

INFORME FINAL

LICITACIÓN ID: 608897-6-LE21

“INSUMOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS NORMAS PRIMARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL EN MEDIO HÍDRICO, PARA TERRITORIOS DE LOS PROGRAMAS DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL (PRAS)”

2 DICIEMBRE 2021

INFORME FINAL

Versión 2

PREPARADA POR



Requirente

Ministerio del Medio Ambiente

Ejecutor

Ingeniería y Gestión Ambiental

Enlaces S.p.A.

Profesionales

María Angélica Alegría Calvo. Ingeniera hidráulica. Jefa de proyecto.

Dra. María Alejandra Paredes Cid. Bióloga Marina. Magíster y doctora en ciencias mención Ecología y Biología Evolutiva. Coordinadora de proyecto.

Javier Ignacio Fuentes Torrejón. Geógrafo. Diplomado en Geomática. Especialista en sistemas de información geográfica.

Gabriela Silva Jiménez. Química Ambiental.

Tabla de contenido

1	RESUMEN EJECUTIVO	8
2	INTRODUCCIÓN	11
3	OBJETIVOS	13
3.1	Objetivo General	13
3.2	Objetivos Específicos	13
4	METODOLOGIA	14
4.1	Descripción del área de estudio	14
4.1.1	Cuenca del río Huasco y borde costero de la comuna de Huasco.....	14
4.1.2	Bahía Quintero Puchuncaví	17
4.1.3	Golfo de Arauco.....	20
4.2	Áreas de vigilancia determinadas en función de los puntos que se consideren significativos o relevantes respecto de los parámetros seleccionados para monitorear	23
4.2.1	Identificación de las zonas de baño.....	23
4.2.2	Identificación de la Norma Primaria que rige en cada zona de baño.....	24
4.2.3	Determinación de áreas de vigilancia.....	24
4.2.4	Determinación de los puntos a muestrear para la red de control	24
4.2.5	Determinación de los puntos a muestrear para propuesta reducida	27
4.3	Estaciones que conforman la(s) red(es) de monitoreo tanto para la red de control como la de observación	28
4.4	Parámetros que serán objeto de monitoreo, por cada estación	28
4.4.1	Identificación de la calidad ambiental para la red de control	29
4.4.2	Identificación de la calidad ambiental para la red de observación	34
4.4.3	Identificación de las metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de control	36
4.4.4	Identificación de las metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de observación	39
4.5	Criterios técnicos para determinar la representatividad de los muestreos en base a condiciones específicas de la cuenca, área de vigilancia, o estación de monitoreo, si corresponde	40
4.5.1	Determinación de las metodologías de muestreo para la red de control.....	40
4.5.2	Determinación de las metodologías de muestreo para la red de observación	41
4.5.3	Determinación de las condiciones de preservación de las muestras para la red de control	42
4.5.4	Determinación de las condiciones de preservación de las muestras para la red de observación	42
4.5.5	Determinación de los criterios de validación del resultado del monitoreo	42
4.5.6	Determinación de los criterios para intensificar el monitoreo.....	43
4.6	Frecuencia mínima del monitoreo, por estación, parámetros y profundidades de medición en la columna de agua, así como estacionalidad de las mediciones, cuando corresponda	43
4.6.1	Determinación de la frecuencia mínima de muestreo para red de control	43

4.6.2	Determinación de la frecuencia mínima de muestreo para la red de control reducida	45
4.6.3	Frecuencia de monitoreo para red de observación	45
4.7	Metodología y cálculo del volumen de agua de cada área de vigilancia en el cuerpo de agua, si corresponde.....	46
4.8	Fórmula del cálculo de concentraciones medias de parámetros controlados, por estación de monitoreo, si corresponde	46
4.9	Organismos responsables del muestreo y las mediciones	46
4.10	Criterios técnicos para determinar latencia y saturación de la norma	46
4.11	Condiciones de cumplimiento de la norma para cada parámetro.....	47
4.11.1	Determinación del percentil y valor máximo permitidos	47
4.11.2	Recomendaciones para la evaluación de parámetros para la red de observación ..	47
4.12	Talleres de trabajo con profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente donde se encuentran las áreas PRAS	48
5	RESULTADOS	49
5.1	Áreas de vigilancia determinadas en función de los puntos que se consideren significativos.....	49
5.1.1	Identificación de las zonas de baño.....	49
5.1.2	Identificación de la Norma Primaria que rige en cada zona de baño.....	51
5.1.3	Determinación de áreas de vigilancia.....	53
5.1.4	Determinación de los puntos a muestrear	59
5.2	Estaciones que conforman la(s) red(es) de monitoreo tanto para la red de control como la de observación.....	59
5.2.1	Red de Control.....	60
5.2.2	Red de observación.	75
5.2.3	Propuesta puntos de muestreo reducida.....	78
5.3	Parámetros que serán objeto de monitoreo, por cada estación	80
5.3.1	Identificación de la calidad ambiental de la red de control	80
5.3.2	Identificación de la calidad ambiental para la red de observación	82
5.3.3	Metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de control	93
5.3.4	Metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de observación	98
5.4	Criterios técnicos para determinar la representatividad de los muestreos en base a condiciones específicas de la cuenca, área de vigilancia, o estación de monitoreo, si corresponde	104
5.4.1	Determinación de las metodologías de muestreo para la red de control.....	104
5.4.2	Determinación de las metodologías de muestreo para la red de observación	107
5.4.3	Condiciones de preservación de las muestras para la red de control	109
5.4.4	Condiciones de preservación de las muestras para la red de observación	114
5.4.5	Criterios de validación del resultado del monitoreo	116
5.4.6	Criterios para intensificar el monitoreo	117
5.5	Frecuencia mínima del monitoreo, por estación, parámetros y profundidades de medición en la columna de agua, así como estacionalidad de las mediciones, cuando corresponda	118
5.5.1	Determinación de la frecuencia mínima de muestreo	118

5.5.2	Determinación de estacionalidad de muestreo	128
5.6	Metodología y cálculo del volumen de agua de cada área de vigilancia en el cuerpo de agua, si corresponde.....	129
5.7	Fórmula del cálculo de concentraciones medias de parámetros controlados, por estación de monitoreo, si corresponde	129
5.8	Organismos responsables del muestreo y las mediciones	129
5.9	Criterios técnicos para determinar latencia y saturación de la norma	129
5.10	Condiciones de cumplimiento de la norma para cada parámetro.....	130
5.10.1	Condiciones de cumplimiento de las normas primarias para la red de control	130
5.10.2	Determinación del percentil y valor máximo permitidos para la red de control ...	133
5.10.3	Determinación del percentil y valor máximo permitidos para la red de observación	134
5.11	Talleres de trabajo con profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente donde se encuentran las áreas PRAS	136
5.11.1	Reunión con SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la Región del Biobío.....	136
5.11.2	Reunión con SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la Región de Atacama.....	137
5.11.3	Reunión con SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la Región de Valparaíso.....	139
6	DISCUSIÓN	142
6.1	Zona de dilución	142
6.2	Metodologías analíticas.....	143
6.3	Parámetros sugeridos para la red de observación.....	143
6.3.1	Contaminación fecal.....	143
6.3.2	Microorganismos patógenos de vida libre	145
6.3.3	Algas y cianobacterias	145
6.3.4	Contaminación química.....	146
6.4	Determinación de los percentiles en relación al número de puntos de muestreo y mediciones anuales	146
6.5	Reuniones de trabajo con profesionales de SEREMI de salud y Medio Ambiente	147
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
9	ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CUENCA RÍO HUASCO Y SUBCUENCAS DGA	15
TABLA 2 SUPERFICIE DE COMUNAS DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO HUASCO	15
TABLA 3 ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS DE ACUERDO AL PROGRAMA DE VIGILANCIA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD AGUA APTA PARA ACTIVIDADES RECREACIONALES CON CONTACTO DIRECTO	27
TABLA 4 PERCENTIL Y VALOR MÁXIMO ANUAL PERMITIDO PARA CADA COMPUESTO O ELEMENTO EN EL DS N°143/2008 MINSEGPRES QUE PUEDEN AFECTAR LA SALUD HUMANA.	29
TABLA 5 PERCENTIL Y VALOR MÁXIMO PERMITIDO PARA LOS COMPUESTOS O ELEMENTOS CONSIDERADOS EN EL DS N°144/2008 MINSEGPRES QUE PUEDEN AFECTAR LA SALUD HUMANA.	30
TABLA 6 UNIDAD Y NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO PERMITIDO PARA LOS COMPUESTOS O ELEMENTOS CONSIDERADOS EN EL DS N°144/2008 MINSEGPRES QUE PUEDEN AFECTAR LA SALUD HUMANA.	33
TABLA 7 UNIDAD Y NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO PERMITIDO PARA LOS COMPUESTOS O ELEMENTOS CONSIDERADOS EN EL DS N°143/2008 MINSEGPRES QUE PUEDEN AFECTAR LA SALUD HUMANA.	33
TABLA 8 METODOLOGÍAS ANALÍTICAS SUGERIDAS PARA LA EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN DS N°143/2008 MINSEGPRES.	36
TABLA 9 METODOLOGÍAS ANALÍTICAS SUGERIDAS PARA LA EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN DS N°144/2008 MINSEGPRES.	38
TABLA 10 NORMAS CHILENAS ESTABLECIDAS QUE INDICAN LOS MÉTODOS DE MUESTREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.	40
TABLA 11 NORMAS CHILENAS ESTABLECIDAS QUE INDICAN LOS MÉTODOS DE MUESTREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.	41
TABLA 12 FRECUENCIA DE MONITOREO SUGERIDAS EN EL DS 143/2008 DE MINSEGPRES PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES.	44
TABLA 13 FRECUENCIA DE MONITOREO SUGERIDAS EN EL DS 144/2008 DE MINSEGPRES PARA AGUAS MARINAS Y ESTUARINAS.	45
TABLA 14 BALNEARIOS IDENTIFICADOS PARA LAS ZONAS PRAS.	49
TABLA 15 NORMA DE CALIDAD PRIMARIA POR BALNEARIO Y PLAYA APTA PARA BAÑO.	52
TABLA 16 ÁREAS DE VIGILANCIA.	53
TABLA 17 BALNEARIOS DETERMINADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUASCO.	53
TABLA 18 BALNEARIOS DETERMINADOS EN EL BORDE COSTERO DE LA COMUNA DE HUASCO.	55
TABLA 19 BALNEARIOS DETERMINADOS EN EL BORDE COSTERO DEL GOLFO DE ARAUCO.	56
TABLA 20 BALNEARIOS DETERMINADOS EN LA BAHÍA DE QUINTERO.	57
TABLA 21 RED DE OBSERVACIÓN PARA LA CUENCA DEL RÍO HUASCO Y LA COSTA DE LA COMUNA DE HUASCO.	76
TABLA 22 RED DE OBSERVACIÓN PARA LA BAHÍA DE QUINTERO PUCHUNCAVÍ.	77
TABLA 23 RED OBSERVACIÓN PARA EL GOLFO DE ARAUCO.	78
TABLA 24 RED PROPUESTA DE PUNTOS DE MUESTREO REDUCIDA.	79
TABLA 25 EJEMPLOS DE PATÓGENOS, LA ENFERMEDAD ASOCIADA Y ORGANISMOS INDICADORES (WHO, 2021).	83
TABLA 26 VALORES DE REFERENCIA PARA MICROORGANISMOS FECALES.	84
TABLA 27 HÁBITAT Y ENFERMEDADES ASOCIADAS A MICROORGANISMOS DE VIDA LIBRE RELACIONADOS A ENFERMEDADES POR CONTACTO DIRECTO DE AGUAS RECREACIONALES.	86
TABLA 28 ESPECIES DE ALGAS Y CIANOBACTERIAS ASOCIADAS A RIESGOS EN LA SALUD RELACIONADAS CON ENFERMEDADES POR CONTACTO DIRECTO DE AGUAS RECREACIONALES.	88
TABLA 29 LÍMITES PARA BIOVOLUMEN DE CIANOBACTERIAS O CONCENTRACIÓN DE MICROCISTINAS ESTABLECIDOS POR DISTINTOS PAÍSES Y LA OMS.	90
TABLA 30 CATEGORÍAS, NIVELES DE ALERTA Y LÍMITES DE PIGMENTOS DE CIANOBACTERIAS DESARROLLADOS EN HOLANDA.	91
TABLA 31 VALORES DE REFERENCIA AUSTRALIANOS PARA PFAS	92
TABLA 32 VALORES DE REFERENCIA PARA HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS (EPA)	93
TABLA 33 CARACTERÍSTICAS DE METODOLOGÍAS APLICABLES AL ANÁLISIS DE MICROCISTINAS EN AGUA Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.	103
TABLA 34 TÉCNICAS RECOMENDADAS PARA LA PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA – ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS (NCH411/3. OF.96).	110
TABLA 35 CRITERIOS PARA INTENSIFICAR EL MONITOREO EN ORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL, CIANOBACTERIAS Y MICROCISTINAS.	118
TABLA 36 FRECUENCIA DE MONITOREO PROPUESTA PARA MICROORGANISMOS DE CONTAMINACIÓN FECAL POR AUSTRALIA.	124

TABLA 37 FRECUENCIA MÍNIMA DE MONITOREO PROPUESTA PARA MICROORGANISMOS DE CONTAMINACIÓN FECAL PARA LAS ÁREAS PRAS.....	125
TABLA 38 NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS ANUALES PARA ORGANISMOS DE CONTAMINACIÓN FECAL POR ÁREA DE VIGILANCIA. ..	125
TABLA 39 FRECUENCIA MÍNIMA DE MONITOREO PROPUESTA PARA CIANOBACTERIAS.	126
TABLA 40 NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS ANUALES PARA EVALUAR CONCENTRACIÓN DE MICROCISTINAS POR ÁREA DE VIGILANCIA.	127
TABLA 41 NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS ANUALES PARA EVALUAR CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS POR ÁREA DE VIGILANCIA.	127
TABLA 42 NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS ANUALES PARA EVALUAR CONCENTRACIÓN DE SUSTANCIAS PER- Y POLI- FLUOROALQUILO (PFAS), POR ÁREA DE VIGILANCIA.	128
TABLA 43 PORCENTAJES Y VALORES MÁXIMOS DE EXCEDENCIA PARA AGUAS CONTINENTALES (DS 143/2008).	130
TABLA 44 PORCENTAJES Y VALORES MÁXIMOS DE EXCEDENCIA PARA AGUAS MARINAS Y ESTUARINAS (DS 144/2008).	131
TABLA 45 PARTICIPANTES Y FECHAS DE REALIZACIÓN DE LAS REUNIONES DE TRABAJO.	136
TABLA 46 TABLA RESUMEN METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y LÍMITE DE DETECCIÓN POR COMPUESTO O ELEMENTO DEL DS 143/2008.	158
TABLA 47 TABLA RESUMEN METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y LÍMITE DE DETECCIÓN POR COMPUESTO O ELEMENTO DEL DS 144/2008.	160
TABLA 48 TABLA RESUMEN METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y LÍMITE DE DETECCIÓN POR PARÁMETRO PARA RED DE OBSERVACIÓN. .	161

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 CUENCA DEL RÍO HUASCO Y COMUNAS PRESENTES EN ELLA.....	16
FIGURA 2 BAHÍA QUINTERO - PUCHUNCAVÍ.....	19
FIGURA 3 GOLFO DE ARAUCO Y CUENCA RÍO CARAMPANGUE.	21
FIGURA 4 BALNEARIOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUASCO.	54
FIGURA 5 BALNEARIOS COSTEROS DE LA COMUNA DE HUASCO	55
FIGURA 6 BALNEARIOS COSTEROS DEL GOLFO DE ARAUCO.....	57
FIGURA 7 BALNEARIOS BAHÍA DE QUINTERO.	58
FIGURA 8 EMBALSE SANTA JUANA CON LOS PUNTOS PARA MUESTREO.	61
FIGURA 9 BALNEARIOS EN VALLENAR.	62
FIGURA 10 BALNEARIOS EN FREIRINA.	63
FIGURA 11 BALNEARIO DE CARRIZAL BAJO.	64
FIGURA 12 BALNEARIO TRES PLAYITAS SECTOR 1.	65
FIGURA 13 BALNEARIO PLAYA GRANDE DE HUASCO.	66
FIGURA 14 BALNEARIO DE VENTANAS CON DESCARGAS.	67
FIGURA 15 BALNEARIO DE LONCURA CON DESCARGAS.	68
FIGURA 16 BALNEARIO DE ALBATROS.....	69
FIGURA 17 BALNEARIO DE EL DURAZNO, EL MOLINO Y EL CALEUCHE.....	70
FIGURA 18 BALNEARIO PLAYA BLANCA.....	71
FIGURA 19 BALNEARIO PLAYA COLCURA.....	72
FIGURA 20 BALNEARIO PLAYA LARAQUETE.....	73
FIGURA 21 BALNEARIO PLAYA DE ARAUCO.....	74
FIGURA 22 BALNEARIO PLAYA DE LLICO.....	75

1 RESUMEN EJECUTIVO

Los Programas de Recuperación Ambiental y Social (PRAS) corresponden a una estrategia de intervención multisectorial, construida en forma participativa desde su diseño, desarrollada en los territorios de Huasco, Quintero – Puchuncaví y Coronel, con el objetivo que estos permitan ser la carta de navegación para la inversión público/privada a corto, mediano y largo plazo.

