléctrica	Minería y Pasivos Mineros, extracción de áridos, agricultura	Alteraciones metabólicas. Problemas en osmorregulación de organismos.
11	Oxígeno Disuelto	Minería y Pasivos Mineros, extracción de áridos, agricultura, Sanitarias, SSR	Alteraciones metabólicas, anoxia. Aumento toxicidad por metales pesados
12	Fosfato	Agricultura y agropecuario	Cambio en la trofía, alteración de estructura comunitaria acuática y anoxia.
13	Sulfato	Minería y Pasivos Mineros, agropecuario	Toxicidad directa y aumento de toxicidad de metales pesados. Inhibición de fotosíntesis.
14	Nitrato	Agricultura y agropecuario	Cambio en la trofía, alteración de estructura comunitaria acuática y anoxia.
15	Amonio	Sanitarias, SSR, asentamientos, agropecuario	A pH altos, se transforma en Amoniaco, muy tóxico para las especies acuáticas.
16	Coliformes Totales	Sanitarias, SSR, asentamientos, agropecuario	Posible presencia de patógenos, anoxia.

⁴⁰ Dada la alta toxicidad de este compuesto sobre la biota acuática, su posible paso a través de la cadena trófica al ser humano, así como la presencia de actividad minera activa y pasiva ligada a la extracción de Au en la cuenca se decidió de incorporar este parámetro en el actual Proyecto Definitivo de norma.

3 Definición de Tabla de Clases de Calidad

Las tablas de clases de calidad son una herramienta para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos en relación con la calidad fisicoquímica del agua de la cuenca y las condiciones biológicas⁴¹. Las tablas se construyen con 5 clases de calidad, cada una de las cuales corresponde a un rango de concentración. El valor señalado en cada clase representa el valor máximo de su rango, por lo que su valor mínimo viene dado por el valor señalado en la clase anterior. Estos rangos se fijan en base a la mayor cantidad de información biológica, ecotoxicológica, estadística y otros antecedentes relacionados con el estado de los ecosistemas acuáticos que se encuentre disponible (MMA, 2017).

En este Proyecto Definitivo, el análisis de efectos biológicos se ha basado principalmente en estudios de bioindicadores, en lugar de ensayos ecotoxicológicos. Esto se debe a que los estudios realizados en la cuenca mostraron que los registros de biodiversidad, incluidos los de especies nativas, fueron elevados incluso en condiciones que se consideran letales para otros ambientes o para especies estandarizadas en bioensayos. Por lo tanto, se ha asumido que las especies presentes en ciertos sectores de la cuenca del Río Huasco, debido a su aislamiento geográfico y altitudinal, han desarrollado adaptaciones a condiciones ambientales extremas, como altas concentraciones de metales pesados y metaloides, destacando el arsénico⁴²⁻⁴³.

La definición de cada una de las cinco clases, indicada en la Guía para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Marinas y Superficiales (MMA, 2017), es la siguiente:

- **Clase 1:** Considerada con una calidad de agua excelente y con escasa perturbación. Es indicadora del estado natural o muy similar al natural de la cuenca, la cual asegura la preservación de las especies más sensibles y su reproducción, además de indicar alta saturación de oxígeno y un estado ultraoligotrófico, apta para fuente de agua potable.
- **Clase 2:** Indicadora de una buena calidad del agua, con un ecosistema moderadamente perturbado, con una óptima protección y conservación del ecosistema acuático, con alta biodiversidad y gran densidad, con buena condición de oxígeno, escasa carga orgánica y un estado oligotrófico.
- **Clase 3:** Indica una calidad regular, con un ecosistema perturbado, el cual tiene una disminución de biodiversidad y tendencia al aumento del estado trófico, con una gran diversidad de peces, pero no apta para peces sensibles, considerado como un estado mesotrófico.
- **Clase 4:** Indicadora de una mala calidad, con un ecosistema altamente perturbado. Condición crítica para el ecosistema acuático, teniendo daños en su estructura y función, con muy pocas especies tolerantes y con alta abundancia, las especies sensibles desaparecen. Concentraciones ambientalmente inaceptables y un estado eutrófico.
- **Clase 5:** Considera una calidad muy mala, con un ecosistema fuertemente perturbado y con grandes cargas de contaminantes, donde se esperan intoxicaciones, aparición de cianobacterias tóxicas, ausencia de peces, pérdida importante de biodiversidad, muy poca oxigenación del agua, con alta turbiedad y un estado hipertrófico.

⁴¹ Water Quality Rating, EPA: <https://www.epa.gov/environmental-topics/water-topics>

⁴² Loayza-Muro, R. A., Elías-Letts, R., Marticorena-Ruiz, J. K., Palomino, E. J., Duivenvoorden, J. F., Kraak, M. H., & Admiraal, W. (2010). Metal-induced shifts in benthic macroinvertebrate community composition in Andean high-altitude streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(12), 2761-2768.

⁴³ Pell, A., Márquez, A., López-Sánchez, J. F., Rubio, R., Barbero, M., Stegen, S., ... & Díaz-Palma, P. (2013). Occurrence of arsenic species in algae and freshwater plants of an extreme arid region in northern Chile, the Loa River Basin. *Chemosphere*, 90(2), 556-564.

i. **Análisis Estadístico de las Bases de Datos:**

Siguiendo la metodología propuesta para la elaboración de normas (MMA, 2017), se empleó una base de datos lo más completa posible para desarrollar la Tabla de Clases de la norma y establecer los valores correspondientes para cada parámetro y área de vigilancia (AV). La base de datos total trabajada fue el resultado de la consolidación de diferentes datos (Tabla 10).

Tabla 10: Resumen de bases de datos utilizadas en la construcción del Proyecto Definitivo de Norma:

Base de Datos	Periodo en que se levantó la Información	Descripción	Áreas de Vigilancia	Parámetros
Dirección General de Aguas	1990-2022	Red Hidrométrica de la DGA, Estaciones de Calidad de Aguas.	HU-40, HU-20, TR-10, CO-10, CH-10 y CA-20.	Aluminio Total Arsénico Total Conductividad Cobre Total Hierro Total Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto pH Sulfato Zinc Total
Universidad de Atacama/CONAMA	2009-2010	Caracterización fisicoquímica del río Huasco. Áreas de vigilancia Anteproyecto Norma agua superficial cuenca río Huasco.	HU-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Conductividad Cobre Total Hierro Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto pH Sulfato
Laboratorio ANAM/CONAMA	2012	Caracterización fisicoquímica del río Huasco. Áreas de vigilancia anteproyecto norma agua superficial cuenca río Huasco	HU-10.	Aluminio Total Arsénico Total Conductividad Cobre Total Hierro Total Nitrato Oxígeno disuelto Sulfato
CENMA	2016	Estudio monitoreo y actualización de antecedentes técnicos para desarrollar norma secundaria de calidad para la protección de las aguas continentales en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama	HU-40, HU-30, HU-20, HU-10, TR-10, CO-10, CH-10, LG-10, CA-20, QU-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Cianuro Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Fosfato Mercurio Total Manganeso Total Nitrato pH Sulfato

Base de Datos	Periodo en que se levantó la Información	Descripción	Áreas de Vigilancia	Parámetros
				Zinc Total
Algoritmos S.A./MMA	2013	Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco.	HU-40, HU-30, HU-20, HU-10, TR-10, CO-10, CH-10, CA-20.	Aluminio Total Arsénico Total Cianuro Conductividad Cobre Total Hierro Total Fosfato Mercurio Total Manganeso Total Amonio Oxígeno disuelto Sulfato Zinc Total
INIA	2006-2009	Proyecto CORFO INNOVA “Desarrollo de un modelo de gestión integral para el resguardo de la calidad del agua en los valles de Huasco, Limarí y Choapa”	HU-40, HU-30, HU-20, HU-10, TR-10, CO-10, CH-10, LG-10, CA-20, QU-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Cianuro Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Fosfato Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto
INIA-CORFO	2017-2018	Proyecto CORFO Bienes Públicos “Análisis Integral de la Calidad de las Aguas para el Aseguramiento de la Competitividad del Sector Social y Productivo y la Sustentabilidad de los Ecosistemas Acuáticos, en el marco de la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Huasco”	HU-40, HU-30, HU-20, HU-10, TR-10, CO-10, CH-10, LG-10, VA-10, CA-20, CA-10, PO-10, PO-20, QU-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Cianuro Total Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Fosfato Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto
UCN/SERNAGEOMIN	2010	Evaluación hidrogeológica de la cuenca del río Huasco, con énfasis en la cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.	HU-40.	Conductividad pH Sulfato