Tienen como fin impulsar el desarrollo ambientalmente sustentable de las comunas señaladas, demostrando que es posible la convivencia respetuosa entre las actividades industriales, el cuidado del medio ambiente y la salud de las personas.

En el año 2014 el Ministerio del Medio Ambiente asumió la tarea de desarrollar una estrategia piloto de intervención que consideró la participación de las comunidades en los territorios de Huasco, Quintero - Puchuncaví, y Coronel, para avanzar sistemáticamente en consensuar objetivos y propuestas de recuperación social y ambiental.

La construcción de los programas fue realizada utilizando una adaptación de la metodología “Procedimientos de Gestión para el Desarrollo Sustentable” de la Comisión Económica para América y el Caribe (CEPAL), específica a las particularidades de los territorios definidos, a las necesidades de los actores locales y a las dinámicas propias de los procesos participativos, con el objetivo de recoger la información necesaria para elaborar el PRAS, lo que consideró un diseño participativo a fin de orientar procesos de gestión para el desarrollo sustentable y equitativo del ser humano, sistematizando las manifestaciones de los problemas de un territorio e identificando posibles opciones de solución.

De esta forma fue posible identificar actores relevantes de los territorios; fomentar la participación equitativa de estos actores (comunidad, empresa, servicios públicos); planificar y ejecutar estudios interdisciplinarios; orientar trabajos de asistencia técnica en zonas rurales y urbanas; ayudar a la formulación de marcos de referencia para proyectos de desarrollo regional y de cuencas; así como orientar la selección y evaluación de programas y proyectos.

Esta metodología consideró 6 fases siendo la IV la Fase la Elaboración del PRAS definitivo de Quintero Puchuncaví en julio de 2017, el de Huasco en diciembre de 2017 y el de Coronel en febrero del año 2018.

La Fase V de Implementación y Seguimiento de los PRAS considera la Implementación y el seguimiento y la mejora continua de ellos, evaluando el programa e incorporando en forma paulatina nueva información y propuestas de soluciones en relación a las etapas de cumplimiento del programa.

Todos los PRAS consideraron, respecto del recurso hídrico, objetivos orientados a asegurar que los ecosistemas acuáticos continentales superficiales y subterráneos presenten aguas de buena calidad y, respecto del mar objetivos para alcanzar una buena calidad del medio marino, que permitan diferentes usos (productivos, recreación, salud).

El objetivo de este estudio es Generar insumos para la elaboración de las minutas técnicas requeridas para el diseño de los Programas de Monitoreo y Control de la Calidad Ambiental de las siguientes normas: “Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto

N°144/2008 MINSEGPRES) y “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°143/2008 MINSEGPRES), para los territorios PRAS de Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví. Para el caso de Coronel, se debe considerar como territorio en que se aplicará este estudio, el Golfo de Arauco, para Quintero-Puchuncaví, la bahía de Quintero-Puchuncaví y para Huasco, la cuenca del río Huasco y el borde costero de la comuna de Huasco.

En relación con lo antes señalado, y en conformidad con los objetivos específicos abordados, en este informe se detallan las actividades realizadas en gabinete para definir los contenidos de las minutas técnicas establecidas en la Resolución Exenta N°670, de 21 de julio 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que “Dicta instrucciones generales sobre la elaboración de los programas de medición y control de la calidad ambiental”, sobre el procedimiento de elaboración de programas de medición y control de la calidad ambiental del agua, que dispone que el Ministerio del Medio Ambiente remitirá a la Superintendencia del Medio Ambiente, una minuta técnica con los antecedentes necesarios para la dictación de los programas de medición y control de calidad ambiental del agua, que debe incluir 11 contenidos específicos, para la dictación de los programas en las PRAS señaladas. Además, se detallan las actividades realizadas reuniones de trabajo técnico con profesionales de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud y del Medio Ambiente de las regiones en donde se ubican las áreas de estudio para validar los resultados de este estudio.

Lo anterior, a fin de dar cumplimiento a lo señalado en el artículo 5° del D.S. N°144/2008 y también en el artículo N°5 del D.S. N°143/2008 para la verificación de su cumplimiento en los territorios PRAS ya señalados (Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví).

Para esto se han identificado los balnearios aptos para el baño de las zonas PRAS, se estableció su área y sobre estos, se establecieron puntos de monitoreo para muestreos de calidad ambiental tanto para la red de control como para la red de observación. Se analizó la calidad ambiental de las aguas de los balnearios identificados, su capacidad de carga de bañistas en temporada de baño y se identificó la presencia de fuentes de contaminación. En base a esta información se determinó la cantidad de puntos de muestro por balneario para la red de control y para la red de observación. Para determinar la frecuencia de muestreo por balneario y por compuesto o elemento normado, se identificó la necesidad de agrupar algunos balnearios con aguas con características ambientales similares dentro de áreas de vigilancia. Esto último para lograr maximizar la cantidad de muestras anuales para ser utilizadas en los cálculos de los percentiles y límites permitidos en cada una de las normas primarias de calidad del agua apta para actividades recreativas con contacto directo. Sin embargo, considerando las opiniones de los profesionales de la SEREMI del Medio Ambiente y Salud de las regiones PRAS y del mandante, se anexa una versión reducida de puntos de muestreo y/o frecuencias de monitoreo que disminuye la cantidad de muestras anuales a medir por parámetro.

Se establecen 12 áreas de vigilancia y una red de control y de observación sobre estas áreas.

Se acordaron 64 puntos para toma de muestras, 11 para aguas continentales en la cuenca del río Huasco y 53 en aguas marinas, de estos 9 están ubicados en el borde costero de la comuna de Huasco, 18 en la bahía de Quintero y 26 en el golfo de Arauco.

La propuesta de muestreo reducida consta de 37 puntos para la toma de muestras, 4 para aguas continentales en la cuenca del río Huasco y 33 en aguas marinas, de estos 5 están ubicados en el borde costero de la comuna de Huasco, se mantienen los 18 puntos de la bahía Quintero – Puchuncaví y 10 en el golfo de Arauco

Para la red de control se analizaron las metodologías sugeridas para todos los parámetros normados en D.S. 143/2008 y D.S. 144/2008 MINSEGPRES, principalmente realizando una actualización de nuevas metodologías analíticas, propuestas en su mayoría por EPA o APHA, AW y WEF en “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, edición 23. En el caso de los parámetros regulados para aguas marinas, se recomiendan técnicas de pretratamiento de las muestras para cada analito, debido a la complejidad de la matriz de agua a analizar. Además, se actualizaron las metodologías de muestreo y preservación de las muestras, criterios para la verificación del resultado del monitoreo y criterios para intensificarlos.

Para la red de observación se realizó una búsqueda bibliográfica, mediante la cual se identificaron otros parámetros que afectan la salud humana con contacto directo con el agua mediante actividades recreacionales y, se propusieron organismos indicadores de contaminación fecal, monitoreo y seguimiento de cianobacterias productoras de toxinas, microcistinas y los compuestos químicos per- y poli- fluoroalquilo (PFAS) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH). Se propone el método de muestreo, preservación de las muestras, control de la efectividad del muestreo y metodologías de análisis.

Finalmente, se entrega un resumen de minuta técnica por cada área de vigilancia que contienen los insumos tabulados sugeridos para elaborar los PMCCA por área de vigilancia, los balnearios, puntos de muestreo para la red de control y la red de observación, parámetros de la red de control y observación, métodos de muestreo, preservación de las muestras, métodos analíticos, frecuencias de muestreo y cantidad de muestras anuales por componente y analito. Las minutas técnicas se encuentran en los [ANEXO 20](#) para el golfo de Arauco, [ANEXO 21](#) para Huasco y [ANEXO 22](#) para Quintero Puchuncaví.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Contexto normativo

El Ministerio del Medio Ambiente, es la Secretaría de Estado encargada de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. A este Ministerio corresponderá especialmente, de acuerdo a lo señalado en el inciso final del Art. 32 y en el Art. 70 literal n) de la Ley N°19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente, entre otras funciones, coordinar el proceso de generación de las normas de calidad ambiental, de emisión y de planes de prevención y/o descontaminación, determinando los programas y plazos de cumplimiento, así como interpretar administrativamente estos instrumentos de gestión ambiental.

Dentro de los Instrumentos de Gestión Ambiental establecidos por la Ley N°19.300 se encuentran las Normas Primarias de Calidad Ambiental (NPCA). Las NPCA son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos, permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia.

Las normas primarias vigentes para medio hídrico en nuestro país son las “Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo” aprobadas a través del D.S. N°144/2008 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y la “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo” D.S. N°143/2008 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

De acuerdo a lo señalado en el artículo 5° del D.S. N°144/2008 y también en el artículo N°5 del D.S. N°143/2008, la verificación del cumplimiento de estas normas deberá realizarse de acuerdo al Programa de Vigilancia. A partir de la Resolución Exenta N°670, de 21 de julio 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que “Dicta instrucciones generales sobre la elaboración de los programas de medición y control de la calidad ambiental”, los programas de Vigilancia pasan a llamarse Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental (PMCCA).

El PMCCA, es un instrumento que permite al Ministerio del Medio Ambiente levantar información ambiental para efectos de política pública, en función de aquellos parámetros regulados en normas de calidad ambiental y otros de interés que defina para dichos efectos, los cuales son monitoreados de manera sistemática a fin de caracterizar, medir y controlar la calidad ambiental del agua en estaciones que forman parte de una red de monitoreo.

De acuerdo con la Resolución Exenta N°670/2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, el Ministerio del Medio Ambiente remitirá a la Superintendencia del Medio Ambiente, una Minuta Técnica con los antecedentes necesarios para la dictación de los Programas de Medición y Control de Calidad Ambiental del agua (PMCCA).

Estos PMCCA, según lo señalado en las Normas Primarias y en la R.E. N°670/2016, deberán incluir entre otros, los parámetros normados que corresponderá monitorear según las características propias de cada cuerpo de agua, los puntos de muestreo, las frecuencias mínimas de monitoreo, las metodologías de muestreo y metodologías analíticas seleccionadas para cada contaminante, un análisis de la representatividad de las muestras, y las tareas correspondientes a cada uno de los órganos competentes en el control y seguimiento de estas normas. Deben considerarse según sea el caso, criterios como la temporada de baño, la densidad media de los bañistas, la ubicación espacial de los puntos de muestreo, el inicio y término de la temporada de baño, u otros que sean de relevancia para estos efectos.

El objetivo de esta consultoría es generar insumos para la elaboración de las Minutas Técnicas requeridas para el diseño de los Programas de Monitoreo y Control de la Calidad Ambiental de las “Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo decreto N°144/2008” y “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo N°143/2008” para los territorios PRAS (Programa para la Recuperación Ambiental y Social) Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví. Para el caso de Coronel, se debe considerar como territorio en que se aplicará este estudio, el Golfo de Arauco, para Quintero-Puchuncaví, la bahía de Quintero-Puchuncaví y para Huasco, la cuenca del río Huasco y el borde costero de la comuna de Huasco.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Generar insumos para la elaboración de las minutas técnicas requeridas para el diseño de los Programas de Monitoreo y Control de la Calidad Ambiental de las siguientes normas: “Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°144/2008 MINSEGPRES) y “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°143/2008 MINSEGPRES), para los territorios PRAS de Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví. Para el caso de Coronel, se debe considerar como territorio en que se aplicará este estudio, el Golfo de Arauco, para Quintero-Puchuncaví, la bahía de Quintero-Puchuncaví y para Huasco, la cuenca del río Huasco y el borde costero de la comuna de Huasco.

3.2 Objetivos Específicos

a) Definir a través de trabajo de gabinete las zonas de baño, los parámetros a regular, las frecuencias mínimas de monitoreo, los puntos de muestreo, los métodos de muestreo, las metodologías analíticas recomendadas para cada uno de los contaminantes a monitorear, los criterios de validación de los resultados del monitoreo, los criterios para determinar representatividad de los muestreos y los criterios para intensificar el monitoreo, entre otras variables, que deban contener cada una de las Minutas Técnicas. Todo lo anterior de acuerdo con las características del territorio y las normas primarias que corresponda (D.S. N°144 o D.S. N°143).

b) Validar lo requerido en el objetivo a) en base a reuniones de trabajo técnico con profesionales de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud y del Medio Ambiente de las regiones en donde se ubican las áreas de estudio.

c) Elaborar un informe que contenga los insumos requeridos para la elaboración de las minutas técnicas.

4 METODOLOGIA

A continuación, se desarrollan los 11 puntos necesarios para definir los contenidos de las minutas técnicas establecidas en la Resolución Exenta N°670, de 21 de julio 2016, Párrafo 2° Del procedimiento de elaboración de programas de medición y control de la calidad ambiental del agua, Artículo tercero: Contenido del programa de medición y control de la calidad ambiental del agua para Normas Primarias y Secundarias de Calidad Ambiental.

4.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende a los territorios PRAS (Programa para la Recuperación Ambiental y Social) de Huasco, Coronel y Quintero-Puchuncaví (<https://pras.mma.gob.cl/>). Para el caso de Coronel, se considera como territorio en que se aplicará este estudio, el Golfo de Arauco, para Quintero-Puchuncaví, la bahía de Quintero- Puchuncaví y para Huasco, la cuenca del río Huasco y el borde costero de la comuna de Huasco.

4.1.1 Cuenca del río Huasco y borde costero de la comuna de Huasco.

La cuenca del río Huasco posee una hoya hidrográfica de 9.813 km² y tiene una orientación de Este a Oeste.

El río Huasco se forma en la confluencia de los ríos del Tránsito y del Carmen, junto al centro poblado de Alto del Carmen. El valle del Huasco puede dividirse morfológicamente en dos sectores:

Desde su nacimiento, el río Huasco posee una longitud de 88 km hasta que desemboca en el mar, al norte de la ciudad de Huasco. En el sector del nacimiento de este curso y la desembocadura de la quebrada El Jilguero, a 5 km al oriente de Vallenar, el río corre por un típico cajón cordillerano, en un lecho relativamente estrecho, confinado por altos cerros de roca fundamental mesozoica.