Base de Datos	Periodo en que se levantó la Información	Descripción	Áreas de Vigilancia	Parámetros
ECOMETRIC	2011	Estudio limnológico en río Huasco para proyecto "Mejoramiento de tratamiento de aguas servidas, Freirina" Aguas Chañar S.A.	HU-20.	Fosfato Sulfato
Junta de Vigilancia del Río Huasco	2009-2010	Aplicación red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Huasco y sus afluentes.	HU-40, HU-30, HU-10, CO-10, LG-10, QU-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Cianuro Total Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Fosfato Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto pH Sulfato Zinc Total
Junta de Vigilancia del Río Huasco	2021-2023	Aplicación red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Huasco y sus afluentes.	CO-10, ES-10, HU-10, HU-20, HU-30, HU-40, LG-10, PO-10, VA-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Cianuro Total Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Fosfato Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto pH Sulfato Zinc Total
Compañía Minera Barrick	1990-2022	Línea de base de calidad de aguas superficiales EIA. Informe Seguimiento RCA N°39/2001, AV ES-10, PO-20, PO-10, QU-10, TO-10 y CA-10	TR-10, CH-10, ES-10, CA-10, PO-10, PO-20, QU-10, TO-10.	Aluminio Total Arsénico Total Cianuro Total Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto pH

Base de Datos	Periodo en que se levantó la Información	Descripción	Áreas de Vigilancia	Parámetros
				Sulfato Zinc Total
Compañía Minera El Morro	2006-2008	Línea de base de calidad de aguas EIA.	CO-10, CH-10, VA-10.	Aluminio Total Amonio Arsénico Total Cianuro Total Coliformes totales Conductividad Cobre Total Hierro Total Mercurio Total Manganeso Total Nitrato Oxígeno disuelto pH Sulfato Zinc Total

El primer tratamiento estadístico fue un análisis de varianza para analizar si existían diferencias significativas entre grupos de datos considerando la metodología analítica de procedencia de la información, aplicado a una base de datos totales correspondientes al periodo 1990-2016. Para ello se aplicó la prueba de análisis de varianza Kruskal – Wallis (1952)⁴⁴ para la comparación de grupos de datos por parámetro y periodo estacional, lo que arrojó un total de 480 pruebas, para las cuales se calculó el porcentaje de éstas en las que hubo diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) y cuyo resultado se presenta en la Figura 19. Se muestra que, prácticamente, no hay diferencias significativas entre datos de distinto origen, comparados para una misma variable y AV, según metodología analítica de laboratorio. La mayor diferencia se da entre los datos de metales pesados (11% de las pruebas arrojaron diferencias significativas), lo que resulta marginal desde el punto de vista estadístico.

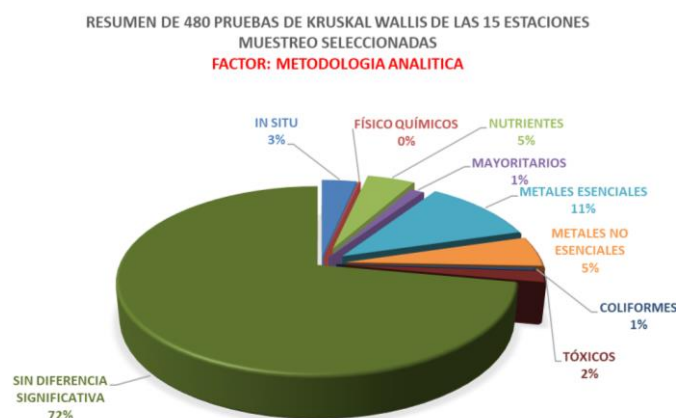


Figura 19: Resumen análisis de varianza para grupos de datos de igual parámetro y área de vigilancia, con distinto tipo de metodología analítica. Fuente: INIA-CORFO 2018. Los resultados de la aplicación de estos test y el detalle de las metodologías analíticas comparadas se encuentran en el expediente público.

⁴⁴ William H. Kruskal and W. Allen Wallis. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47 (260): 583–621, December 1952.

Otra de las pruebas realizadas fue el análisis de datos “potencialmente outliers” considerando el criterio de ± 2 desviaciones estándar⁴⁵. Como resultado, quedaron fuera del análisis, menos de un 5% de los datos.

ii. Construcción de clases:

Para realizar el análisis de tabla de clase, se utilizó la data histórica de la cuenca en el periodo 1990-2023 (Anexo 1) (con excepción del AV en el Río Estrecho, que utilizó el periodo 1990-2008 como será explicado más adelante). Los criterios utilizados para la elaboración de las clases son los siguientes:

- i) **Criterios generales:** Para determinar los valores de cada clase se utilizó análisis estadístico, a través de la obtención de percentiles⁴⁶, a partir de la información de los 16 parámetros definidos para normar y de las 16 áreas de vigilancia. Para lo anterior, se utilizó el criterio de casos, según el cual los mejores casos o concentraciones más bajas de un parámetro (con excepción del oxígeno disuelto (OD) y el pH), fueron asociadas a una condición prístina o Clase 1, mientras que los peores casos o concentraciones más altas de un parámetro (con excepción del oxígeno disuelto (OD) y el pH), fueron asociadas a una condición ambiental crítica o Clase 4.

En particular la clase 2 de esta Tabla, esta se obtuvo identificando aquellas AV que presentaron características ecológicas relevantes, es decir, sectores de la cuenca en que los indicadores de biodiversidad fueron más altos (medidos como diversidad y calidad del agua), hubo presencia de especies nativas y/o sitios en alguna categoría de protección ambiental. Esta información se obtuvo a partir de estudios de bioindicadores de la cuenca “Programa de Bioindicadores 2016”⁴⁷ y otras capas de información biológica, tales como la Planilla de Registros Darwin Core, administrada por el Departamento de Especies MMA, especialmente para peces en la cuenca del Huasco.

Se analizó en conjunto la distribución de los índices biológicos en el territorio, y a partir de los valores más altos se determinó cuales son las áreas de vigilancia que presentan mejores condiciones para el desarrollo de la biota (Figura 8). Los índices analizados, aplicados a comunidades de macroinvertebrados bentónicos, fueron los de Diversidad de Shannon-Wiener e índices de calidad ETDCH; IBMWP; ICM; IIB y SIGNAL.

Así, se determinó que las áreas de vigilancia de referencia para la clase 2 serían HU-40 (Huasco bajo), QU-10 (río Tres Quebradas) y PO-20 (río Potrerillos).

La Tabla 11 detalla los criterios de construcción de la tabla de clases para la cuenca del río Huasco.

⁴⁵ Rousseeuw, P. J., & Croux, C. (1993). Alternatives to the median absolute deviation. *Journal of the American Statistical Association*, 88 (424), 1273–1283.

⁴⁶ Percentil: Corresponde al valor en la posición "k" de la serie de valores medidos y ordenados de forma creciente para cada área de vigilancia y parámetro ($X_1 \leq X_2 \dots \leq X_k \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$). La posición "k" se calcula por medio de la siguiente fórmula: $k = q * n$, donde "q" corresponde al valor del percentil deseado, tal que una proporción de los datos se encuentren bajo de la fracción "q", y "n" corresponde al número de valores efectivamente medidos durante el periodo analizado. Si el valor "k" no corresponde a un número entero, éste deberá ser aproximado al número entero más próximo.

⁴⁷ Disponible en: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuiid=3933901c-993d-40df-9829-68ade4bd89c0&fname=INFORME_FINAL_BIOMONITOREO.docx&access=public

Tabla 11: Criterios de construcción de la Tabla de Clases para la cuenca del río Huasco.

Clase 1: Excelente	<p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor más alto de la distribución de los P95 de Oxígeno Disuelto de cada área de vigilancia. 2. Percentil 50 de la distribución de los P05 de cada grupo de datos por parámetro en todas las áreas de vigilancia. La Tabla 12 presenta un ejemplo del cálculo percentiles, para los mejores casos.
Clase 2: Optima	<p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Percentil 50 de la distribución de todos los datos históricos de calidad fisicoquímica de las áreas de vigilancia con mejores índices biológicos de calidad y biodiversidad de la cuenca (HU-40, PO-20 y QU-10). 2. Percentil 50 de la distribución de Oxígeno Disuelto de las áreas de vigilancia con mejores índices biológicos de calidad y biodiversidad de la cuenca (HU-40, PO-20 y QU-10).
Clase 3: Media	<p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Media entre las Clase 2 y la Clase 4. 2. Para el oxígeno disuelto se utiliza referencia internacional.
Clase 4: Mala	<p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Percentil 50 de la distribución de los P95 de Arsénico de cada área de vigilancia. 2. Valor más bajo de la distribución de los P05 de Oxígeno Disuelto en todas las áreas de vigilancia. 3. Promedio de la distribución de los P95 de cada grupo de datos por parámetro en todas las áreas de vigilancia (excepción As).
Clase 5: Muy Mala	<p>Criterios de definición por parámetro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valores que exceden el valor establecido como clase 4.

Tabla 12: Tabla generada con los percentiles 05 de cada parámetro y área de vigilancia, con los cuales se obtuvo el percentil 50 de la clase 1.

P05	pH	Conducti vidad	Oxigeno disuelto	Sulfato	Fosfato	NH4+	NO3	Cu	Fe	Zn	Mn	Hg	Al	As	Coliform es totales	CN-
	[-]	[uS/cm]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[NMP/10 0mL]	[mg/L]
HU-40	7,4	1185	6,7	322	0,005	0,01	0,14	0,005	0,02	0,007	0,010	0,000	0,02	0,001	49	0,00
HU-30	8,2	1115	6,1	354	0,006	0,01	0,20	0,002	0,02	0,002	0,004	0,000	0,00	0,001	2	0,00
HU-20	7,4	538	4,6	174	0,001	0,01	0,23	0,003	0,02	0,007	0,005	0,000	0,01	0,001	33	0,00
HU-10	7,1	588	6,0	201	0,001	0,01	0,22	0,002	0,01	0,004	0,011	0,000	0,04	0,002	13	0,00
TR-10	7,2	476	5,8	134	0,001	0,01	0,15	0,010	0,02	0,010	0,010	0,000	0,14	0,001	1	0,00
CO-10	7,4	410	6,8	111	0,002	0,01	0,11	0,010	0,14	0,010	0,010	0,000	0,50	0,001	2	0,00
CH-10	6,7	347	6,0	118	0,002	0,01	0,14	0,009	0,05	0,010	0,020	0,000	0,30	0,001	1	0,00
LG-10	8,0	220	5,8	43	0,003	0,01	0,20	0,002	0,04	0,002	0,002	0,000	0,01	0,001	2	0,00
VA-10	7,2	466	3,4	146	0,003	0,03	0,60	0,005	0,05	0,007	0,316	0,000	0,13	0,001	2	0,00
ES-10	4,7	260	sin datos	91	sin datos	sin datos	0,30	0,001	0,03	0,076	0,910	0,000	0,50	0,000	1	0,00
CA-20	7,2	590	5,7	180	0,001	0,01	0,17	0,003	0,02	0,007	0,010	0,000	0,04	0,001	23	0,00
CA-10	7,6	621	4,8	217	0,003	0,08	0,18	0,001	0,01	0,005	0,005	0,000	0,03	0,001	8	0,00
PO-10	6,1	656	5,0	276	0,001	0,04	0,45	0,001	0,01	0,005	0,510	0,000	0,03	0,001	1	0,00
PO-20	7,2	507	4,7	151	0,006	0,08	0,35	0,001	0,01	0,006	0,010	0,000	0,02	0,002	2	0,01
QU-10	7,5	300	4,6	67	0,003	0,01	0,82	0,001	0,01	0,001	0,003	0,000	0,00	0,011	1	0,00
TO-10	6,7	343	12,2	75	sin datos	sin datos	0,86	0,001	0,01	0,001	0,001	0,000	0,00	0,000	1	0,00
P50		476		146	0,002	0,01	0,20	0,002	0,02	0,006	0,010		0,025	0,001	2	

El detalle de la construcción de las clases de calidad por parámetro normado, considerando los criterios establecidos antes, se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13: Resultados construcción de clases de calidad por parámetro normado.

Parámetro	Valor y criterio	Observaciones
pH (Unidad de pH)	6,1 -9,3 Rango obtenido con la data histórica de la cuenca. El rango menor, se obtuvo con el valor más bajo de Percentil 5 de las AV, esto es en PO-10. Por otro lado, el rango mayor se obtuvo con el valor más alto de Percentil 95 de las AV, esto es en TR-10.	Si bien el pH en el AV ES-10 es más bajo (4,7) este valor es extremadamente ácido y pone en riesgo a los ecosistemas acuáticos al propiciar la dilución de los metales presentes en la columna de agua aumentando su biodisponibilidad. Dado lo anterior se decidió normar con el segundo valor más bajo de la cuenca con el cual se asegura un grado de protección aceptable.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (uS/cm)	C1 = 476. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 561. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 872. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 1183. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	C1 = 17,4. P95 más alto de las AV de la cuenca (PO-20) C2 = 10,3. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 6,0. Referencia Internacional South Australia, Environment Protection (Water Quality) Policy 2003. Versión 2009. C4 = 3,4. P05 más bajo de las AV de la cuenca (VA-10)	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad. Para C3 se utilizó referencia internacional considerando similitudes climatológicas y biogeográficas de la zona norte de Chile.
SULFATO (mg/L)	C1 = 146. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 200. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 299. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 399. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
FOSFATO (mg/L)	C1 = 0,002. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,025. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 0,253. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 0,481. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
AMONIO (mg/L)	C1 = 0,01. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,03. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 0,16. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 0,28. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
NITRATO (mg/L)	C1 = 0,20. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 2,10. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 4,12. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 6,14. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
COBRE TOTAL (mg/L)	C1 = 0,002. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,009. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 0,047. Valor promedio entre C2 y C4.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.

Parámetro	Valor y criterio	Observaciones
	C4 = 0,085. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	
ZINC TOTAL (mg/L)	C1 = 0,006. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,015. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 0,19. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 0,37. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
HIERRO TOTAL (mg/L)	C1 = 0,02. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,14. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 1,95. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 3,76. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
MANGANESO TOTAL (mg/L)	C1 = 0,010. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,052. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 0,53. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 1,00. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
ALUMINIO TOTAL (mg/L)	C1 = 0,03. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,2. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 2,7. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 5,3. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.
ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	C1 = 0,001. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV. C2 = 0,004. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40. C3 = 0,009. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 0,014. Valor estadístico mediana (P50) de los P95 de todas las AV.	Para obtener C2 se consideraron sólo los valores de HU-40, puesto que en TO-10 y QU-10 los valores de As total, eran considerablemente altos, a pesar de su alta biodiversidad y en relación a las otras AV.
MERCURIO TOTAL (mg/L)	0,001 Valor obtenido de la NCh 409, de calidad de agua potable.	Se utilizó normativa de referencia porque los valores históricos eran límites de detección.
CIANURO TOTAL (mg/L)	0,05 Valor obtenido de la NCh 409, de calidad de agua potable.	Se utilizó normativa de referencia porque los valores históricos eran límites de detección.
COLIFORMES TOTALES (NMP/100MI)	C1 = 2. Valor estadístico mediana (P50) de los P05 de todas las AV ⁽¹⁾ C2 = 49. Valor estadístico P50 de data histórica de HU-40, PO-20 y QU-10. C3 = 803. Valor promedio entre C2 y C4. C4 = 1556. Valor estadístico promedio de los P95 de todas las AV.	C2 se obtuvo con las AV que presentaron mayores índices de biodiversidad.

(1) El valor de la clase coincide con el límite de detección del parámetro.

Para el caso de los parámetros Mercurio (Hg) y Cianuro (CN⁻) totales, muchos de los valores trabajados en la data histórica, representaban los límites de detección de la técnica. En estos casos y debido a la importancia de estos parámetros en la cuenca, asociado principalmente a faenas de trapicheo (Técnica tradicional de obtención de oro) abandonadas y a la toxicidad que tienen en los ecosistemas, se propuso fijar como valor único el utilizando en la norma chilena de calidad de agua potable (NCh 409), que establece para el Hg un valor de 0,001 mg/L, mientras que para el CN⁻ un valor de 0,05 mg/L.

En consideración de lo anterior, se ha elaborado la tabla de clases propuesta en el Proyecto Definitivo Norma para las aguas superficiales del Río Huasco (Tabla 14), la cual presenta los

valores máximos para cada categoría de calidad por parámetro y área de vigilancia. Esta tabla se ha elaborado utilizando datos estadísticos de la información histórica.

Tabla 14: Tabla de clase propuesta para la Norma de Calidad de Agua del río Huasco.