En su curso inferior, desde El Jilguero hasta la desembocadura en el mar, con longitud de 55 km, la caja del río se ensancha y el valle se presenta acompañado de extensas terrazas fluviales cuaternarias. Próximo a su desembocadura, al norte de la localidad de Huasco, la caja del río alcanza más de 2 Km de ancho (Cade-Idepe)¹.

De acuerdo con la clasificación de la DGA, la cuenca del río Huasco es una cuenca exorreica, principal, cuyo código es 038, con una superficie de 9.813,74 m², conformada por las subcuencas mostradas en la **Tabla 1**.

¹ S.I.T. N° 171 DGA 2009

Tabla 1 Cuenca río Huasco y Subcuencas DGA

COD CUENCA	COD SUBCUENCA	NOMBRE	AREA KM ²
38	380	Río tránsito	4.111,8
	381	Río del Carmen	3.041,9
	382	Río Huasco	2.660,1
Total superficie Cuenca			9.813,7

La cuenca del río Huasco abarca parte de las siguientes comunas señaladas en la **Tabla 2**:

Tabla 2 Superficie de comunas dentro de la cuenca del río Huasco

REGION	PROVINCIA	COMUNA	AREA EN CUENCA KM ²
Atacama	Huasco	Alto del Carmen	6.125,1
Atacama	Huasco	Freirina	459,8
Atacama	Huasco	Huasco	193,9
Atacama	Huasco	Vallenar	1.812,4
Coquimbo	Elqui	Vicuña	1.196,6
Atacama	Copiapó	Tierra Amarilla	25,9

Lo anterior se muestra en la **Figura 1**:

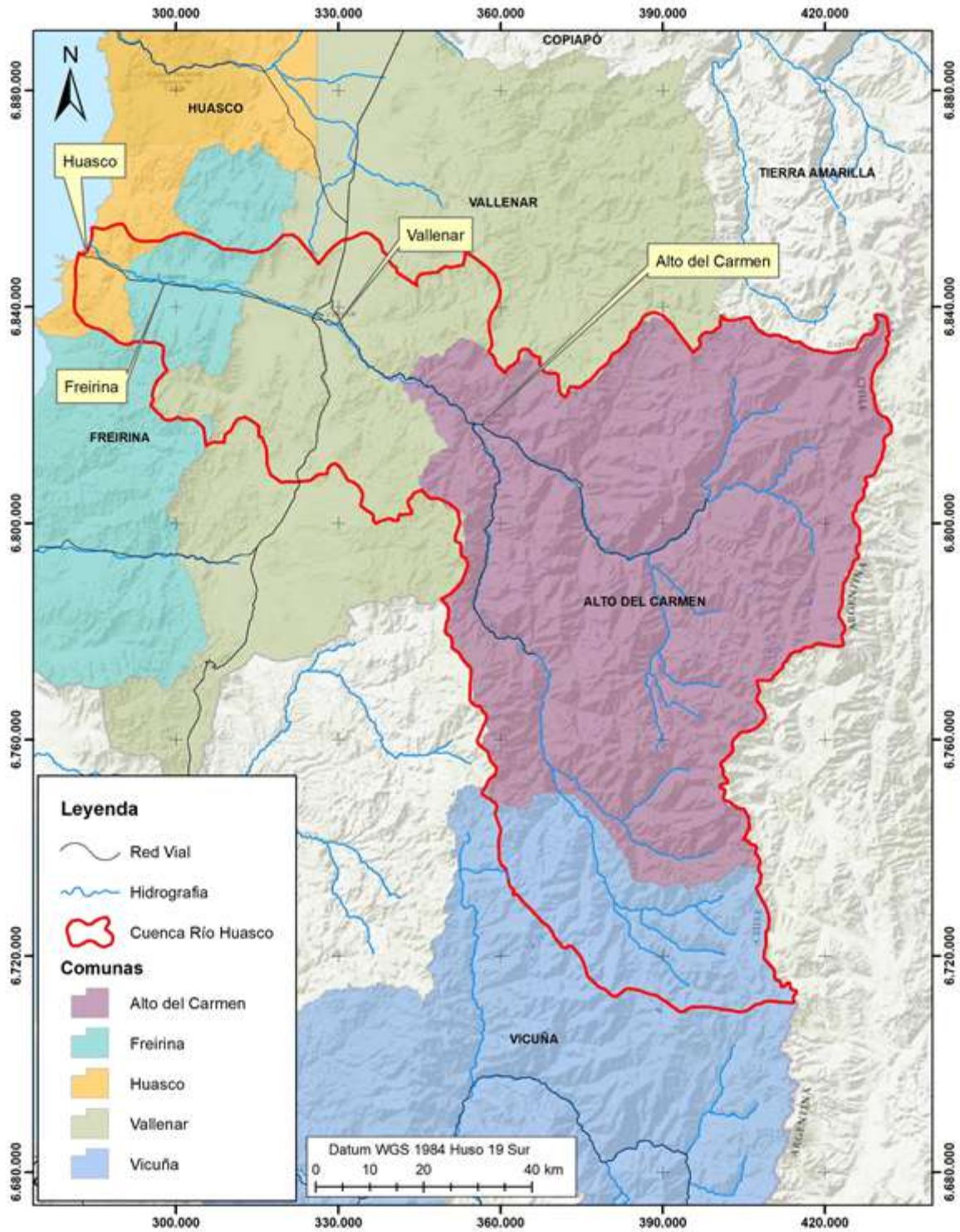


Figura 1 Cuenca del río Huasco y comunas presentes en ella.
Fuente: Mapoteca DGA.

El borde costero de la comuna de Huasco presenta una costa continua con planicies litorales angostas presentando de 2 a 6 km de ancho. En la zona de la desembocadura del

río Huasco se presenta una mayor superficie de planicie litoral, debido a la acción erosiva de los ríos.

En relación a los residuos industriales líquidos, la cuenca del río Huasco posee una alta concentración de faenas mineras, asociadas a la extracción de cobre y en menor proporción al oro. Estas faenas se encuentran localizadas principalmente en la comuna de Vallenar y Freirina y sólo 4 en la comuna de Huasco. En la comuna de Vallenar, sector de Quebrada Honda y la localidad de Domeyko, se concentra la mayoría de las faenas mineras.

En la comuna de Freirina existen un total de 19 faenas mineras en donde sólo una de ellas está actualmente paralizada. Estas faenas se emplazan preferentemente próximas a la quebrada El Morado y quebrada Agua Grande, siendo el único mineral explotado el cobre.

La comuna de Huasco además de las faenas mineras de cobre y oro, también posee importantes compañías mineras como Cía. Minera el Huasco S.A que se formó para desarrollar el proyecto Los Colorados. El yacimiento de hierro Los Colorados ubicado en la III Región, tiene reservas por 245 millones de toneladas con una ley media de 48%, las que, preconcentradas, alimentan la planta de pellets de Huasco para que produzca 4 millones de toneladas de producto por año.

Para el borde costero de la comuna de Huasco, presenta una zona industrial junto al área urbana, las cuales ejercen presión ambiental sobre el mar, se han identificado una planta de tratamiento de pellet, perteneciente a CAP y la termoeléctrica Guacolda de AES Gener, además por la parte urbana existe un emisario submarino de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), de Aguas Chañar, la cual descarga a 400 m mar adentro.

Por otra parte, en la cuenca del río Huasco están presentes diversos proyectos mineros destacando Pascua Lama, a cargo de Barrick Gold, el cual consiste en una mina a cielo abierto para extraer principalmente oro, que se ubicaría en la zona fronteriza con Argentina ya que es un proyecto binacional, en la cabecera de la cuenca. El método de extracción del oro sería empleando lixiviación con cianuro.

El 18 de enero de 2018 la Superintendencia de Medio Ambiente anunció la clausura definitiva de Pascua Lama luego de realizar un procedimiento sancionatorio, donde se establecieron 33 cargos en contra del proyecto minero, 5 de ellos de gravedad suficiente como para determinar la clausura total y definitiva. En octubre del mismo año, el tribunal ambiental de Antofagasta falló a favor del cierre del proyecto. En marzo de 2019, ante los reclamos de la empresa, la Corte Suprema de Chile dejó sin efecto la medida. El 17 de septiembre de 2020, el Tribunal Ambiental de Antofagasta confirmó el cierre definitivo de Pascua Lama manteniendo una multa.

Este tipo de empresas mineras producen una fuerte presión ambiental en el territorio, y sobre todo en los recursos hídricos del territorio, ya sea por extracciones de aguas o por el manejo de residuos.

4.1.2 Bahía Quintero Puchuncaví

Se ubica entre las comunas de Quintero y Puchuncaví, es una bahía cerrada, su entrada está en dirección Nor-Oeste, cuenta con un alto tráfico marítimo, debido a que se ha posicionado como un importante puerto Industrial y energético, su condición de bahía

cerrada brinda estabilidad y seguridad a los navíos para realizar sus faenas de carga y descarga de material.

De acuerdo con la clasificación de la DGA, las comunas de Quintero y Puchuncavi se ubican en la subcuenca 0532, denominada Costeras entre Estero Catapilco y Río Aconcagua, con una superficie de 389,78 km² **Figura 2**.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en el Censo de 2017 se determinó que la comuna de Puchuncaví tenía 18.546 habitantes con una proyección a 20.071 habitantes para el año 2020, mientras que la comuna de Quintero reportó 31.923 habitantes el 2017 con una proyección de 36.135 habitantes para el 2020 (BCN, 2021). En general, la comuna cuenta con 22 localidades, de las cuales, 4 son urbanas y las restantes 18, rurales que la convierte en una zona altamente sensible a los impactos sociales, económicos y ambientales (Guajardo & Chavarri, 2018).

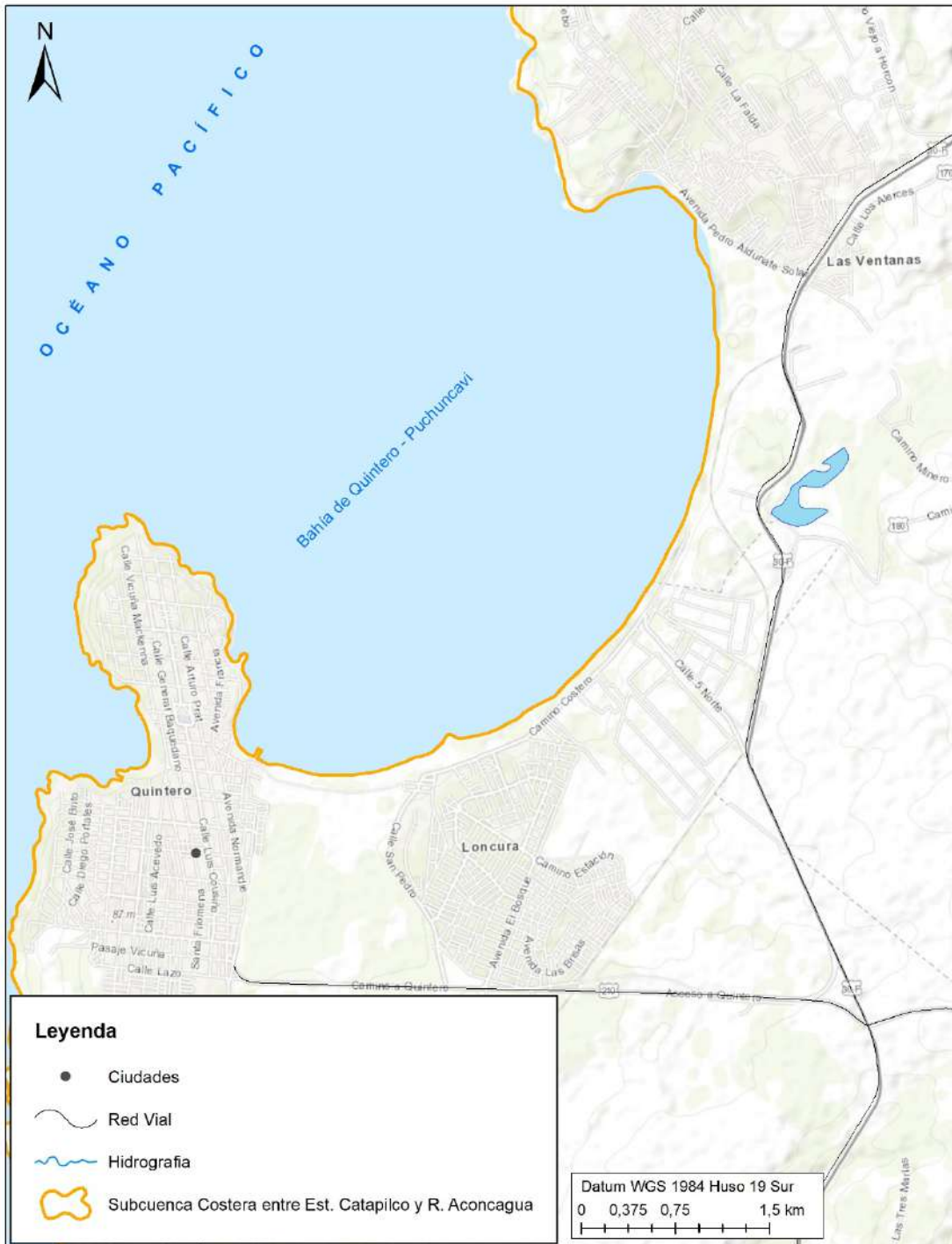


Figura 2 Bahía Quintero - Puchuncaví.
Fuente: Mapoteca DGA

En este contexto, la bahía de Quintero corresponde a uno de los territorios en los que existen emisiones históricas de materiales, y que poseen propiedades que se miden como variables para los que existen normas de emisión. En este territorio, el Consejo para la Recuperación Ambiental y Social o CRAS y la ciudadanía perciben que la bahía tiene elevadas concentraciones ambientales, debido a las descargas de Residuos Industriales Líquidos (RILES), aguas servidas, sentinas, afloramiento de carbón y a emergencias químicas (mal manejo de botes y gestión de la actividad portuaria). Además, señalan que esta contaminación estaría afectando a la biodiversidad, la pesca, el turismo y las actividades de recreación. Así mismo, los habitantes de la zona reclaman que no se han tomado medidas para descontaminar la bahía, a pesar de que se han realizados estudios de evaluación de riesgo ambiental y un muestreo de recursos marinos después del gran derrame de petróleo que afectó a la bahía en el año 2014 (CEA-MMA, 2020).

Algunas de las empresas que operan en esta área son (Guajardo & Chavarri, 2018): Gasmar, Oxiquim, AES Gener, Puerto Ventanas, COPEC, CODELCO Ventanas, ENAP, GNL, Esva y Pesquera Quintero.

4.1.3 Golfo de Arauco

El Golfo de Arauco es un área semicerrada que se extiende por el norte desde la desembocadura del río Biobío hasta la punta Lavapie por el Sur (**Figura 3**). En su extremo occidental se encuentra la Isla Santa María, la cual genera dos entradas de agua; la Boca Grande al norte y la Boca Chica al oeste. Este golfo cuenta con condiciones que lo sitúan como un importante centro de desove y uno de los centros pesqueros más importantes en Chile. Al ser un área de alta riqueza hidrobiológica se concentran importantes caletas e infraestructura asociada a dicha actividad. Por esta razón es que se ha convertido en un polo de actividad urbana e industrial. Debido a este aumento en la actividad antropogénica, esta zona recibe un flujo constante de residuos que provienen de los diversos emisarios industriales y domésticos situados en la costa (Contreras, 2017).

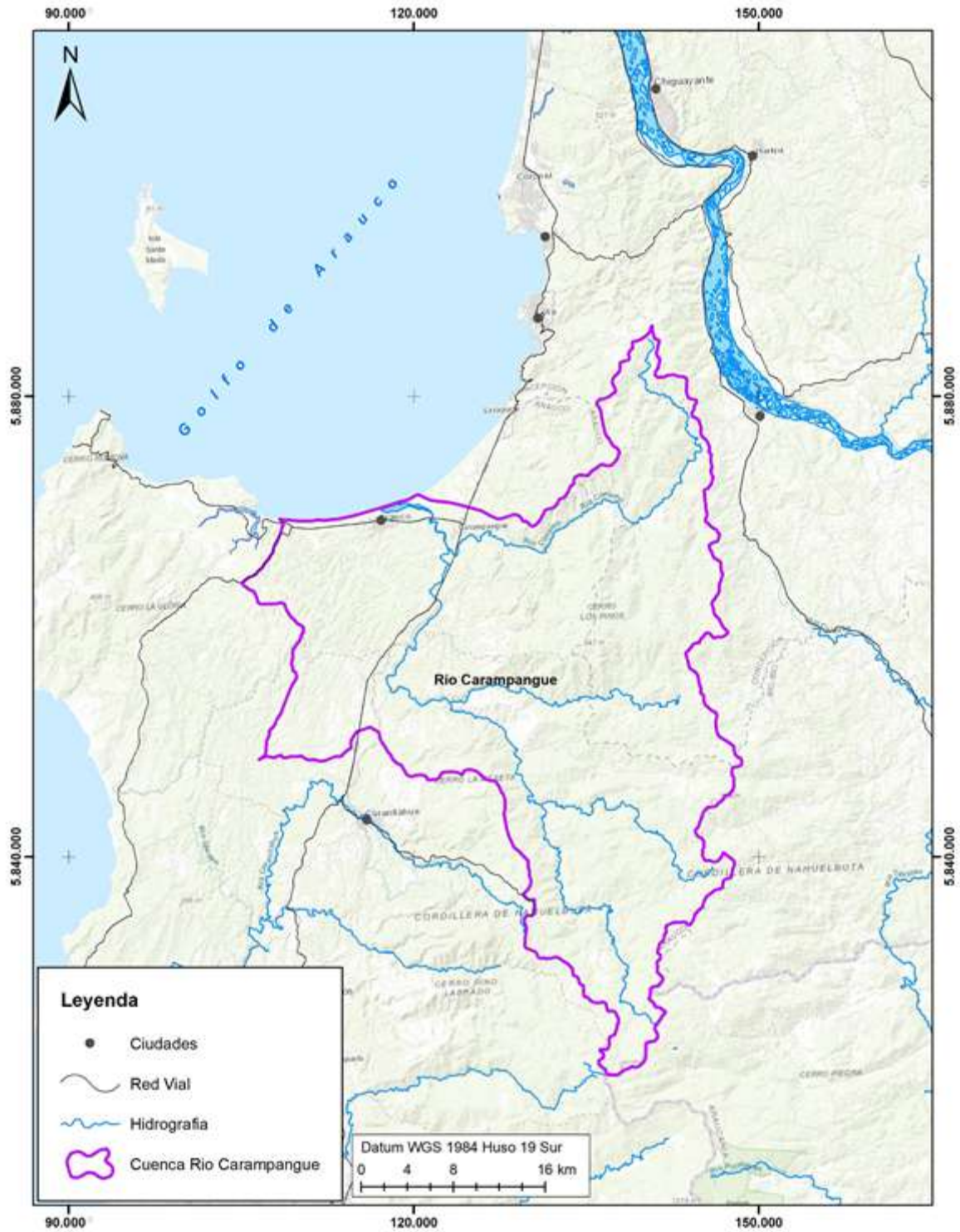


Figura 3 Golfo de Arauco y Cuenca río Carampangue.
Fuente: Mapoteca DGA

Coronel corresponde a un territorio donde antiguamente se desarrolló de forma importante la minería de carbón, siendo por muchos años un polo de desarrollo económico de importancia para el país. En la actualidad, y producto de la caída de la industria del carbón

durante el siglo XX, es posible encontrar una zona industrial que ha migrado a otros sectores, entre ellas se destacan la industria portuaria, forestal y pesquera, como también la instalación de tres centrales termoeléctricas (Bocamina I y II, y Santa María), todas ellas hoy presentes en la comuna de Coronel. Estas últimas son percibidas por la comunidad como las responsables del deterioro medio ambiental de Bahía Coronel (CEA-MMA, 2016). El estudio realizado por CEA-MMA (2016) determinó que el ecosistema actual de la bahía Coronel es un sistema “alterado”, por lo tanto las condiciones funcionales ecosistémicas son completamente diferentes a las que existían antes de los inicios de la actividad industrial en el lugar, con una intervención importante en los últimos años, generando residuos desde el punto de vista de materia orgánica principalmente proveniente de la pesquería industrial y emisarios submarinos de servicios sanitarios. Este estudio también concluyó que desde el punto de calidad físico-química, las aguas de Bahía Coronel no presentan compuestos orgánicos en concentraciones peligrosas para la biota, tampoco de elementos metálicos o una acumulación de ellos en el ambiente. Además, el estudio señala que lo anterior puede deberse a las tasas de recirculación de contaminantes hacia fuera de la bahía, que permiten una disminución de las concentraciones ambientales de potenciales contaminantes. No obstante, detectaron bajos niveles de oxígeno disuelto en sedimentos a profundidades mayores de 6 m incluyendo condiciones de anoxia a 10 m de profundidad y argumentaron que la posible causa de esta condición proviene de la descarga de RILES con una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), el cual se traduce en altas cargas de materia orgánica biodegradable, las que se depositan en el fondo del lecho marino, provocando la disminución del oxígeno disuelto en las capas inferiores de la columna de agua y en el sedimento. Lo anterior genera en forma directa un impacto negativo en el componente sedimentario, donde se presentaron muestras fangosas (con alto contenido orgánico) y en descomposición anaeróbica (mal olor detectada en ellas). Del mismo modo, no se encontraron niveles elevados de elementos metálicos en la columna de agua, pero si en la matriz de sedimento, donde se encontraron niveles elevados de Al, As, B, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Pb y Zn, presentando mayor abundancia en las muestras fangosas (alto contenido orgánico) localizadas en el sector norte de Bahía Coronel.

De acuerdo a HOLON-MMA (2020) la mayor presencia de descargas directas ocurre entre la desembocadura del Biobío y Lota, destacando una alta presencia de descargas al norte de Coronel, en la zona de Escuadrón (5 fábricas de alimentos, 2 procesadoras de recursos pesqueros, 1 papelera y 3 PTAS) y en Bahía Coronel (6 procesadoras de recursos pesqueros, 2 termoeléctricas y 2 PTAS). En la zona de Lota, las descargas directas corresponden a 2 plantas procesadoras de recursos pesqueros, mientras que entre Laraquete y Arauco, destaca la presencia de 2 PTAS (Laraquete y Carampangue) y el emisario submarino de Celulosa Arauco.

El estudio CEA-MMA (2016) identificó tres fuentes primarias de contaminantes para Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio y Níquel: RILES, depositación de material particulado (antifouling de barcos), y descargas continentales (provenientes del río Biobío principalmente). Estas fuentes se traducen en una afectación en la columna de agua, pero principalmente en el sedimento marino superficial.

En la actualidad y en términos generales, es posible distinguir las siguientes actividades que interactúan con el medioambiente acuático de Bahía Coronel (CEA-MMA, 2016):

- Actividad portuaria: Operación del terminal de la empresa portuaria Froward, en el transporte de chips de madera, carbón, transferencia de combustible. Operación del terminal Marítimo Oxiquim, en el manejo de Diesel o Gasolinas (93 o 97 octanos), Fenol y

Metanol, adicionalmente se incorpora en el Puerto de Coronel la transferencia de concentrado de cobre, carbón, y graneles líquidos por parte de Oxiquim. Por último, el Puerto de Coronel, posee actividades multipropósito, entre las que destacan el transporte de carga general, contenedores y graneles, con especial énfasis en la industria maderera.

- Actividad energética: Funcionamiento de tres centrales termoeléctricas (Bocamina I y II y Santa María de Colbún, las cuales utilizan de forma no consuntiva agua de mar para sus ciclos termodinámicos, descargando en Bahía Coronel agua con una calidad similar a la succionada, pero a una mayor temperatura.
- Pesca Artesanal: Dentro de Bahía Coronel se encuentra la Caleta Lo Rojas, donde se aprecia una cantidad considerable de embarcaciones artesanales, donde según datos del Registro de Embarcación Artesanal (RPA) de Sernapesca, existe un total de 698 embarcaciones artesanales registradas.
- Pesca Industrial: Dentro de Bahía Coronel se ubica un total de 5 empresas ligadas a la pesca a nivel industrial. Su interacción con el medio marino específicamente en Bahía Coronel radica en que existe una serie de plantas procesadoras que descargan sus RILES, con alto contenido de nutrientes (materia orgánica, fósforo, nitrógeno total Kjeldahl) al cuerpo de agua marino.
- Empresas Sanitarias: dentro de la bahía se encuentra el emisario submarino Coronel Sur, de la empresa sanitaria ESSBIO, y más al sur un poco alejado de la bahía, el emisario submarino Lota de la misma empresa. Ya fuera de la bahía, al frente del parque industrial Escuadrón, se encuentran dos emisarios, uno de ESSBIO (Coronel Norte) y otro de Aguas San Pedro, donde este último posee un sistema de lodos activados, tratamiento secundario para la degradación de materia orgánica.

Aportes difusos provenientes de descargas continentales: el efecto sinérgico de descargas a nivel superficial y subterránea no se encuentra estudiado en Bahía Coronel. No obstante, a nivel de subcuenca es posible identificar dos cuerpos de agua que vierten dentro de la bahía. Estos corresponden a los esteros Manco y Quebrada Playa Blanca, los cuales concentran de cierta manera las descargas continentales, siendo de interés desde el punto de vista de la interacción de residuos de procedencia desconocida que puedan llegar al cuerpo de agua marino en estudio.

4.2 Áreas de vigilancia determinadas en función de los puntos que se consideren significativos o relevantes respecto de los parámetros seleccionados para monitorear

4.2.1 Identificación de las zonas de baño

Para poder identificar las zonas de baño del área de estudio, se revisaron fuentes de información afines a la habilitación de playas y balnearios del país. Para las playas costeras se ocupó información de la DIRECTEMAR perteneciente a la Armada de Chile (base de datos entregado por el Ministerio de Medio Ambiente), como ente encargado de la habilitación de playas y balnearios para periodos estivales, en la cual se detalla la comuna a la que pertenece el balneario y si este está apto o no para el baño. Para los balnearios continentales de la cuenca del Huasco, se realizó consulta, a las 4 comunas presentes en

la cuenca (Huasco, Freirina, Vallenar y Alto del Carmen), por medio de ley de transparencia, donde se consultó por balnearios existentes dentro de sus límites (ver [ANEXO 09](#) Respuesta Transparencia por balnearios).

De esta forma se filtró el listado de DIRECTEMAR distinguiendo las playas aptas para el baño. Como este listado es a nivel nacional, se procedió a identificar las playas existentes en el área de estudio y ubicarlas en imágenes satelitales de Google Earth, en donde se dibujó en polígono y un punto para tener la ubicación de estos en formato KMZ, los cuales posteriormente fueron transformados a formato SHAPEFILE.

Esta información es entregada en formato de tabla Excel ([ANEXO 07](#)), donde se identifica cada playa, se ordena por un ID, Región, Provincia, Comuna, Nombre de la playa, fuente de información, si es apta para el baño el tipo, si es de río o agua marina, la norma que le corresponde según su naturaleza y las coordenadas de ésta.

También se entregarán en formato georreferenciado KMZ y SHAPEFILE (ver [ANEXO 02](#) y [ANEXO 11](#)), este último contiene la misma tabla descrita anteriormente incorporada a su ubicación espacial.

La georreferenciación de los archivos se realizó en Datum WGS 84 Huso 19 S, se utiliza este huso, ya que es el utilizado para estudios de nivel nacional.

4.2.2 Identificación de la Norma Primaria que rige en cada zona de baño

Para cada zona de baño se determinó si rige la norma primaria D.S. N° 143/2008, (MINSEGPRES) para aguas continentales o la norma primaria D.S. N° 144/2008 (MINSEGPRES), para aguas marinas y estuarinas. Se agregó al shape de los polígonos de cada área de vigilancia.

4.2.3 Determinación de áreas de vigilancia

Para la aplicación de las normas primarias de calidad de agua se deben considerar como áreas de vigilancia a las áreas de recreación con contacto directo. Para este estudio las áreas de vigilancia corresponderán a zonas de baño, homogéneas y cercanas entre sí, pudiendo encontrarse en áreas continentales, así como en el borde costero.

Estas áreas de vigilancia pueden estar formadas por un solo balneario, o por un conjunto de balnearios, un solo balneario que se encuentre a gran distancia de otro puede ser un área de vigilancia por sí mismo, mientras que varios balnearios cercanos entre sí pueden conformar un área de vigilancia.

4.2.4 Determinación de los puntos a muestrear para la red de control

Los puntos de monitoreo fueron determinados y georreferenciados dentro de los polígonos de las áreas de baño. La ubicación de los puntos a muestrear, para que fueran representativos, fueron determinados de acuerdo a los siguientes criterios:

- Identificación de playas habilitadas para el baño.
- Dimensiones de la playa,
- Densidad de bañistas,
- Cercanía a algún tipo de emisario, centros urbanos o industriales,
- Morfología de la costa (si es abierta o cerrada, orientación de esta),
- y la presencia de fuentes de emisiones al medio hídrico.

Para el caso de aguas continentales, la norma D.S. N° 143, en el artículo 7° del Título VI, señala que “No deberá verificarse el cumplimiento de las normas de calidad primarias dentro de la zona de dilución de los residuos líquidos”, por lo que se revisaron los antecedentes respecto del alcance de la pluma de dispersión en cada caso. De acuerdo a la norma primaria del D.S. N° 143, artículo 2° del Título II, “la zona de dilución de residuos líquidos corresponde al volumen o zona donde se produce la dilución de una descarga de residuos líquidos a un cuerpo receptor. Dicha zona será establecida caso a caso por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante o por la Dirección General de Aguas según corresponda, mediante resolución fundada”. En base a esta información, los puntos de muestreo para zona de baño en aguas continentales serán establecidos fuera de la zona de dilución de los contaminantes.

Para el caso de aguas marinas y estuarinas, la norma primaria, D.S. N° 144, no establece esta restricción, por lo que la información de fuentes de emisión fue considerada como relevante para la definición de puntos de muestreo, en el caso de que los contaminantes llegasen a los balnearios. En todo caso, tanto para el caso de aguas marinas y estuarinas como para aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo, se revisó información bibliográfica de las fuentes de emisión al medio hídrico.

Para determinar los puntos de muestreo en el Golfo de Arauco se utilizaron los shapfiles de fuentes de emisión de contaminación fijas y difusas generadas para el informe “Actualización de la información disponible y propuesta de monitoreo para el diseño de la Norma Secundaria De Calidad Ambiental para el Golfo de Arauco” realizado por HOLON-MMA (2020) en conformidad a la Resolución Exenta N° 0323/2020, del Ministerio del Medio Ambiente y que fueron proporcionados por el mandante del proyecto. En este caso el tipo de emisión de fuentes fijas (RILes) se encuentran clasificados según las siguientes categorías:

- Industria petroquímica
- Papelera
- Fábrica de alimentos
- Procesadora de recursos pesqueros
- Termoeléctrica
- Celulosa
- Plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS)

Para el caso de la bahía de Quintero, una zona donde se ha permitido la instalación de industrias desde el 1954, se han identificado los siguientes establecimientos emisores: Emisario submarino de ESVAL en Quintero, Terminal Marítimo COPEC, Terminal Marítimo GNL Quintero, Terminal Marítimo ENAP, Terminal Marítimo OXIQUM, Planta GASMAR, Fundición y Refinería Ventanas de CODELCO, AES Andes Molienda de Cemento Melón S.A., Acopio de Carbón CATAMOTUM, Puerto Ventanas. Gran parte de estas se encuentran ubicadas en el mismo borde costero y concentradas en tan solo 4 km de costa,

convirtiendo esta bahía en un área de alta concentración de industrias”. Además, la zona urbana y centros poblados rurales ejercen una presión constante sobre las zonas costeras, encontrándose balnearios muy conocidos en la región de Valparaíso como Loncura, Albatros y Ventanas, extensas playas muy concurridas en épocas estivales, las cuales son colindantes con la zona industrial y Portuaria, expuestas a cualquier tipo de episodios críticos.