Parámetro	Unidad	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5
pH	Unid. de pH	6,1 - 9,3				<6,1 ó >9,3
Conductividad eléctrica	uS/cm	476	561	872	1183	>1183
Oxígeno disuelto	mg/L	17,4	10,3	6,0	3,4	<3,4
Sulfato	mg/L	146	200	299	399	>399
Fosfato	mg/L	0,002	0,025	0,253	0,481	>0,481
Amonio	mg/L	0,01	0,03	0,16	0,28	>0,28
Nitrato	mg/L	0,20	2,10	4,12	6,14	>6,14
Cobre Total	mg/L	0,002	0,009	0,047	0,085	>0,08
Hierro Total	mg/L	0,02	0,14	1,95	3,76	>3,76
Zinc Total	mg/L	0,006	0,015	0,19	0,37	>0,37
Manganeso Total	mg/L	0,010	0,052	0,53	1,00	>1,00
Mercurio Total	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	>0,001
Aluminio Total	mg/L	0,03	0,2	2,7	5,3	>5,3
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,004	0,009	0,014	>0,014
Coliformes Totales	NMP/100mL	2	49	803	1556	>1556
Cianuro Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	>0,05

4 Definición de criterios de cumplimiento

El cumplimiento de las NSCA se evalúa, en la mayoría de los casos, a través de un análisis estadístico preestablecido en el cuerpo del decreto supremo que las aprueban (MMA 2017). Sin perjuicio de lo anterior, pueden considerarse criterios de cumplimiento adicionales, tales como la excedencia del valor umbral establecido en las NSCA en cierto número de monitoreos consecutivos y/o en un tiempo predefinido.

El cumplimiento de las NSCA río Huasco deberá verificarse anualmente, de acuerdo al Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental (PMCCA), el cual deberá dictarse en un plazo máximo de un año desde la publicación del decreto supremo que apruebe estas normas.

Para determinar las excedencias se considerarán 12 campañas de monitoreo al año, con representatividad mensual y, a lo menos 4 monitoreos por parámetro y área de vigilancia con representatividad estacional validados por la Superintendencia del Medio Ambiente. Estableciendo los siguientes criterios de cumplimiento:

- Cuando el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas para uno o más parámetros, considerando un periodo de tres años calendario consecutivos, supere los valores establecidos en las presentes normas.
- Para el control del oxígeno disuelto, cuando el percentil 15 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un periodo de tres años calendario consecutivos, sea menor, a los valores establecidos en las presentes normas.
- En el caso del control de pH, cuando el percentil 15 o el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un período de tres años calendario consecutivos, se encuentre, fuera del rango establecido en el presente decreto.
- Si en un año de monitoreo, uno o más parámetros superan al menos en tres oportunidades consecutivas los límites establecidos.

i. Análisis del Estado Actual de la cuenca:

El análisis del estado actual de la cuenca es un ejercicio que se hace para evaluar, utilizando los criterios de cumplimiento establecidos, en qué clase de calidad se encuentra cada parámetro normado en cada área de vigilancia.

El periodo considerado para este análisis corresponde al comprendido entre 2020, 2021 y 2022, donde se utilizaron los datos de calidad de aguas superficiales de la cuenca del Río Huasco de estos últimos años (Anexo 3). De esta manera, se estableció un mínimo de 12 datos durante este período. En caso de no contar con esta cantidad, se incluyeron los registros completos de años anteriores hasta alcanzar al menos 12 datos y/o hasta el último conjunto completo de parámetros a normar. Finalmente, se completó utilizando la mediana de los registros históricos de cada área de vigilancia y parámetro para tener el mínimo de datos establecido (Anexo 4).

El estado actual se determinó como el percentil 85 (P85) por cada parámetro y área de vigilancia. Lo anterior, simula el criterio de cumplimiento propuesto para la presente norma una vez que entre en vigencia que indica que “el 85% de los datos ordenados de menor a mayor medidos en tres años, con una frecuencia de al menos cuatro veces por año, debe cumplir el valor norma establecido”. Asimismo, este criterio corresponde al criterio utilizado para valorar los cumplimientos dentro del Análisis General de Impacto Económico y Social del Proyecto Definitivo. Para el caso del Oxígeno Disuelto se emplea el percentil 15 (P15), al igual que para el valor inferior del pH.

En la Tabla 15 se muestra la aplicación de la Tabla de Clases en el Estado Actual, en la que los códigos de colores representan la clase de calidad en la que quedarían cada combinación de parámetro/área de vigilancia. Azul = clase 1; verde = clase 2; amarillo = clase 3; naranja = clase 4; rojo = clase 5.

Tabla 15: Estado actual de la cuenca del río Huasco (periodo 2020-2022) para la definición de la propuesta del Proyecto Definitivo.

Calidad Actual		Huasco				El Tránsito						El Carmen					
Parámetro	Unidad	HU-40	HU-30	HU-20	HU-10	VA-10	TR-10	LG-10	ES-10	CO-10	CH-10	TO-10	QU-10	PO-20	PO-10	CA-20	CA-10
pH	Unid. de pH	7,9 - 8,3	8,3 - 8,7	8,2 - 8,4	8,3 - 8,3	7,6 - 8,3	7,9 - 8,3	8,4 - 9,1	6,6 - 7,3	7,8 - 8,3	7,5 - 8,0	7,1 - 7,8	7,9 - 8,5	7,4 - 8,5	7,7 - 8,1	8,0 - 8,2	7,6 - 8,2
Conductividad	uS/cm	No normado	2427	929	875	613	927	311	506	679	598	633	393	677	937	962	854
Oxígeno disuelto	mg/L	8,0	7,9	9,5	6,0	5,7	7,3	5,95	12,7	7,8	7,3	12,3	4,8	4,8	5,1	7,2	5,8
Sulfato	mg/L	No normado	691	308	303	213	307	67	217	223	255	475	105	248	514	354	329
Fosfato	mg/L	0,402	0,402	0,003	0,018	0,006	0,005	0,025	S.I.	0,007	0,005	S.I.	0,066	S.I.	0,003	0,003	S.I.
NH4+	mg/L	0,05	0,05	0,03	0,06	0,07	0,03	0,08	S.I.	0,02	0,04	S.I.	0,03	S.I.	0,06	0,03	S.I.
NO3	mg/L	0,22	4,25	0,61	3,08	3,23	0,52	2,54	1,19	0,54	0,33	13,90	14,10	11,40	5,15	0,51	3,09
Cu	mg/L	0,010	0,007	0,016	0,023	0,126	0,030	0,006	0,165	0,100	0,050	0,005	0,120	0,009	0,014	0,010	0,005
Fe	mg/L	0,28	0,08	0,09	0,44	1,32	0,66	0,14	0,90	2,08	0,71	0,08	0,15	0,30	0,22	0,15	0,43
Zn	mg/L	0,012	0,031	0,014	0,104	0,450	0,105	0,040	1,340	0,410	0,187	0,005	0,138	0,199	0,376	0,010	0,041
Mn	mg/L	0,180	0,037	0,021	0,176	0,600	0,130	0,013	2,60	0,579	0,587	0,005	0,039	0,995	1,67	0,037	0,188
Hg	mg/L	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Al	mg/L	0,6	0,1	0,6	1,2	4,9	0,9	0,1	5,7	3,4	1,8	0,1	0,2	1,7	2,7	0,6	0,9
As	mg/L	0,006	0,008	0,005	0,010	0,011	0,004	0,001	0,002	0,008	0,004	0,004	0,034	0,026	0,010	0,006	0,008
Coliformes totales	NMP/100mL	330	1700	240	1600	13	104,5	700	1	33	33	79	110	687	95	80	350
CN-	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

S.I. sin información suficiente.

Al analizar los porcentajes de cumplimiento de la norma, medidos como combinaciones Parámetro/Área de Vigilancia, en este escenario eventual (como si la norma se evaluara con datos de entre 2020 y 2022, con al menos 12 datos por cada combinación Parámetro / Área de Vigilancia), se obtiene el comportamiento de cumplimiento presentado en la Figura 20a. Si se considera que las tres primeras clases (1, 2, y 3) representan condiciones aceptables para la calidad del agua en la cuenca y para el bienestar del ecosistema, se aprecia que la mayoría de los datos (75%) se agrupa en estas tres clases, mientras que otro porcentaje no se evalúa al optarse por no normarlos debido a la falta de suficiente data histórica (categoría blancos, 4%). De esta forma, con respecto a las 246 combinaciones de la Tabla 15, el cumplimiento alcanzaría un 78% (Figura 20b).

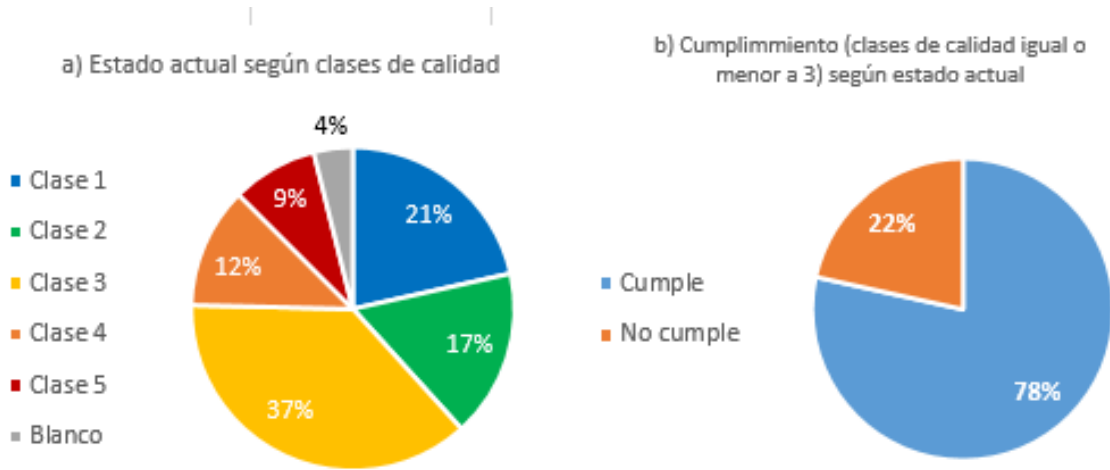


Figura 20: (a) Distribución de combinaciones parámetro/Área de Vigilancia, en la Evaluación del Estado Actual del Proyecto Definitivo de las NSCA del Río Huasco. (b) Evaluación del cumplimiento de la norma, para las combinaciones parámetro/Área de Vigilancia, en la Evaluación del Estado Actual del Proyecto Definitivo de las NSCA del Río Huasco.

IV. Determinación de valores umbrales de la norma

1 Análisis valores umbrales de las normas

El paso siguiente en la Evaluación del Estado Actual de la Cuenca, fue analizar aquellas combinaciones Parámetros/Área de vigilancia, para las cuales las clases resultantes fueron 4 y 5 (Tabla 16), asociadas a condiciones ambientales más desfavorables. Se analizó un total de 53 de estas combinaciones. Lo anterior, considerando dos escenarios, que dichos valores elevados (bajos para el caso del Oxígeno Disuelto y pH) se den de manera natural, debido a condiciones geológicas, hidrológicas o ecológicas locales, o que, por el contrario, dichos valores no sean inherentes al background de la cuenca y sugieran la presencia de contaminación antropogénica, dejando espacio para la mejora en la calidad del agua (en un eventual plan de descontaminación).

Tabla 16: Casos de incumplimiento normativo en la de la Evaluación del Estado Actual.

Parámetro	Unidad	Huasco				El Tránsito						El Carmen					
		HU-40	HU-30	HU-20	HU-10	VA-10	TR-10	LG-10	ES-10	CO-10	CH-10	TO-10	QU-10	PO-20	PO-10	CA-20	CA-10
pH	Unid. de pH																
Conductividad	uS/cm		2427	929	875		927									937	962
Oxígeno disuelto	mg/L					5,7		5,95				4,8	4,8	5,1			5,8
Sulfato	mg/L		691	308	303		307				475			514	354	329	
Fosfato	mg/L		0,402														
NH4+	mg/L																
NO3	mg/L		4,25									13,9	14,1	11,4	5,15		
Cu	mg/L					0,126		0,165	0,1	0,05		0,12					
Fe	mg/L									2,08							
Zn	mg/L					0,45		1,34	0,41					0,199	0,376		
Mn	mg/L					0,6		2,598	0,579	0,587				0,995	1,67		
Hg	mg/L																
Al	mg/L					4,9		5,7	3,4								
As	mg/L				0,01	0,011						0,034	0,026	0,01			
Coliformes totales	NMP/100mL		1700		1600												
CN-	mg/L																

La metodología para llevar a cabo este análisis se basó en información oficial proporcionada a través de Oficios Ordinarios emitidos por diversos Servicios Públicos. Esto incluyó los siguientes documentos: Ordinario N° 3653 del 28 de mayo de 2018, Ordinario N° 3872 del 8 de junio de 2018, y Ordinario N° 3842 del 25 de julio de 2023 de SERNAGEOMIN Atacama; Ordinario N° 111 del 10 de enero de 2019 de SERNAGEOMIN Nacional; Ordinario N° 1404 del 18 de junio de 2018 de la SEREMI de Salud Atacama; Ordinario N° 7893 del 13 de noviembre de 2018, Ordinario N° 7993 del 16 de noviembre de 2018 y Ordinario NR-2306 del 4 de julio de 2023 la SISS Atacama; Ordinario N° 840 del 17 de diciembre de 2018, de SAG Atacama. Además, se realizaron

búsquedas bibliográficas por parte del equipo técnico y se llevaron a cabo reuniones de Subcomités Operativos con algunos Servicios Públicos.

En el caso de las clases 4 y 5 para metales pesados, metaloides (As), Sulfato y Conductividad Eléctrica se sostuvieron reuniones con las unidades de Geología Regional, Hidrogeología y Relaves Mineros de SERNAGEOMIN Nivel Central y con la Oficina Regional de Atacama de este mismo Servicio (Anexo 8). Los productos obtenidos de dichas reuniones fueron: Análisis de mapas geológicos de la cuenca y área de vigilancia, y Minuta de descripción geológica de cada área de vigilancia.

Por otra parte, en el caso de los elevados valores de Coliformes Fecales, Oxígeno disuelto, Fosfato y Nitratos, se ofició a la Oficina Regional de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (Ordinario N° 616 de 30 de octubre de 2018, y Ordinario N° 211 de 02 de junio de 2023), con quienes además se sostuvieron reuniones, para analizar el estado de funcionamiento de las empresas sanitarias de Vallenar y Freirina. Para estos mismos parámetros se ofició a la Oficina Regional del Servicio Agrícola y Ganadero (Ordinario N° 635 de 13 de noviembre de 2018), con objeto de obtener información oficial sobre sitios y temporalidad de las veranadas en la Cuenca del Río Huasco y al Servicio de Salud de la Región de Atacama (Ordinario N°239 del 15 de mayo 2018), con objeto de conocer el estado de funcionamiento de las Aguas Potables Rurales. De esta manera, se obtuvo información de las Resoluciones de Calificación Ambiental de los proyectos de modernización de las Plantas de Tratamiento de Aguas de Vallenar y Freirina, y el reporte de sus emisiones.

Además, se tomaron en cuenta las fuentes difusas identificadas en la cuenca del río Huasco⁴⁸, las cuales están relacionadas con botaderos, relaves e influencia geológica, así como con actividades como la cría de ganado, cultivos, suministro de agua potable, agroindustria y asentamientos humanos. Estas fuentes difusas están vinculadas con parámetros que podrían verse potencialmente afectados por dichos depósitos y/o actividades.

El análisis detallado de la información antes relatada se presenta en la Tabla 17, donde se analiza el fundamento para normar en clases altas (4 y 5) o más bajas que las determinadas en la Evaluación del Estado Actual correspondiente al periodo 2020-2022.

Tabla 17: Análisis detallado de la Evaluación del Estado Actual periodo 2020-2022, para las combinaciones de Parámetro / Área de Vigilancia, en clases 4 y 5.

Parámetro	Área de Vigilancia	Clase calidad actual	Observación	Propuesta según objetivo de conservación por Área de Vigilancia y Parámetro
Aluminio total	CO-10 VA-10	4	SERNAGEOMIN: • Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) . • Ord. N°3653 de 28 de Mayo de 2018 SERNAGEOMIN Región Atacama ^(B) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de Al corresponderían al background natural.

⁴⁸Disponible en Expediente Público Folio 2263 al 2312 https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2020/proyectos/2263_2312.pdf