Una vez establecidos los criterios para localizar los puntos de monitoreo, se revisaron metodologías que ayudaran a establecer sitios apropiados de muestreo y cantidad de puntos de muestreo, primero se calcula la capacidad de carga física de una playa (CCF), “Es el límite máximo de visitas que se pueden hacer al sitio durante un día. Está dada por la relación entre factores de visita (horario y tiempo de visita), el espacio disponible y la necesidad de espacio por visitante” (Cifuentes et al., 1999).

En donde:

$$CCF = \frac{S}{sp} \times NV$$

S: Superficie disponible m²

Sp: Superficie usada por personas = 4 m²

NV: Número de veces que el sitio puede ser visitado por la misma persona en un día

La superficie usada por persona se aumentó al doble (de 2 a 4 m²) para representar un mayor distanciamiento físico entre personas y así poder representar corredores por los cuales los bañistas circulan en los balnearios. Para el NV se consideró como una constante y se le dio el valor de 1, asumiendo que las personas una vez que visitan el balneario se quedan en este.

Para calcular el número de puntos a muestrear se analizó la fórmula que aparece en la minuta “Programa de Vigilancia Norma Primaria de Calidad Agua Apta para Actividades Recreacionales con Contacto Directo” de la Seremi de Salud de la Región de Valparaíso”, en la cual, en el punto “Análisis estadístico para la determinación del tamaño de puntos de muestra de agua aptas para actividades de recreación con contacto directo”, se da la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{a^2 \times N}{d^2 + a^2}$$

$$\text{Donde } a = \frac{Z \times \sqrt{p \times (1 - p)}}{\sqrt{N - 1}}$$

Donde:

N: Tamaño de la población.

d: Error de estimación.

P: Estimador puntual.

Una vez probada esta fórmula, esta se desechó ya que los valores dados como resultados son muy altos, para un balneario con una capacidad de carga (N) de 2.011 personas, el n al 0,01 da 1.067 puntos de muestreos y para el 0,1 da 204 puntos de muestreo (**Tabla 3**).

Tabla 3 Estimación del número de muestras de acuerdo al Programa de Vigilancia Norma Primaria de Calidad Agua Apta para Actividades Recreacionales con Contacto Directo

N	d ²	Z;0,05	p	a	n
2.011	0,01	1,96	0,5	0,1062959	1.067
2.011	0,05	1,96	0,5	0,1062959	371
2.011	0,1	1,96	0,5	0,1062959	204

Además, se consultó el “Manual Operativo: Monitoreo de agua de contacto primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce”, de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2019), de la Secretaría de Salud de los Estados Unidos Mexicanos. *En playas con extensiones mayores a 500 m, se deberá definir al menos un punto de muestreo por cada 500 m, abarcando toda el área utilizada por los bañistas.*

Con los antecedentes antes expuestos, se decidió por una combinación de las metodologías para establecer los puntos de muestreo en los balnearios. De esta forma en los balnearios que estén cercanos a áreas industriales, a descargas de PTAS o junto a urbanos, se definirán los puntos de muestreo cada 200 metros de distancia, en el caso que los balnearios se encuentren más aislados, esta distancia entre puntos podrá aumentar. Si se presenta un balneario con dimensiones menores a los 200 m, se podrá designar un solo punto de muestreo.

Esta menor distancia entre puntos, se debe a que el área de estudio pertenece a una zona PRAS (Programa Para la Recuperación Ambiental y Social), es decir es una zona de alto riesgo ambiental, ya que en sus territorios se emplazan distintas industrias, las que ejercen una constante presión ambiental en esta.

4.2.5 Determinación de los puntos a muestrear para propuesta reducida

La determinación de esta nueva propuesta reducida de puntos de muestreo, surge en base a los talleres realizados con profesionales de las distintas SEREMIS de Salud y Medio Ambiente, de las regiones atingentes, quienes demuestran su preocupación por el alto número de puntos y la frecuencia de muestreo de estos, la cual ven complejo poder cumplir debido a la operatividad y logística requerida. Por lo cual el Ministerio del Medio Ambiente solicitó presentar una propuesta reducida de puntos a muestrear sobre los territorios objetivos.

Para realizar esta nueva propuesta se debe considerar que cada área de vigilancia, como mínimo, debe contar con un punto de muestreo, para su ubicación se tomaron algunos de

los puntos ya propuestos, pero su densidad varía según la intervención antrópica que presente cada balneario.

4.3 Estaciones que conforman la(s) red(es) de monitoreo tanto para la red de control como la de observación

Las estaciones, o puntos de monitoreo para la red de control y para la red de observación se determinaron de acuerdo a los resultados del punto 4.2. Los puntos se entregan tabulados indicando el área PRAS, la cuenca y las coordenadas geográficas en UTM WGS 84 Huso 19 Sur.

Para los efectos de la red de monitoreo se debe tener presente el Decreto Supremo N° 143/2008 MINSEGPRES, establece que no deberá verificarse el cumplimiento de las normas de calidad primarias dentro de la zona de dilución de los residuos líquidos, definida ésta en la misma Resolución como el volumen o zona donde se produce la dilución de una descarga de residuos líquidos a un cuerpo receptor. La mencionada normativa dispone además que dicha zona será establecida caso a caso por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante o por la Dirección General de Aguas según corresponda, mediante resolución fundada.

En el caso del río Huasco, se consultó por transparencia a la DGA acerca de la determinación de zonas de dilución de los residuos líquidos en la cuenca del río Huasco y en cualquier otra cuenca del país, a lo cual dicha Repartición respondió que a la fecha ese organismo no ha emitido resoluciones mediante las cuales haya determinado zonas de dilución de residuos líquidos en aguas continentales del país.

En el caso del Golfo de Arauco y Quintero Puchuncaví, la misma consulta por la misma vía se hizo a la Dirección General de Territorio Marítimo y Mercante, a lo que la autoridad respondió que la Institución no ha emitido informes técnicos ni resoluciones sobre "Zona de dilución de residuos líquidos", en las zonas PRAS de Coronel, bahía de Quintero - Puchuncaví y borde costero de la comuna de Huasco.

Se adjunta [ANEXO 03](#) con las consultas y respuestas a ambos organismos.

Para la red de Observación, los puntos de muestreo se seleccionaron desde los puntos de control, es decir, estos cumplirán ambas funciones de control como de observación, y su cantidad está determinada por las condiciones que presenta cada área de vigilancia.

4.4 Parámetros que serán objeto de monitoreo, por cada estación

El Programa de Vigilancia de la calidad del agua del cuerpo normado comprende dos redes de medición (CENMA – MMA, 2010):

a) Red oficial de control, que permitirá evaluar el grado de cumplimiento de las normas y estará a cargo de las autoridades competentes según el tipo de norma (primaria o secundaria) y tipo de cuerpo de agua. La Red Oficial de Control será definida por las autoridades responsables de velar por la calidad del agua, según corresponda. En esta red se seleccionarán las estaciones de monitoreo a controlar a partir de las estaciones de monitoreo utilizadas al momento de la formulación de la norma.

b) Red de Observación o Red No oficial, que permitirá diagnosticar (evaluar) otras condiciones necesarias para la gestión de la calidad del agua, en particular para un nuevo proceso de revisión de la norma. A través de esta Red se podrán incorporar, al Programa de Vigilancia, otros monitoreos necesarios para evaluar de manera integral la calidad del agua y definir su gestión, en virtud de las competencias generales de la autoridad en torno a la protección del recurso hídrico en extenso.

Los parámetros que serán objeto de monitoreo fueron analizados de acuerdo a si serán considerados dentro de la red de control, o de la red de observación.

4.4.1 Identificación de la calidad ambiental para la red de control

En primer lugar, se revisaron los parámetros que definen las “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°143/2008 MINSEGPRES) y “Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°144/2008 MINSEGPRES) según correspondiera para cada zona de baño (**Tabla 4** y **Tabla 5**), entendiéndose por actividad de recreación con contacto directo como toda actividad de recreación en la cual el cuerpo humano está en contacto directo con el agua.

Tabla 4 Percentil y valor máximo anual permitido para cada compuesto o elemento en el DS N°143/2008 MINSEGPRES que pueden afectar la salud humana.

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Color	Escala Pt-Co	80	100
pH	Unidad de pH	95	6,0 - 8,5 ⁽¹⁾
Cianuro	mg/L	95	0,77
Bifenilos policlorados (PCBs)	mg/L	90	0,0055
Diclorometano	mg/L	90	0,22
Benzo (a) pireno	mg/L	90	0,0022
Tetracloruro de carbono	mg/L	90	0,022
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	mg/L	90	0,33
Aldrín* y Dieldrín*	mg/L	80	0,00033
Atrazina	mg/L	90	0,022

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Carbofurano	mg/L	90	0,055
Clordano *	mg/L	80	0,0022
Clorotalonil	mg/L	90	1,21
Cyanazina	mg/L	90	0,0066
Heptaclor *	mg/L	80	0,00033
Lindano *	mg/L	80	0,022
Simazina	mg/L	90	0,022
Trifluralina	mg/L	90	0,22
Arsénico	mg/L	95	0,11
Cadmio	mg/L	95	0,033
Cromo Total	mg/L	95	0,55
Mercurio	mg/L	95	0,011
Plomo	mg/L	95	0,11
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	100	1.000

⁽¹⁾ El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

(*) Plaguicidas prohibidos por el SAG

Fuente: DS N°143/2008 MINSEGPRES

Tabla 5 Percentil y valor máximo permitido para los compuestos o elementos considerados en el DS N°144/2008 MINSEGPRES que pueden afectar la salud humana.

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Color	Escala Pt-Co	80	100
pH	Unidad de pH	95	6,0 - 8,5(*)
Cianuro	mg/L	95	0,77
Arsénico	mg/L	95	0,11
Cadmio	mg/L	95	0,033
Cromo	mg/L	95	0,55
Mercurio	mg/L	95	0,011

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Plomo	mg/L	95	0,11
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	100	1.000

(*): El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

Los valores anuales aquí expresados están referidos a concentraciones o unidades totales, según corresponda.

Fuente: DS N°144/2008 MINSEGPRES

Luego se realizó una revisión bibliográfica para buscar reportes de los parámetros normados, los que fueron comparados con los valores anuales establecidos que están permitidos, los niveles que determinan situaciones de emergencia ambiental y los valores de excedencia permitidos para cada una de las normas y para cada área PRAS analizada. Cabe mencionar que esta revisión fue de manera referencial ya que los puntos de muestreo no coinciden necesariamente con los balnearios aptos para baño de las zonas estudiadas. Además, estas bases de datos corresponden a Programas de Seguimiento Ambiental (PSA), Programas de Vigilancia Ambiental (PVA), al Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) y estudios de ambientales que no se relacionan con las Normas de Calidad Primaria para protección de aguas utilizadas en actividades de recreación con contacto directo. Específicamente, para el área de Quintero- Puchuncaví se revisó la base de datos entregada por el Ministerio del Medio Ambiente que incluye datos de:

- El Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL).
- Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) de distintas Unidades Fiscalizables (UF) recopilada y sistematizada previamente por Holon-MMA (2019).
- El set de datos incluidos en el monitoreo realizado en el marco del estudio Análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en el aire, suelo y agua, en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví (CEA-MMA, 2013).

Para la revisión de esta base de datos se filtraron los datos de RILES para utilizar solamente aquellos medidos en la matriz agua de mar. Posteriormente se filtraron los parámetros que no aparecen normados en el decreto 144/2008 de MINSEGPRES y para los que sí están normados se filtró de acuerdo al valor mínimo o máximo anual establecidos en el mencionado decreto supremo.

Para el caso del Golfo de Arauco se revisó el siguiente documento y bases de datos anexas:

- Holon – MMA. 2020. Actualización de la información disponible y propuesta de monitoreo para el diseño de la Norma Secundaria De Calidad Ambiental para el Golfo de Arauco. Resolución Exenta N° 0323/2020, del Ministerio del Medio Ambiente.
- González, R., N. Pino & I. Rueda. “Sin fecha”. Proyecto colaborativo: Mapa de riesgo microbiológico de la Bahía de Coronel y cursos de agua dulce (potencial áreas verdes).

Para el caso de la cuenca del río Huasco y borde costero de la comuna de Huasco se revisó el siguiente documento y sus anexos:

- INIA-MMA. 2019. Análisis Integral de calidad de agua para el aseguramiento de la competitividad del sector social y productivo y la sustentabilidad de ecosistemas acuáticos, en el marco de elaboración de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de las aguas superficiales de la cuenca del río Huasco. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

Para el caso de playas marinas o estuarinas para el borde costero de la comuna de Huasco, las únicas playas señaladas por DIRECTEMAR como aptas para baño son Playa Grande y Tres Playitas, mientras que la Municipalidad de Huasco señala a la playa Carrizal Bajo. Para estos casos se buscó información de presencia de proyectos en el SEA² que presentaran mediciones de parámetros de calidad de agua en estas. Para el caso de Playa Grande se consideró la estación de monitoreo de calidad de aguas de la DGA³ ubicada en el río Huasco, aguas arriba de la desembocadura. Adicionalmente, se analizó la base de datos del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL Huasco) disponible para el periodo 1999 – 2019⁴.

A partir de esta información se identificaron aquellos puntos de monitoreo donde se detectaron parámetros que sobrepasaban los valores indicados en las respectivas normas primarias D.S. 143/2008 y D.S. 144/2008, ambas de MINSEGPRES. Estos datos fueron tabulados y se encuentran disponibles en el [ANEXO 01](#), en el cual se entrega la información en hojas diferenciadas para cada área PRAS según la Norma Primaria correspondiente. En las tablas se indica, cuando estuvo disponible, la siguiente información:

- El parámetro que sobrepasa la norma primaria respectiva
- La fuente emisora o unidad fiscalizable que informa el dato
- El punto de muestreo
- Ubicación de referencia
- Cuenca (en el caso de Huasco)
- La zona muestreada (submareal o intermareal)
- Profundidad
- Las coordenadas geográficas
- Estación del año
- La fecha (o año) del muestreo
- La referencia bibliográfica que señala la información
- Observaciones
- La diferencia entre los valores reportados fuera de norma con, según correspondió, los valores mínimos y máximos anuales permitidos (**Tabla 4** y **Tabla 5**), los niveles que determinan situaciones de emergencia ambiental (**Tabla 6** y **Tabla 7**) y los valores de excedencia permitidos (**Tabla 43** y **Tabla 44**) para cada una de las normas y para cada área PRAS analizada.

Los valores establecidos en el DS 143/2008 (MINSEGPRES) para aguas continentales y la norma primaria D.S. N° 144/2008 (MINSEGPRES), para aguas marinas y estuarinas, para los casos de situación de emergencia ambiental o emergencia como episodio de contaminación durante el cual los niveles de calidad ambiental presentes en un periodo

² <https://www.sea.gob.cl/> Visitado el 25-07-2021

³ <https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>. Visitado el 29-07-2021.

⁴ https://www.directemar.cl/directemar/site/tax/port/fid_adjunto/taxport_43_143_369_1.html.

determinado de tiempo producen riesgo inminente de efectos agudos en la salud de las personas se muestran en la **Tabla 6** y la **Tabla 7**.