Parámetro	Área de Vigilancia	Clase calidad actual	Observación	Propuesta según objetivo de conservación por Área de Vigilancia y Parámetro
	ES-10	5	SERNAGEOMIN: • Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) . • Ord. N°3653 de 28 de Mayo de 2018 SERNAGEOMIN Región Atacama ^(B) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Al corresponderían al background natural. Lo anterior, considerando el estado actual del proyecto minero Pascua Lama, que cuenta con un manejo activo de las aguas y la decisión del Comité Operativo de utilizar datos solo del periodo previo al inicio de su operación (2009) para la construcción del proyecto definitivo.
Arsénico total	HU-10 PO-10 VA-10	4	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de As corresponderían al background natural.
	PO-20 QU-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de As corresponderían al background natural.
Conductividad Eléctrica	CA-20 HU-10 PO-10 TR-10	4	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de CE corresponderían al background natural.
	HU-20	4	SERNAGEOMIN: • Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) . • Ord. N°3653 de 28 de Mayo de 2018 SERNAGEOMIN Región Atacama ^(B) .	En el área se identifican diversas fuentes difusas potenciales asociadas al desarrollo de la minería, agroindustria, cultivos y asentamientos humanos (Coexiste, 2019), además de una contribución del background natural ^(A) . Considerando la vigencia de cuerpos jurídicos para el cierre de faenas mineras activas (DS N°20.551 /2011) y la posibilidad de la evaluación económica de traslado reprocesamiento de pasivos mineros abandonados, y que en este sector los altos valores de CE corresponderían al background natural, se propone normar en clase 4 este parámetro en este AV.
	HU-30	5	SERNAGEOMIN: • Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) . • Minuta Reunión Trabajo SERNAGEOMIN – MMA del 8 de Noviembre de 2018 ^(C) .	En el área se identifican diversas fuentes difusas potenciales asociadas al desarrollo de la minería, agroindustria, cultivos y asentamientos humanos (Coexiste, 2019), además de una contribución del background natural ^(A) . Considerando la vigencia de cuerpos jurídicos para el cierre de faenas mineras activas (DS N°20.551 /2011) y la posibilidad de la evaluación económica de traslado reprocesamiento de pasivos mineros abandonados, y que en este sector los altos valores de CE corresponderían al background natural, se propone normar en clase 4 este parámetro en este AV.
Coliformes Totales	HU-10 HU-30	5	SISS: Reunión SISS-SEREMI Medio Ambiente Atacama martes 20 de Noviembre de 2018. Entrega de Documentos RCA Mejoramiento PTAs Freirina y Vallenar, 24-2012 y 108, 2017, respectivamente ^(D) .	Las RCAs de modernización y mejoramiento de tecnología de abatimiento de las PTAs localizadas aguas arriba de estas AVs, prevén mejoras en el abatimiento de la materia orgánica. Se sugiere bajar la clase y normar en clase 3.

Parámetro	Área de Vigilancia	Clase calidad actual	Observación	Propuesta según objetivo de conservación por Área de Vigilancia y Parámetro
Cobre total	CH-10	4	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de Cu corresponderían al background natural.
	ES-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Cu corresponderían al background natural. Lo anterior, considerando el estado actual del proyecto minero Pascua Lama, que cuenta con un manejo activo de las aguas y la decisión del Comité Operativo de utilizar datos solo del periodo previo al inicio de su operación (2009) para la construcción del proyecto definitivo.
	QU-10 CO-10 VA-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Cu corresponderían al background natural.
Hierro total	CO-10	4	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de Fe corresponderían al background natural.
Fosfato	HU-30	4	SISS: Reunión SISS-SEREMI Medio Ambiente Atacama martes 20 de Noviembre de 2018. Entrega de Documentos RCA Mejoramiento PTAs Freirina y Vallenar, 24-2012 y 108, 2017, respectivamente ^(D) .	Las RCAs de modernización y mejoramiento de tecnología de abatimiento de las PTAs localizadas aguas arriba de este AV, prevén mejoras en el abatimiento de nutrientes. Se sugiere bajar la clase y normar en clase 3.
Manganeso total	CH-10 CO-10 PO-20 VA-10	4	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de Mn corresponderían al background natural.
	ES-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Mn corresponderían al background natural. Lo anterior, considerando el estado actual del proyecto minero Pascua Lama, que cuenta con un manejo activo de las aguas y la decisión del Comité Operativo de utilizar datos solo del periodo previo al inicio de su operación (2009) para la construcción del proyecto definitivo.
	PO-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Mn corresponderían al background natural.
Nitrato	HU-30	4	INE VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007 (Cartografía). Área de vigilancia HU-30 presenta un amplio desarrollo de actividad agrícola, con una cobertura de 5.820 hectáreas.	Se propone normar este parámetro en clase 3, por la presencia de fuentes difusas asociadas al desarrollo de la agroindustria, cultivos, y asentamientos humanos (Coexiste, 2019).

Parámetro	Área de Vigilancia	Clase calidad actual	Observación	Propuesta según objetivo de conservación por Área de Vigilancia y Parámetro
	PO-10	4	El comportamiento de esta variable en las AV TO-10, PO-20 y QU-10, muestra una tendencia de aumento desde el año 2009 (BD NSCA – MMA). Asimismo valores más recientes presentan concentraciones más bajas con respecto a este periodo de marcada tendencia. En el sector se encuentra aprobada la DIA “Sistema de Transporte de Caliza y Cal” RCA N° 232/2010 SEA Atacama ^(E) .	Se propone normar este parámetro en clase 3, por la presencia del proyecto con RCA N° 232/2010 SEA Atacama, asociado a los efluentes líquidos generados en la fase de construcción y operación, y la disminución que se advierte en valores más recientes. Ver gráfico adjunto.
	PO-20 QU-10 TO-10	5	El comportamiento de esta variable en las AV TO-10, PO-20 y QU-10, muestra una tendencia de aumento desde el año 2009 (BD NSCA – MMA). Asimismo valores más recientes presentan concentraciones más bajas con respecto a este periodo de marcada tendencia. En el sector se encuentra aprobada la DIA “Sistema de Transporte de Caliza y Cal” RCA N° 232/2010 SEA Atacama ^(E) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, por la presencia del proyecto con RCA N° 232/2010 SEA Atacama, asociado a los efluentes líquidos generados en la fase de construcción y operación, y la disminución que se advierte en valores más recientes. Ver gráfico adjunto.
<p>Concentraciones de nitrato (NO₃) en los ríos Potrerillos, Tres Quebradas y Toro</p> <p>Legend: ● PO-20 ● QU-10 ● TO-10 ● PO-10</p>				
Oxígeno disuelto	CA-10 LG-10 PO-10 PO-20 QU-10 VA-10	4	SAG: Presencia de Cabreríos en la zona, según Ord. N° 840 del 17 de diciembre de 2018, SAG Atacama ^(F) .	Se propone normar oxígeno disuelto en clases 3, dada la presencia de cabreríos en la zona, que pudiera aportar materia orgánica que reduzca el oxígeno disuelto.
Sulfato	CA-10 CA-20 HU-10	4	SERNAGEOMIN: Minuta “Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de SO ₄ corresponderían al background natural.
	HU-20	4	SERNAGEOMIN: • Minuta “Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco ^(A) . • Minuta Reunión Trabajo SERNAGEOMIN – MMA del 8 de Noviembre de 2018 ^(C) .	En el área se identifican diversas fuentes difusas potenciales asociadas al desarrollo de la minería, agroindustria, cultivos y asentamientos humanos (Coexiste, 2019), además de una contribución del background natural ^(A) . Considerando la vigencia de cuerpos jurídicos para el cierre de faenas mineras activas (DS N°20.551 /2011) y la posibilidad de la evaluación económica de traslado reprocesamiento de pasivos mineros abandonados, y que en este sector los altos valores de SO ₄

Parámetro	Área de Vigilancia	Clase calidad actual	Observación	Propuesta según objetivo de conservación por Área de Vigilancia y Parámetro
				corresponderían al background natural, se propone normar en clase 4 este parámetro en este AV.
	TR-10	4	INE VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007 (Cartografía). Área de vigilancia TR-10 presenta un amplio desarrollo de actividad agrícola, teniendo una cobertura de 1.308 há.	Se propone normar este parámetro en clase 3, por la presencia de fuentes difusas asociadas al desarrollo de cultivos, suministro de agua potable rural y asentamientos humanos (Coexiste, 2019).
	HU-30	5	SERNAGEOMIN: • Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) . • Minuta Reunión Trabajo SERNAGEOMIN – MMA del 8 de Noviembre de 2018 ^(C) .	En el área se identifican diversas fuentes difusas potenciales asociadas al desarrollo de la minería, agroindustria, cultivos y asentamientos humanos (Coexiste, 2019), además de una contribución del background natural(A). Considerando la vigencia de cuerpos jurídicos para el cierre de faenas mineras activas (DS N°20.551 /2011) y la posibilidad de la evaluación económica de traslado reprocesamiento de pasivos mineros abandonados, y que en este sector los altos valores de SO4 corresponderían al background natural, se propone normar en clase 4 este parámetro en este AV.
	PO-10 TO-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de SO4 corresponderían al background natural.
Zinc total	PO-20	4	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 4, puesto que en este sector los altos valores de Zn corresponderían al background natural.
	ES-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Zn corresponderían al background natural. Lo anterior, considerando el estado actual del proyecto minero Pascua Lama, que cuenta con un manejo activo de las aguas y la decisión del Comité Operativo de utilizar datos solo del periodo previo al inicio de su operación (2009) para la construcción del proyecto definitivo.
	PO-10 VA-10 CO-10	5	SERNAGEOMIN: Minuta "Resumen Geológico de la Cuenca del Río Huasco, para la Elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del Río Huasco" ^(A) .	Se propone normar este parámetro en clase 5, puesto que en este sector los altos valores de Zn corresponderían al background natural.
Mercurio total	Todas	0,001 mg/L	Valor Normativa de Agua Potable (NCh 409).	Se propone utilizar valor de norma chilena de agua potable ⁴⁹ , en base a qué datos

(A) Disponible en Expediente Público Folio 1926 al 1927
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/453_1926-1927.pdf y
http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/Anexo_1926_1917_Ord._N_111_2019_SERNAGEOMIN.rar

(B) Disponible en Expediente Público Folio 1620 al 1626
<https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/1620-1626.pdf>

Parámetro	Área de Vigilancia	Clase calidad actual	Observación	Propuesta según objetivo de conservación por Área de Vigilancia y Parámetro
				históricos eran valores de límites de detección.
Cianuro total	Todas	0,05 mg/L t	Valor Normativa de Agua Potable (NCh 409).	Se propone utilizar valor de norma chilena de agua potable ⁵⁰ , en base a qué datos históricos eran valores de límites de detección.

Con los criterios y propuestas presentadas en la Tabla 17, se resume el análisis de cumplimiento de los valores norma propuestos en la Tabla 18, donde las combinatorias de parámetro/área de vigilancia que tienen valor 0, se consideran que están en buena calidad (entre clase 1, 2 o 3), o bien su calidad responde al background natural (clase 4 o 5), y por tanto se mantiene esta clase. En tanto, las celdas que tienen valor -1, se considera que tienen mala calidad y ante la presencia de una fuente asociada a ese parámetro, se recomienda bajar una clase, para mejorar los valores. Las celdas que se encuentran con -2, es porque se considera que están en muy mala calidad, por lo que se recomienda disminuir dos clases, ante la presencia de una fuente a mejorar.

Tabla 18: Comparación de clases de calidad actual vs clases de calidad a normar. Valores 0 indican que se debe mantener la clase actual, valores -1 indican que se recomienda disminuir una clase, mientras que valores -2 indican que se recomienda disminuir dos clases.

Diseño Norma	Unidad	Huasco				El Tránsito						El Carmen					
		HU-40	HU-30	HU-20	HU-10	VA-10	TR-10	LG-10	ES-10	CO-10	CH-10	TO-10	QU-10	PO-20	PO-10	CA-20	CA-10
pH	Unid. de pH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad	uS/cm	no norm	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxígeno disuelto	mg/L	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1
Sulfato	mg/L	no norm	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosfato	mg/L	0	-1	0	0	0	0	in dato	0	0	in dato	0	in dato	0	0	in dato	
NH4+	mg/L	0	0	0	0	0	0	in dato	0	0	in dato	0	in dato	0	0	in dato	
NO3	mg/L	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	
Cu	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zn	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mn	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hg	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Al	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
As	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coliformes totales	NMP/100mL	0	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CN-	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Dado este nuevo escenario normativo, que incluye la transición de 38 de 53 combinaciones de Parámetro/Área de Vigilancia de eventuales incumplimientos a cumplimiento, una segunda Evaluación del Estado de Cumplimiento proporcionaría los porcentajes detallados en la Figura 21, con 17 incumplimientos (7%).

- (C) Disponible en Expediente Público Folio 1862 al 1863
<http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/1862-1863.pdf>
- (D) Disponible en Expediente Público Folio 1870 al 1870
<https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/1870-1870.pdf>
- (E) Disponible en Expediente Público Folio 1716 al 1716
<https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/1716-1716.pdf>
- (F) Disponible en Expediente Público Folio 1968 al 1973
<https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/1968-1973.pdf>

⁴⁹ NORMA CHILENA OFICIAL NCh409/1.Of 2005 Agua potable.

⁵⁰ NORMA CHILENA OFICIAL NCh409/1.Of 2005 Agua potable.

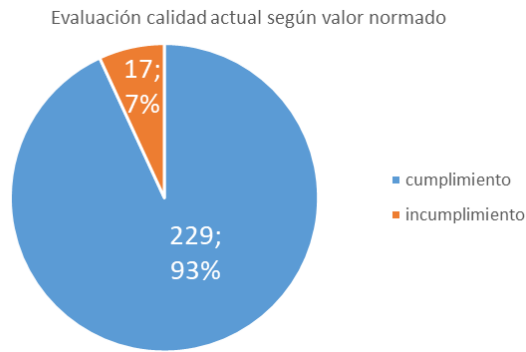


Figura 21: Evaluación del cumplimiento de norma, para las combinaciones parámetro/Área de Vigilancia, en la Evaluación del Estado Actual del Proyecto Definitivo de las NSCA del Río Huasco.

i. Descriptorios de la NSCA:

En consideración de la segunda Evaluación del Estado de Cumplimiento realizada, la Tabla 19 detalla el número total de combinaciones de parámetros y áreas de vigilancias a normar e información relativa a las excedencias.

Tabla 19: Descriptorios del proyecto de norma.

	Total Norma
Nº total de normas	246
Nº total de eventuales saturaciones	17
Parámetros con eventuales saturaciones	Conductividad eléctrica Oxígeno Disuelto Sulfato Fosfato Nitrato Coliformes totales
% de saturación	7
Nº de tramos saturados	10

2 Criterios Generales y Objetivos de la Norma

- Para determinar los valores de clase de mejor (clase 1) y menor calidad (clase 4) de cada parámetro, se utilizó la base de datos histórica de todas las áreas de vigilancia, a excepción del área ES-10, que consideró información hasta 2008.
- Para determinar los valores de cada parámetro de la clase 2, considerada como de alto valor biológico, se utilizaron de referencia 3 áreas de vigilancia, las que, según la revisión bibliográfica, tenían los mejores índices biológicos, que fueron: HU-40, TO-10 y QU-10, excepto para el parámetro Arsénico total, donde se utilizó sólo la información de HU-40, puesto que las otras áreas de vigilancia tenían valores naturalmente muy altos.
- En general, se decidió normar como límite máximo hasta clase 3, con el objetivo de mantener las buenas condiciones de calidad y resguardo de la biodiversidad. No obstante, en algunos parámetros en áreas de vigilancia específicas, fueron normadas en clase 4 o 5, consideradas como mala calidad, debido a la adaptación a condiciones naturales relacionadas a la geología de la cuenca.
- Se decidió no normar conductividad eléctrica y sulfato en el área de vigilancia HU-40, por tener influencia estuarina.
- Se decidió trasladar el área de vigilancia considerada inicialmente como RC-10, a la red de observación, debido a las complejidades de acceso y monitoreo. Su superficie se integró al área de vigilancia LG-10 siguiendo criterios hidrológicos.

V. Referencias

- Algoritmos - MMA, 2013. Diagnóstico, inventario de emisiones y monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del río Huasco.
- Awada, S., Campbell, W. F., Dudley, L. M., Jurinak, J. J., & Khan, M. A. (1995). Interactive effects of sodium chloride, sodium sulfate, calcium sulfate, and calcium chloride on snapbean growth, photosynthesis, and ion uptake. *Journal of plant nutrition*, 18(5), 889-900.
- Barata, C., Lekumberri, I., Vila-Escalé, M., Prat, N., & Porte, C. (2005). Trace metal concentration, antioxidant enzyme activities and susceptibility to oxidative stress in the tricoptera larvae *Hydropsyche exocellata* from the Llobregat river basin (NE Spain). *Aquatic toxicology*, 74(1), 3-19.
- Barron, E. G., & Hamburger, M. (1932). The effect of cyanide upon the catalytic action of dyes on cellular oxygen consumption. *Journal of Biological Chemistry*, 96(2), 299-305.
- Cabral, J. P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), 3657-3703.
- Cade-Idepe. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Huasco.
- Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment international*, 32(6), 831-849.
- Camargo, M. M., Fernandes, M. N., & Martinez, C. B. (2009). How aluminium exposure promotes osmoregulatory disturbances in the neotropical freshwater fish *Prochilus lineatus*. *Aquatic Toxicology*, 94(1), 40-46.
- Canesi, L., Viarengo, A., Leonzio, C., Filippelli, M., & Gallo, G. (1999). Heavy metals and glutathione metabolism in mussel tissues. *Aquatic Toxicology*, 46(1), 67-76.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological applications*, 8(3), 559-568.
- CAZALAC, 2012. Modelo para la gestión hídrica de la cuenca de Huasco: Evaluación de caudal ambiental y valoración de servicios hidrológicos de caudal ambiental.
- CEA-MMA, 2017. Red de Monitoreo Ambiental de Ecosistemas Acuáticos de Chile: Insumo para plataforma de Humedales de Chile.
- CENMA, 2016. Análisis del estado ecológicos del sistema acuático río Huasco según indicadores biológicos de calidad de agua, informe final.
- CENMA, 2016. Estudio monitoreo y actualización de antecedentes técnicos para desarrollar norma secundaria de calidad para la protección de las aguas continentales en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama.
- CENMA-MMA. (2013). Monitoreo y Evaluación de Estado Ecológico de 10 Cuencas Hidrográficas de Chile. Documento Técnico del Proyecto Normas Secundarias De Calidad.
- Chislock, M. F., Doster, E., Zitomer, R. A., & Wilson, A. E. (2013). Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. *Nature Education Knowledge*, 4(4), 10.
- Chuan, M. C., Shu, G. Y., & Liu, J. C. (1996). Solubility of heavy metals in a contaminated soil: effects of redox potential and pH. *Water, Air, and Soil Pollution*, 90(3-4), 543-556.
- Coexiste, 2019. Monitoreo de la Calidad de Agua y Caudal en la cuenca del río Huasco como insumo para la determinación de los aportes de fuentes difusas de la cuenca, en el contexto del AGIES de la Norma Secundaria de Calidad de Agua del río Huasco.
- Copaja, S. V., Pérez, C. A., Vega-Retter, C., & Véliz, D. (2017). Heavy metal content in Chilean fish related to habitat use, tissue type and river of origin. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 99(6), 695-700.
- Correll, D. L. (1998). The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review. *Journal of environmental quality*, 27(2), 261-266.
- De Gregori, I., Pinochet, H., Delgado, D., Gras, N., & Munoz, L. (1994). Heavy metals in bivalve mussels and their habitats from different sites along the Chilean Coast. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 52(2), 261-268.