Tabla 6 Unidad y nivel de emergencia diario permitido para los compuestos o elementos considerados en el DS N°144/2008 MINSEGPRES que pueden afectar la salud humana.

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO
Color	Escala Pt-Co	200
pH	Unidad de pH	5,5 - 9,0 (*)
Cianuro	mg/L	1,2
Arsénico	mg/L	0,2
Cadmio	mg/L	0,1
Cromo	mg/L	1
Mercurio	mg/L	0,071
Plomo	mg/L	0,36
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	> 1.000

(*): El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

Los valores anuales aquí expresados están referidos a concentraciones o unidades totales, según corresponda.

Fuente: DS N°144/2008 MINSEGPRES

Tabla 7 Unidad y nivel de emergencia diario permitido para los compuestos o elementos considerados en el DS N°143/2008 MINSEGPRES que pueden afectar la salud humana.

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO
Color	Escala Pt-Co	200
pH	Unidad de pH	5,5 - 9,0 ⁽¹⁾
Cianuro	mg/L	1,2
Bifenilos policlorados (PCBs)	mg/L	0,005
Diclorometano	mg/L	0,6
Benzo (a) pireno	mg/L	0,06
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,071
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	mg/L	1

COMPUESTOS O ELEMENTO	UNIDAD	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO
Aldrín* y Dieldrín*	mg/L	0,01
Atrazina	mg/L	0,05
Carbofurano	mg/L	0,167
Clordano *	mg/L	0,05
Clorotalonil	mg/L	3
Cyanazina	mg/L	0,02
Heptaclor *	mg/L	0,01
Lindano *	mg/L	0,5
Simazina	mg/L	0,052
Trifluralina	mg/L	0,75
Arsénico	mg/L	0,2
Cadmio	mg/L	0,1
Cromo Total	mg/L	1
Mercurio	mg/L	0,071
Plomo	mg/L	0,036
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	>1.000

⁽¹⁾ El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

(*) Plaguicidas prohibidos por el SAG

Fuente: DS N°143/2008 MINSEGPRES

Luego, se posicionaron los datos en formato kmz y se analizó si el punto quedaba dentro o cercano a algún balneario, ya sea playa apta para baño, en el caso de aguas marinas y estuarinas, o balnearios señalados por las autoridades en el caso de aguas continentales.

Esta información también constituyó la base para identificar información relevante para sugerir aumento en la frecuencia del monitoreo en algunos casos.

4.4.2 Identificación de la calidad ambiental para la red de observación

Se revisaron documentos técnicos y científicos nacionales e internacionales, incluyendo normas/guías primarias internacionales que sirvieron para buscar parámetros que afectan a la salud humana y que no están siendo medidos o normados en Chile, tales como microorganismos, toxinas de microalgas, hidrocarburos y algunos metales.

Dentro de la documentación nacional y extranjera revisada se encuentran los siguientes:

- Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.
- European Environmental Agency, EEA. (2020). Bathing water management in Europe: Successes and challenges. EEA Report No 11/2020. ISSN 1977-8449.
- Health Canada. 2012. Guidelines for Canadian Recreational Water Quality, Third Edition. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. (Catalogue No H129-15/2012E). <http://www.healthcanada.gc.ca/>
- National Health and Medical Research Council. 2019. Guidance on Per and Polyfluoroalkyl (PFAS) in Recreational Water. Canberra.
- National Health and Medical Research Council. 2008. Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. Commonwealth of Australia.
- Unión Europea (UE). 2014. Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.
- World Health Organization. 2021. Guidelines on recreational water quality. Volume 1. Coastal and Fresh Waters. 164 pp. ISBN 978-92-4-003130-2 (electronic version).
- World Health Organization. 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters.
- World Health Organization. 2009. Addendum to Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Vol 1.
- https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/standards_and_regulations_for_exposure.html

La Directiva relativa a las aguas de baño de la Unión Europea tiene por objeto la mejora de la protección de la salud pública y el medio ambiente mediante el establecimiento de disposiciones de control y clasificación (en cuatro categorías) de las aguas de baño y la información al público al respecto. Durante la temporada de baño, los Estados miembros han de tomar muestras del agua de baño y evaluar la concentración de al menos dos bacterias concretas una vez al mes en cada zona de aguas de baño. Tienen que informar al público a través de «perfiles de aguas de baño» que contengan, por ejemplo, información relativa al tipo de contaminación y las fuentes que afectan a la calidad de las aguas de baño. Se informa al público de la clasificación de las aguas de baño y de toda prohibición que afecte a este mediante un símbolo normalizado. La Comisión y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) publican un informe resumido anual sobre la calidad de las aguas de baño⁵.

⁵ <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/74/la-proteccion-y-la-gestion-de-las-aguas>

La Organización Mundial de la Salud en su publicación “Guidelines on recreational water quality, volumen 1. Coastal and Fresh Waters” (WHO, 2021) proporciona una guía basada en la salud para establecer estándares nacionales de calidad del agua e implementar la gestión preventiva de riesgos a nivel local. Entre otros aspectos, aborda peligros generados por organismos acuáticos, la contaminación fecal, microorganismos de vida libre, las algas de agua dulce, las algas marinas y los aspectos químicos. Describe las opciones de prevención y gestión para responder a los peligros identificados.

Posteriormente se revisó la información bibliográfica de las áreas PRAS mencionadas en el punto 4.4.1. para determinar si existen registros de parámetros que no estén considerado en las normas primarias, pero que puedan afectar la salud humana y, se contrastaron con normas /guías primarias internacionales. Encontrándose solamente registros para los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en conjunto o según las categorías mostradas en la **Tabla 32**. Aquellos valores que fueron superiores a los valores de referencia establecidos por la Environmental Protection Agency’s para los HABs fueron tabulados y se presentan en el [ANEXO 12](#).

4.4.3 Identificación de las metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de control

Las metodologías analíticas para medir cada parámetro se describen para aguas continentales y para aguas marinas y estuarinas.

4.4.3.1 Aguas continentales

Los métodos analíticos, son sugeridos, según el caso de acuerdo a lo señalado en el DS 143/2008. Al ser enfocado este Decreto en regulación de aguas superficiales y continentales, las muestras analizadas no tendrán la necesidad de realizar el pretratamiento ya que corresponderán a muestras de agua con matrices más simples, debido a su naturaleza.

Tabla 8 Metodologías analíticas sugeridas para la evaluación de parámetros establecidos en DS N°143/2008 MINSEGPRES.

Parámetro	Método Analítico
Color	2120C: Spectrophotometric Single wavelength method. SM ed. 23, 2017.
pH	4500-H B: Electrometric method. SM Ed.23, 2017
Cianuro	4500 CN E: Colorimetric method. SM Ed.23, 2017
Arsénico	3500-As B: Silver Diethyldithiocarbamate Method. 3114 B. B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017
Cadmio	3113 B: Direct Air- Acetylene flame method by Atomic Absorption. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry.SM Ed.23, 2017
Cromo Total	3500-Cr C: Ion Chromatographic Method

Parámetro	Método Analítico
	3113 B: Direct Air– Acetylene flame method by Atomic Absorption. SM Ed.23, 2017
Mercurio	3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA). 3112 B: Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry (ICP/MS) Method. SM Ed.23, 2017
Plomo	3113 B: Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method. 3125 B: Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICO/MS) Method. SM Ed.23, 2017
Coliformes fecales (NMP)	9221: Membrane filter Technique for Members of the Coliform Group. SM Ed.23, 2017
Bifenilos policlorados (PCBs)	6431C Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017
Diclorometano	6200 B: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method. 6200 C: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic Method. SM Ed.23, 2017
Benzo (a) pireno	6640B: Micro Liquid-liquid extraction gas chromatographic method. SM Ed.23, 2017.
Tetracloruro de carbono	6200 B: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method. 6200 C: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic Method. SM Ed.23, 2017.
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	6640B. Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method. Ed.23, 2017.
Pesticidas organoclorados (Aldrín, Lindano, Heptaclor, Dieldrín, Captán, DDT, Clordano, Paration, Trifluralina)	6630B. Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method. 6630C. Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method II. 6630D. Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017.
Clortaloni	Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007
Cyanazina	Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007

Parámetro	Método Analítico
Simazina	Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007
Clordano	6630B: Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method I. 6630C: Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method II. SM Ed.23, 2017
Atrazina	Method 619: The Determination of Triazine Pesticides in Municipal and Industrial Wastewater EPA Method 619, 1992
Carbofurano	6610B: High-performance liquid chromatographic methods. SM Ed.23, 2017.

Nota: Parámetros regulados en DS 143/2008.

4.4.3.2 Aguas marinas y estuarinas

La metodología analítica indicada, se realizó de acuerdo con las sugerencias del artículo N° 14 del DS 144/2008, que menciona que “el análisis de los compuestos o elementos incluidos en estas normas podrá efectuarse de acuerdo con los métodos analíticos que se indican a continuación, o sus versiones actualizadas, y los resultados deberán referirse a valores totales según corresponda”, donde se realizó una actualización, referenciando últimas versiones de estándares mencionados por el decreto.

Tabla 9 Metodologías analíticas sugeridas para la evaluación de parámetros establecidos en DS N°144/2008 MINSEGPRES.

Parámetro	Método Analítico
Color	2120C: Spectrophotometric Single wavelength method. SM ed. 23, 2017.
pH	4500-H B: Electrometric method. SM Ed.23, 2017.
Cianuro	4500 CN E: Colorimetric method. SM Ed.23, 2017.
Arsénico	3500-As B: Silver Diethyldithiocarbamate Method. 3114 B. B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017.
Cadmio	3113 B: Direct Air– Acetylene flame method by Atomic Absorption. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry. SM Ed.23, 2017.
Cromo Total	3500-Cr C: Ion Chromatographic Method 3113 B: Direct Air– Acetylene flame method by Atomic Absorption. SM Ed.23, 2017.
Mercurio	3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA). 3112 B: Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry (ICP/MS) Method.

Parámetro	Método Analítico
	SM Ed.23, 2017.
Plomo	3113 B: Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method. 3125 B: Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method. SM Ed.23, 2017.
Coliformes fecales (NMP)	9221: Membrane filter Technique for Members of the Coliform Group.SM Ed.23, 2017.

Se prestó especial atención a los análisis referidos a Standard Methods (SM) publicado por la APHA, AW y WEF, los cuales son procedimientos analíticos desarrollados principalmente para aguas dulces y aguas residuales, y, por lo tanto, no deberían ser extrapolados directamente a la matriz marina sin una previa validación de ellos, ya que el agua de mar es, desde el punto de vista analítico, una matriz extremadamente compleja que contiene una gran cantidad de interferentes (dependiendo de la salinidad). Por lo tanto, utilizar los métodos SM no es lo más adecuado sin previamente ejecutar un exhaustivo procedimiento que elimine los interferentes que el agua de mar presenta, verificación de los porcentajes de recuperación y límites de cuantificación acordes con las concentraciones presentes en aguas marinas, la cual presenta muchos elementos orgánicos e inorgánicos a nivel de traza y ultra traza (HOLON-MMA, 2020).

4.4.4 Identificación de las metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de observación

Para determinar las metodologías de análisis de organismos causantes de contaminación fecal y de *Escherichia coli* se utilizaron las recomendaciones de WHO (2003; 2009; 2021). Para la determinación de fitoplancton y cianobacterias, incluyendo identificación taxonómica, abundancia de células, biovolumen, concentración de clorofila-a y cianotoxinas se siguieron las recomendaciones de UNESCO (2009) y Almanza *et al.*, (2016). Cabe señalar que las metodologías sugeridas son aplicables tanto para agua dulce como para agua de mar.

Para la identificación de metodologías analíticas para compuestos químicos en la red de observación en primera instancia se buscaron métodos determinados en Standard Methods edición 23, del año 2017, debido a que dichos estándares son los más citados en los DS143/2008 y DS 144/2008 DE MINSEGPRES, donde solamente se encontraron estándares analíticos para la detección de PAH. Al no encontrar metodologías asociadas para el resto de parámetros definidos, se prosiguió a buscar estándares propuestos por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA en sus siglas en inglés), encontrándose metodologías para las detecciones de PFOs, PFHxS y PFOA, correspondientes a la red de observación.

4.5 Criterios técnicos para determinar la representatividad de los muestreos en base a condiciones específicas de la cuenca, área de vigilancia, o estación de monitoreo, si corresponde

4.5.1 Determinación de las metodologías de muestreo para la red de control

Para la determinación de las metodologías de muestreo más adecuadas para cada parámetro y matriz de agua se revisaron los métodos establecidos en las correspondientes normas primarias y se contrastaron con la revisión bibliográfica a fin de actualizar los casos donde fuera necesario. Las referencias bibliográficas analizadas fueron:

- Atlantic Regions' Coastal Pollution Response. 2011. Guía para la toma de muestras de vertidos en el mar.
- National Health and Medical Research Council. 2008. Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. Commonwealth of Australia.
- NCh 411/3. of 96. Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras. D.S. N° 501 de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.
- SEREMI Salud Valparaíso. 2008. Programa monitoreo aguas de uso recreativo. Región de Valparaíso. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud.
- World Health Organization. 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters.

4.5.1.1 Aguas continentales

Para las aguas continentales los métodos de muestreo son sugeridos de acuerdo a los parámetros, compuestos o elementos a monitorear, y de la revisión de los métodos de muestreo establecidos en la norma chilena oficial D.S 143/2008 (MINSEGPRES) (**Tabla 10**). Sin embargo, también se revisó la vigencia de estos métodos y la literatura internacional para buscar la existencia de métodos actualizados.

Tabla 10 Normas chilenas establecidas que indican los métodos de muestreo de parámetros de calidad de agua.

IDENTIFICACIÓN	TÍTULO DE LA NORMA
NCh411/1.Of. 96. DS. N° 501 de 1996, de Obras Públicas.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
NCh411/2.Of. 96. DS. N° 501 de 1996, de Obras Públicas.	Calidad del agua -Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh411/4. Of. 97. DS. N° 47 de 1997 de Obras Públicas.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.
NCh411/6. Of. 98. DS. N° 84 de 1988 de	Calidad del agua - Muestreo - Parte 6: Guía

IDENTIFICACIÓN	TÍTULO DE LA NORMA
Obras Públicas.	para el muestreo de ríos y cursos de agua.

Fuente: DS N°143/2008 MINSEGPRES

4.5.1.2 Aguas marinas y estuarinas

Para el caso de aguas marinas y estuarinas los métodos de muestreo son sugeridos de acuerdo con los parámetros, compuestos o elementos a monitorear, y de acuerdo con los métodos de muestreo establecidos en las normas chilenas oficiales (**Tabla 11**). Sin embargo, también se revisó la vigencia de estos métodos y la literatura internacional para buscar la existencia de métodos actualizados.

Tabla 11 Normas chilenas establecidas que indican los métodos de muestreo de parámetros de calidad de agua.

IDENTIFICACIÓN	TÍTULO DE LA NORMA
NCh411/1.Of. 96. DS. N° 501 de 1996, de Obras Públicas	Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
NCh411/2.Of. 96. DS. N° 501 de 1996, de Obras Públicas	Calidad del agua -Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh411/9.Of. 97.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas.

Fuente: DS N°144/2008 MINSEGPRES

4.5.2 Determinación de las metodologías de muestreo para la red de observación

Para este ítem se revisaron los siguientes documentos nacionales e internacionales:

- Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

- UNESCO, 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Montevideo, Uruguay. 94 pp.

- Unión Europea (UE) 2014.Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.

4.5.3 Determinación de las condiciones de preservación de las muestras para la red de control

Las condiciones de preservación y manejo de las muestras, para cada caso de elemento o compuesto a analizar y según la necesidad de tomar la muestra en cada zona, son sugeridas de acuerdo a lo estipulado en el artículo N° 12 del DS 143/2008:

1. NCh 411/3. of 96. Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras. D.S. N° 501 de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.

2. APHA/AWWA/WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

Además, se revisaron los siguientes documentos:

- Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

- SEREMI Salud Valparaíso. 2008. Programa monitoreo aguas de uso recreativo. Región de Valparaíso. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud.

4.5.4 Determinación de las condiciones de preservación de las muestras para la red de observación

Para determinar las condiciones de preservación de las muestras de parámetros que no se encuentran en las normas primarias pero que de acuerdo a la experiencia internacional constituyen un riesgo para la salud se revisaron los siguientes documentos:

- Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. 2016. Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

- UNESCO. 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Montevideo, Uruguay. 94 pp.

- Unión Europea (UE). 2014. Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.

4.5.5 Determinación de los criterios de validación del resultado del monitoreo

Para abordar este objetivo se buscó información en fuentes nacionales e internacionales sobre los métodos para asegurar un monitoreo que arroje resultados confiables. Las fuentes utilizadas fueron:

- APHA/AWWA/WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

- Pritt, J.W. and J.W. Raese. 1992. Quality assurance/quality control manual. National Water Quality Laboratory. U.S. Geological Survey. Denver, Colorado.

4.5.6 Determinación de los criterios para intensificar el monitoreo

Puesto que las Normas de Calidad Primaria para aguas continentales superficiales (DS 143/2008) y aguas marinas y estuarinas (DS 144/2008) aptas para actividades de recreación con contacto directo no establecen criterios para intensificar el monitoreo, se revisó la existencia de información en la literatura nacional e internacional con fines de obtener una orientación para efectos sanitarios, no normativos tanto para la red de observación como para la red de control. Los documentos analizados que contenían información al respecto fueron la Minuta técnica Programa de vigilancia norma primaria de calidad agua apta para actividades recreacionales con contacto directo de la SEREMÍA de Valparaíso, WHO, (2009, 2021) y la Unión Europea (UE, 2014).

4.6 Frecuencia mínima del monitoreo, por estación, parámetros y profundidades de medición en la columna de agua, así como estacionalidad de las mediciones, cuando corresponda

4.6.1 Determinación de la frecuencia mínima de muestreo para red de control

Las frecuencias mínimas de los monitoreos a realizarse durante el año y en temporada de baño tienen en consideración las exigencias del DS 144/2008 y DS 143/2008 de MINSEGPRES además de la temporada de baño, la densidad media de bañistas, la ubicación espacial de los puntos de muestreo. Sin embargo, se realizó un análisis caso a caso para determinar la frecuencia mínima de muestreo sugerida para la red de control. Para ello se consideraron características de cada zona de baño, como la calidad ambiental histórica, es decir, la existencia de registros de valores de los elementos o compuestos que han excedido la respectiva norma de calidad ambiental, la existencia de fuentes de contaminación puntuales y difusas, la cercanía a zonas pobladas y la cantidad de puntos de muestreo para contar con un número adecuado para el cálculo de percentiles (WHO, 2003; 2009; 2021). Además, se consideraron diferencias en la frecuencia de muestreo de acuerdo a si se trata de temporada de baño o no.

Para fines de caracterizar de mejor forma las áreas de baño o uso recreacional, se analizó la conectividad o cercanía de los balnearios, determinando la necesidad de ser considerados como una sola área de muestreo ([ANEXO 10](#)), en tales situaciones los puntos de muestreos son considerados representativos y réplicas del área de muestreo y no únicamente del balneario como unidad aislada, de este modo, se pudo evitar proponer una frecuencia de monitoreo demasiado alta.

La temporada de baño fue determinada de acuerdo a lo informado por la Armada de Chile, DIRECTEMAR ([ANEXO 08](#)).

Se compararon las frecuencias mínimas de monitoreo resultantes con aquellas sugeridas en el DS 144/2008 y DS 143/20008 (**Tabla 12** y **Tabla 13**) a fin de acordar con la contraparte la pertinencia de cada una para ser incorporadas en las minutas técnicas.

Tabla 12 Frecuencia de monitoreo sugeridas en el DS 143/2008 de MINSEGPRES para aguas continentales superficiales.

COMPUESTOS O ELEMENTO	FRECUENCIA DE MONITOREO MÍNIMA ANUAL	FRECUENCIA DE MONITOREO MÍNIMA EN ÉPOCA DE BAÑO
Color	1 vez cada 3 meses	1 vez cada 15 días
pH	1 vez al mes	1 vez por semana
Cianuro	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Bifenilos policlorados (PCBs)	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Diclorometano	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Benzo (a) pireno	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Tetracloruro de carbono	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Aldrín* y Dieldrín*	1 vez cada 6 meses	1 vez por temporada
Atrazina	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Carbofurano	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Clordano *	1 vez cada 6 meses	1 vez por temporada
Clorotalonil	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Cyanazina	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Heptaclor *	1 vez cada 6 meses	1 vez por temporada
Lindano *	1 vez cada 6 meses	1 vez por temporada
Simazina	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Trifluralina	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Arsénico	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Cadmio	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Cromo Total	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Mercurio	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada

COMPUESTOS O ELEMENTO	FRECUENCIA DE MONITOREO MÍNIMA ANUAL	FRECUENCIA DE MONITOREO MÍNIMA EN ÉPOCA DE BAÑO
Plomo	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1 vez al mes	1 vez por semana

Tabla 13 Frecuencia de monitoreo sugeridas en el DS 144/2008 de MINSEGPRES para aguas marinas y estuarinas.

COMPUESTOS O ELEMENTO	FRECUENCIA DE MONITOREO MÍNIMA ANUAL	FRECUENCIA DE MONITOREO MÍNIMA EN ÉPOCA DE BAÑO
Color	1 vez cada 3 meses	1 vez cada 15 días
pH	1 vez al mes	1 vez por semana
Cianuro	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Arsénico	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Cadmio	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Cromo	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Mercurio	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Plomo	1 vez cada 3 meses	1 vez por temporada
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1 vez al mes	1 vez por temporada

4.6.2 Determinación de la frecuencia mínima de muestreo para la red de control reducida

Con el objetivo de presentar una propuesta reducida de la cantidad de muestras anuales que se deberán recolectar para cada compuesto o elemento normado en los DS 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES (**Tabla 12** y **Tabla 13**), se tomó en consideración las opiniones vertidas por los profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente durante los talleres de trabajo, así como la cantidad de puntos de muestreos reducidos para determinar la necesidad de reducir la frecuencia mínima de muestreo en cada área de vigilancia.

4.6.3 Frecuencia de monitoreo para red de observación

La frecuencia de monitoreo para la red de observación fue definida por parámetro y para ello se siguieron las recomendaciones de los siguientes documentos:

- Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

- Health Canada. 2012. Guidelines for Canadian Recreational Water Quality, Third Edition. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. (Catalogue No H129-15/2012E). <http://www.healthcanada.gc.ca/>

- National Health and Medical Research Council. 2008. Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. Commonwealth of Australia.

- Unión Europea (UE). 2014. Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.

- World Health Organization. 2021. Guidelines on recreational water quality. Volume 1. Coastal and Fresh Waters. 164 pp. ISBN 978-92-4-003130-2 (electronic version).

A partir de la cantidad de puntos de muestreo propuestos para la red de observación por área de vigilancia y la frecuencia de muestreo obtenidas a través del análisis bibliográfico se obtuvo la cantidad de muestras que serán obtenidas durante un año de medición.

4.7 Metodología y cálculo del volumen de agua de cada área de vigilancia en el cuerpo de agua, si corresponde

No aplica para este proyecto.

4.8 Fórmula del cálculo de concentraciones medias de parámetros controlados, por estación de monitoreo, si corresponde

No corresponde a esta consultoría.

4.9 Organismos responsables del muestreo y las mediciones

No corresponde a esta consultoría

4.10 Criterios técnicos para determinar latencia y saturación de la norma

Para abordar este objetivo se revisó lo establecido en la Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

4.11 Condiciones de cumplimiento de la norma para cada parámetro

Para abordar este objetivo se revisó lo establecido para el cumplimiento de las normas primarias de calidad de agua para la red de control en la Tabla 4 de las normas primarias 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES en la Ley 20.417 y Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (2021). Adicionalmente, se revisó el documento “Programa de apoyo para la elaboración y seguimiento de normas de calidad ambiental del agua. Guía técnica para la elaboración e implementación de programas de vigilancia de normas ambientales de calidad de agua” (CENMA-MMA, 2010).

4.11.1 Determinación del percentil y valor máximo permitidos

Para determinar el percentil y el valor máximo permitido de las concentraciones de los parámetros normados para cada zonas de baño y recreación se revisaron las “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°143/2008 MINSEGPRES) y las “Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo” (Decreto N°144/2008 MINSEGPRES).

4.11.2 Recomendaciones para la evaluación de parámetros para la red de observación

En forma adicional, para efectos de evaluar la condición de los contaminantes de la red de observación propuesta, se revisó la información nacional e internacional que presenta valores orientativos a tener en cuenta, aunque se debe recordar que las normas primarias no contemplan la evaluación de cumplimiento, de modo que la información recopilada es solamente referencial. Las referencias analizadas fueron las siguientes:

- Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant’Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

- European Environmental Agency, EEA. (2020). Bathing water management in Europe: Successes and challenges. EEA Report No 11/2020. ISSN 1977-8449.

- Health Canada. 2012. Guidelines for Canadian Recreational Water Quality, Third Edition. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. (Catalogue No H129-15/2012E). <http://www.healthcanada.gc.ca/>

- National Health and Medical Research Council. 2019. Guidance on Per and Polyfluoroalkyl (PFAS) in Recreational Water. Canberra.

- National Health and Medical Research Council. 2008. Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. Commonwealth of Australia.

- Unión Europea (UE). 2014. Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.

- World Health Organization. 2021. Guidelines on recreational water quality. Volume 1. Coastal and Fresh Waters. 164 pp. ISBN 978-92-4-003130-2 (electronic version).

- https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/standards_and_regulations_for_exposure.html

Las recomendaciones internacionales, incluyen los métodos numéricos y estadísticos para la determinación de bacterias derivadas de contaminación fecal (UE, 2014; WHO, 2021).

4.12 Talleres de trabajo con profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente donde se encuentran las áreas PRAS

Para abordar el objetivo b) de la consultoría “Validar lo requerido en el objetivo a) en base a reuniones de trabajo técnico con profesionales de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud y del Medio Ambiente de las regiones en donde se ubican las áreas de estudio”, se realizó una reunión de trabajo, vía remota, con las SEREMI de Salud y Medio Ambiente con cada área PRAS.

En las reuniones se presentaron los objetivos del estudio, así como los objetivos de las reuniones, los cuales fueron:

1.- Presentar las propuestas de:

- Ubicación y dimensión de balnearios
- Áreas de vigilancia
- Cantidad de puntos de muestreos
- Frecuencia de monitoreo

2.- Obtener una retroalimentación en base a los conocimientos y experiencias de profesionales del Ministerio de Salud y del Ministerio del Medio Ambiente.

Como medio de prueba se tomaron registros fotográficos de las sesiones y se redactaron las respectivas minutas de reuniones.

5 RESULTADOS

5.1 Áreas de vigilancia determinadas en función de los puntos que se consideren significativos

5.1.1 Identificación de las zonas de baño

Para poder definir correctamente las zonas de baño, en primer lugar, definiremos los conceptos de:

Balneario: es aquella instalación perteneciente o relativa al baño público de uso recreativo. Las zonas balnearias son lugares de descanso y esparcimiento cuyo principal atractivo es el baño, aunque no necesariamente cercanos al mar (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

Playa: Es la zona balnearia ubicada en el borde costero (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

Como se definió en el punto [4.2.1](#) se tomaron como fuentes de información DIRECTEMAR y los municipios. De la primera fuente se ocuparon solamente los balnearios definidos como aptos para el baño, ya que estos son los que presentan mayor concentración de bañistas, cuentan con salvavidas y en algunos de ellos son concesionados por los municipios para brindar servicios a los visitantes. Por otra parte, se les consultó a los municipios por los balnearios ubicados dentro de la cuenca del río Huasco, la respuesta de estas se tomó en cuenta, al ser dados por la autoridad comunal.

En total se lograron identificar 22 balnearios, 8 se ubican en la cuenca del río Huasco a orillas de este, en las comunas de ValLENAR y Freirina y 14 son balnearios costeros. De los cuales 3 se encuentran en el borde costero de la comuna de Huasco, se identificaron 6 balnearios en la bahía de Quintero y por último se identificaron 5 balnearios en el golfo de Arauco, los detalles se pueden ver en la **Tabla 14** (Ver [ANEXO 07](#)).

Tabla 14 Balnearios identificados para las zonas PRAS.

ID	REGION	PROVINCIA	COMUNA	PLAYA	FUENTE
1	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	MUNICIPALIDAD
2	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO AÑAÑUCA ORIENTE	MUNICIPALIDAD
3	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO AÑAÑUCA PONIENTE	MUNICIPALIDAD
4	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO ANFITEATRO	MUNICIPALIDAD
5	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALENARIO PUENTE BRASIL	MUNICIPALIDAD

ID	REGION	PROVINCIA	COMUNA	PLAYA	FUENTE
6	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO CALLE COQUIMBO	MUNICIPALIDAD
7	ATACAMA	HUASCO	FREIRINA	SECTOR 02 ZONA DE PICNIC CONFORMADA	MUNICIPALIDAD
8	ATACAMA	HUASCO	FREIRINA	SECTOR 01 ZONA DE PICNIC CONFORMADA	MUNICIPALIDAD
9	ATACAMA	HUASCO	HUASCO	CARRIZAL BAJO	MUNICIPALIDAD
10	ATACAMA	HUASCO	HUASCO	TRES PLAYITAS SECTOR 1	DIRECTEMAR
11	ATACAMA	HUASCO	HUASCO	GRANDE HUASCO	DIRECTEMAR
12	VALPARAISO	VALPARAISO	PUCHUNCAVI	PLAYA VENTANAS	DIRECTEMAR
13	VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	LONCURA	DIRECTEMAR
14	VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	ALBATROS	DIRECTEMAR
15	VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	EL DURAZNO	DIRECTEMAR
16	VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	EL MOLINO	DIRECTEMAR
17	VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	EL CALUECHE	DIRECTEMAR
18	BIOBIO	CONCEPCION	CORONEL	BLANCA	DIRECTEMAR
19	BIOBIO	CONCEPCION	LOTA	COLCURA	DIRECTEMAR
20	BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	LARAQUETE	DIRECTEMAR
21	BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	ARAUCO	DIRECTEMAR
22	BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	LLICO	DIRECTEMAR

5.1.2 Identificación de la Norma Primaria que rige en cada zona de baño

La **Tabla 15** muestra la norma de calidad primaria para cada balneario y playa apta para baño identificado por DIRECTEMAR o las municipalidades respectivas ([ANEXO 02](#)).

Tabla 15 Norma de calidad primaria por Balneario y playa apta para baño.