- DGA (2020) Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de río Huasco SIT 462. UTP HIDRICA – ERIDANUS.
- Dixon, M., & Elliott, K. A. C. (1929). The effect of cyanide on the respiration of animal tissues. *Biochemical Journal*, 23(4), 812.
- Egekeze, J. O., & Oehme, F. W. (1980). Cyanides and their toxicity: a literature review. *Veterinary Quarterly*, 2(2), 104-114.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(12), 2379-2383.
- FAROMBI, E. O.; ADELOWO, O. A.; AJIMOKO, Y. R. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2007, vol. 4, no 2, p. 158-165.
- FUSTER R. 2011. Cartografía de tipología de ríos. Informe para Ministerio del Medio Ambiente.
- Hanazato, T., & Dodson, S. I. (1995). Synergistic effects of low oxygen concentration, predator kairomone, and a pesticide on the cladoceran *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography*, 40(4), 700-709.
- Healey, F. P. (1977). Ammonium and urea uptake by some freshwater algae. *Canadian Journal of Botany*, 55(1), 61-69.
- Herrera y Falcón. (2018). Depósitos de Relaves Huérfanos en Chile: discusión de soluciones para su cierre, en elaboración.
- INIA - INNOVA CORFO, 2006 – 2009. “Desarrollo de un modelo de gestión integral para el resguardo de la calidad del agua en los valles de Huasco, Limarí y Choapa”.
- INIA - JVRH, 2009 – 2010. Aplicación red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Huasco y sus afluentes.
- INIA-CORFO, 2017-2018. “Proyecto CORFO Bienes Públicos “Análisis Integral de la Calidad de las Aguas para el Aseguramiento de la Competitividad del Sector Social y Productivo y la Sustentabilidad de los Ecosistemas Acuáticos, en el marco de la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Huasco”.
- Kefford, B. J. (1998). The relationship between electrical conductivity and selected macroinvertebrate communities in four river systems of south-west Victoria, Australia. *International Journal of Salt Lake Research*, 7(2), 153-170.
- Kefford, B. J., Papas, P. J., & Nugegoda, D. (2003). Relative salinity tolerance of macroinvertebrates from the Barwon River, Victoria, Australia. *Marine and Freshwater Research*, 54(6), 755-765.
- Körner, S., Das, S. K., Veenstra, S., & Vermaat, J. E. (2001). The effect of pH variation at the ammonium/ammonia equilibrium in wastewater and its toxicity to *Lemna gibba*. *Aquatic botany*, 71(1), 71-78.
- Loayza-Muro, R. A., Elías-Letts, R., Marticorena-Ruiz, J. K., Palomino, E. J., Duivenvoorden, J. F., Kraak, M. H., & Admiraal, W. (2010). Metal-induced shifts in benthic macroinvertebrate community composition in Andean high altitude streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(12), 2761-2768.
- Mallin, M. A., Johnson, V. L., Ensign, S. H., & MacPherson, T. A. (2006). Factors contributing to hypoxia in rivers, lakes, and streams. *Limnology and Oceanography*, 51(1part2), 690-701.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Guía para la Elaboración de Normas secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas.
- Nebeker, A. V. (1972). Effect of low oxygen concentration on survival and emergence of aquatic insects. *Transactions of the American Fisheries Society*, 101(4), 675-679.
- Nordstrom, D. K. (1982). The effect of sulfate on aluminum concentrations in natural waters: some stability relations in the system $Al_2O_3-SO_3-H_2O$ at 298 K. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46(4), 681-692.
- Oyarzún, J., Maturana, H., Paulo, A., & Pasieczna, A. (2003). Heavy metals in stream sediments from the Coquimbo Region (Chile): effects of sustained mining and natural processes in a semi-arid Andean basin. *Mine Water and the Environment*, 22(3), 155-161.

- Pell, A., Márquez, A., López-Sánchez, J. F., Rubio, R., Barbero, M., Stegen, S., & Díaz-Palma, P. (2013). Occurrence of arsenic species in algae and freshwater plants of an extreme arid region in northern Chile, the Loa River Basin. *Chemosphere*, 90(2), 556-564.
- Pell, A., Márquez, A., López-Sánchez, J. F., Rubio, R., Barbero, M., Stegen, S., & Díaz-Palma, P. (2013). Occurrence of arsenic species in algae and freshwater plants of an extreme arid region in northern Chile, the Loa River Basin. *Chemosphere*, 90(2), 556-564.
- Pinto, E., Sigaud-kutner, T. C., Leitao, M. A., Okamoto, O. K., Morse, D., & Colepicolo, P. (2003). Heavy metal-induced oxidative stress in algae 1. *Journal of phycology*, 39(6), 1008-1018.
- Qian, H., Yu, S., Sun, Z., Xie, X., Liu, W., & Fu, Z. (2010). Effects of copper sulfate, hydrogen peroxide and N-phenyl-2-naphthylamine on oxidative stress and the expression of genes involved photosynthesis and microcystin disposition in *Microcystis aeruginosa*. *Aquatic Toxicology*, 99(3), 405-412.
- Roman, M. R., Gauzens, A. L., Rhinehart, W. K., & White, J. R. (1993). Effects of low oxygen waters on Chesapeake Bay zooplankton. *Limnology and oceanography*, 38(8), 1603-1614.
- Rousseeuw, P. J., & Croux, C. (1993). Alternatives to the median absolute deviation. *Journal of the American Statistical Association*, 88(424), 1273-1283.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Sundby, B., Anderson, L. G., Hall, P. O., Iverfeldt, Å., van der Loeff, M. M. R., & Westerlund, S. F. (1986). The effect of oxygen on release and uptake of cobalt, manganese, iron and phosphate at the sediment-water interface. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50(6), 1281-1288.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. In *Molecular, clinical and environmental toxicology* (pp. 133-164). Springer, Basel.
- The Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC 2000) Maintenance of Ecosystems.
- Universidad Católica del Norte, 2010. Evaluación hidrogeológica de la cuenca del Río Huasco, con énfasis en la cuantificación y dinámica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos
- Vaquer-Sunyer, R., & Duarte, C. M. (2008). Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(40), 15452-15457.
- Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A. G., & Pigna, M. (2010). Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(3), 268-292.
- Water Quality Rating, EPA: <https://www.epa.gov/environmental-topics/water-topics>
- William H. Kruskal and W. Allen Wallis. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583-621.
- Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., & Jiang, G. (2008). Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica chimica acta*, 606(2), 135-150.

VI. Anexos

- Anexo 1: Data histórica de la cuenca por Área de Vigilancia.
- Anexo 2: Tablas de clase y de cumplimiento.
- Anexo 3: Data de estado actual (últimos 3 años).
- Anexo 4: Tabla datos y fuente de datos, según Área de Vigilancia.
- Anexo 5: Trabajo Comité Operativo y Comité Operativo Ampliado.
- Anexo 6: Propuesta Red de Observación.
- Anexo 7: Información sobre Fuentes de Emisión.
- Anexo 8: Minutas de reuniones de trabajo con SERNAGEOMIN Nivel Central.
- Anexo 9: Capas SIG.