REGION	PROVINCIA	COMUNA	PLAYA	FUENTE	APTA_BAÑO	TIPO	COORD ESTE	COORD NORTE	DATUM	NORMA
ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	MUNICIPALIDAD	S/I	EMBALSE	339900	6826835	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO AÑAÑUCA ORIENTE	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	328893	6836733	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO AÑAÑUCA PONIENTE	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	328697	6836842	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO ANFITEATRO	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	327796	6836958	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALENARIO PUENTE BRASIL	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	327581	6837164	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	BALNEARIO CALLE COQUIMBO	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	327233	6837534	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	FREIRINA	SECTOR 02 ZONA DE PICNIC CONFORMADA	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	297725	6844388	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	FREIRINA	SECTOR 01 ZONA DE PICNIC CONFORMADA	MUNICIPALIDAD	S/I	RIO	296397	6845101	WGS84_19S	143
ATACAMA	HUASCO	HUASCO	CARRIZAL BAJO	MUNICIPALIDAD	S/I	AGUA MARINA	288570	6891763	WGS84_19S	144
ATACAMA	HUASCO	HUASCO	TRES PLAYITAS SECTOR 1	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	285424	6855811	WGS84_19S	144
ATACAMA	HUASCO	HUASCO	GRANDE HUASCO	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	283601	6850210	WGS84_19S	144
VALPARAISO	VALPARAISO	PUCHUNCAVI	PLAYA VENTANAS	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	266918	6374290	WGS84_19S	144
VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	LONCURA	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	265457	6370210	WGS84_19S	144
VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	ALBATROS	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	264427	6369909	WGS84_19S	144
VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	EL DURAZNO	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	263315	6370756	WGS84_19S	144
VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	EL MOLINO	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	263297	6370869	WGS84_19S	144
VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO	EL CALUECHE	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	263333	6370992	WGS84_19S	144
BIOBIO	CONCEPCION	CORONEL	BLANCA	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	131353	5889753	WGS84_19S	144
BIOBIO	CONCEPCION	LOTA	COLCURA	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	130932	5884402	WGS84_19S	144
BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	LARAQUETE	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	126079	5876444	WGS84_19S	144
BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	ARAUCO	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	116374	5869995	WGS84_19S	144
BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	LLICO	DIRECTEMAR	SI	AGUA MARINA	94800	5873945	WGS84_19S	144

5.1.3 Determinación de áreas de vigilancia

Corresponden a las playas aptas para baño y balnearios de aguas continentales u oceánicas identificados para cada área PRAS que se indican en la **Tabla 16**. En el punto 4.2.3 se entregan los criterios que se utilizaron para determinar las áreas de vigilancia, con estas se concluyeron 12 áreas de vigilancia, 3 áreas de vigilancia para la cuenca del río Huasco, con 11 puntos de control; 3 áreas de vigilancia para el borde costero de la comuna de Huasco, con 9 puntos de control; 1 área de vigilancia para la bahía de Quintero Puchuncaví con 18 puntos de control y, por último, para el Golfo de Arauco se definieron 5 áreas de vigilancia con un total de 26 puntos de control.

Tabla 16 Áreas de Vigilancia.

ID	REGION	PROVINCIA	COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO
1	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	2
2	ATACAMA	HUASCO	VALLENAR	VALLENAR	6
3	ATACAMA	HUASCO	FREIRINA	FREIRINA	3
4	ATACAMA	HUASCO	HUASCO	PLAYA CARRIZAL BAJO	2
5	ATACAMA	HUASCO	HUASCO	PLAYA TRES PLAYITAS SECTOR 1	1
6	ATACAMA	HUASCO	HUASCO	PLAYA GRANDE HUASCO	6
7	VALPARAISO	VALPARAISO	QUINTERO - PUCHUNCAVI	BAHIA QUINTERO PUCHUNCAVI	18
8	BIOBIO	CONCEPCION	CORONEL	PLAYA BLANCA	8
9	BIOBIO	CONCEPCION	LOTA	PLAYA COLCURA	6
10	BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	PLAYA LARAQUETE	5
11	BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	PLAYA ARAUCO	3
12	BIOBIO	ARAUCO	ARAUCO	PLAYA LLICO	4

5.1.3.1 HUASCO

Para Huasco se determinaron balnearios en el sector de la cuenca del río Huasco y en el borde costero de la comuna de Huasco, estos se detallan en la **Tabla 17**:

Tabla 17 Balnearios determinados en la cuenca del río Huasco.

COMUNA	PLAYA	APTA_BAÑO	TIPO
VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	S/I	EMBALSE
VALLENAR	BALNEARIO AÑAÑUCA ORIENTE	S/I	RIO
VALLENAR	BALNEARIO AÑAÑUCA PONIENTE	S/I	RIO
VALLENAR	BALNEARIO ANFITEATRO	S/I	RIO
VALLENAR	BALNEARIO PUENTE BRASIL	S/I	RIO

COMUNA	PLAYA	APTA_BAÑO	TIPO
VALLENAR	BALNEARIO CALLE COQUIMBO	S/I	RIO
FREIRINA	SECTOR 02 ZONA DE PICNIC CONFORMADA	S/I	RIO
FREIRINA	SECTOR 01 ZONA DE PICNIC CONFORMADA	S/I	RIO

Fuente: Municipios locales.

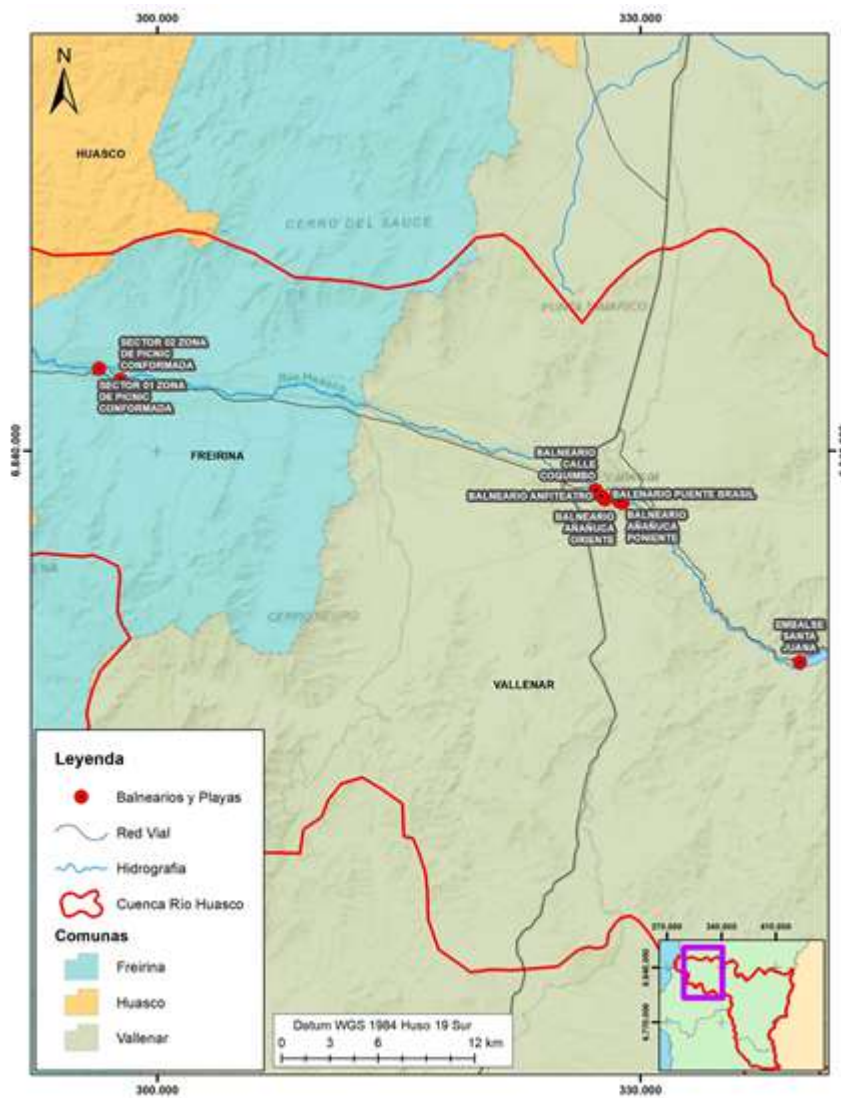


Figura 4 Balnearios en la cuenca del río Huasco.

Fuente: Elaboración Propia en base a Mapoteca DGA y Municipios.

Tabla 18 Balnearios determinados en el borde costero de la comuna de Huasco.

COMUNA	PLAYA	APTA_BAÑO	TIPO
HUASCO	CARRIZAL BAJO	S/I	AGUA MARINA
HUASCO	TRES PLAYITAS SECTOR 1	SI	AGUA MARINA
HUASCO	GRANDE HUASCO	SI	AGUA MARINA

Fuente: DIRECTEMAR y Municipios locales.



Figura 5 Balnearios costeros de la comuna de Huasco

Fuente: Elaboración Propia en base a DIRECTEMAR y Municipios.

5.1.3.2 CORONEL

Para el sector del golfo de Arauco, se determinaron cinco balnearios, uno en la comuna de Coronel, uno en Lota y tres en la comuna de Arauco, a continuación, la **Tabla 19** entrega detalles de las playas y la **Figura 6** muestra su ubicación.

Tabla 19 Balnearios determinados en el borde costero del Golfo de Arauco.

COMUNA	PLAYA	APTA_BAÑO	TIPO
CORONEL	BLANCA	SI	AGUA MARINA
LOTA	COLCURA	SI	AGUA MARINA
ARAUCO	LARAQUETE	SI	AGUA MARINA
ARAUCO	ARAUCO	SI	AGUA MARINA
ARAUCO	LLICO	SI	AGUA MARINA



Figura 6 Bañerios costeros del Golfo de Arauco.
Fuente: Elaboración propia en base a DIRECTEMAR

5.1.3.3 QUINTERO - PUCHUNCAVÍ

Para la bahía de Quintero se determinaron seis bañerios, uno en la comuna de Puchuncaví y cinco en la comuna de Quintero, en la **Tabla 20** se muestran los bañerios y la **Figura 7** muestra su ubicación.

Tabla 20 Bañerios determinados en la Bahía de Quintero.

COMUNA	PLAYA	APTA_BAÑO	TIPO
PUCHUNCAVI	PLAYA VENTANAS	SI	AGUA MARINA
QUINTERO	LONCURA	SI	AGUA MARINA

COMUNA	PLAYA	APTA_BAÑO	TIPO
QUINTERO	ALBATROS	SI	AGUA MARINA
QUINTERO	EL DURAZNO	SI	AGUA MARINA
QUINTERO	EL MOLINO	SI	AGUA MARINA
QUINTERO	EL CALUECHE	SI	AGUA MARINA

Fuente: DIRECTEMAR



Figura 7 Bañerios Bahía de Quintero.
Fuente: Elaboración propia - DIRECTEMAR

5.1.4 Determinación de los puntos a muestrear

Para poder determinar los puntos de muestreo en los balnearios se procedió a aplicar la metodología de los puntos antes expuestos y además se aplica la metodología para zonas de dilución en aguas continentales.

Respecto a la extensión de los balnearios, se aplicó un criterio geográfico para unir algunos balnearios cercanos y que tengan morfologías similares, los cuales para los casos de muestreo se podrán tomar como una sola playa.

Para los puntos de muestreo se tomó parcialmente el criterio que se utiliza en el “*Manual operativo: monitoreo de agua de contacto primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce*” (COFREPI, 2019). Donde se cita “*En playas con extensiones mayores a 500 m, se deberá definir al menos un punto de muestreo por cada 500 m, abarcando toda el área utilizada por los bañistas*”. Como se dijo, este criterio se tomó parcialmente, ya que las realidades entre ambas costas son diferentes, ya sea por extensión de los balnearios, temperatura del agua marina, entre otras, además las zonas sobre las cuales apunta este proyecto son zonas con alta exposición a contaminantes, ya que son áreas PRAS, con alta presencia de industrias cercanas a balnearios.

La cantidad de puntos a muestrear está relacionada directamente con las fórmulas para calcular percentiles de muestreo y también para tener un amplio registro de base de datos para mejorar las herramientas estadísticas para la toma de decisiones.

Además, para los balnearios de aguas continentales, se identificaron las descargas de las PTAS en el río Huasco, esto con el fin de poder calcular sus áreas de dilución según se presenta en el [ANEXO 04 Cálculo de zonas de dilución](#).

Se realizaron polígonos con áreas de los balnearios dibujados por medio de imágenes satelitales de Google Earth, esto en forma preliminar, ya que la extensión del balneario no representa la densidad de su uso y no necesariamente el dibujo representará la realidad del balneario.

5.2 Estaciones que conforman la(s) red(es) de monitoreo tanto para la red de control como la de observación

Respecto de la red de monitoreo en la cuenca del río Huasco, se deben ubicar como señala de manera expresa el DS 143/2008 MINSEGPRES, fuera de la zona de dilución de los residuos líquidos. Para ello, y como se detalla en el [ANEXO 04: CÁLCULO DE ZONAS DE DILUCIÓN](#), se han determinado las distancias para una mezcla completa en distintos puntos del río, correspondientes a estaciones fluviométricas de la DGA, para que, en función de los anchos de cauce y profundidad de agua según caudales, se ubiquen los referidos puntos desde las descargas correspondientes.

Para este estudio no fue necesaria la aplicación del cálculo de zonas de dilución, ya que los balnearios definidos por los municipios se encontraban aguas arriba de la descarga de la PTAS. Para los puntos de muestreo que se encuentran aguas abajo, existe una distancia superior a los 20 Km, por lo cual no fue necesario desplazar puntos de los sitios originales.

Las estaciones que conforman las redes de monitoreo tanto para la red de control como para la red de observaciones corresponden a los puntos de monitoreo detallados en el punto [5.1.4](#).

5.2.1 Red de Control.

La red de control está conformada por las estaciones de muestreo definidas y detalladas en el punto [5.1.4](#), la cual está compuesta por 64 puntos de muestreo para la red de control.

Estos puntos se distribuyen de la siguiente forma: 11 puntos en la cuenca del río Huasco (aguas continentales) 9 puntos en balnearios ubicados en el borde costero de la comuna de Huasco. 18 puntos distribuidos en balnearios aptos para el baño de la bahía de Quintero - Puchuncaví y 26 puntos distribuidos en las playas habilitadas para el baño del Golfo de Arauco.

A continuación, se analiza cada balneario identificado y los puntos de muestreo seleccionados para cada uno de ellos.

a) Embalse Santa Juana

Se ubica dentro de la comuna de Vallenar, en la parte media de la cuenca del río Huasco. El embalse fue terminado en 1995, con una extensión estimativa de 8 km. Río arriba, y un muro de cerca de 100 m de alto, teniendo una capacidad útil para almacenar 165 millones de m³ de agua. Su objetivo principal es regular el flujo del río Huasco, dando garantías de disponibilidad de aguas para 10.000 ha de cultivos agrícolas.

Para el embalse se emplazaron 2 puntos (1_1 y 1_2), estos tienen una distancia de 5.100 m aproximadamente. El primero se colocó aguas arriba cercano a la pluma del embalse y el segundo junto al muro del embalse. Aunque cercano a este no existen industrias contaminantes, el embalse junta el agua de la parte alta y cordillerana de la cuenca, siendo receptora de cualquier actividad minera que se realice en esta. A continuación, la **Figura 8** muestra la localización de los puntos.



Figura 8 Embalse Santa Juana con los puntos para muestreo.

Fuente: Google Earth.

b) Balnearios en la ciudad de Vallenar

La ciudad de Vallenar es cruzada de Este a Oeste por el Río Huasco, a diferencia de otras ciudades, esta supo incorporar el río a su proyecto urbano de ciudad, creando el paseo ribereño de Vallenar, en el cual se dotó a la comuna de importantes áreas verdes, equipamiento y lugares de esparcimiento, además de distintos balnearios.

Estos balnearios fueron dibujados en base a imagen de Google Earth, la cual permite una visión aceptable de los balnearios. Con la superficie se pudo calcular la capacidad de carga física, la cual resulto de 2.808 personas para los 5 balnearios.

Estos balnearios fueron identificados por la municipalidad de Vallenar, la cual identificó 5 balnearios dentro de su radio urbano, por ello estos serán agrupados y se considerarán para muestras estadísticas como uno, ya que estos son reflejo de la misma realidad de presión urbana sobre el río.

En la zona no se identifican industrias o fuentes contaminantes puntuales que descarguen al río y la PTAS se encuentra a casi 3 km aguas abajo del balneario más cercano, por lo tanto, no los afecta. Las únicas fuentes que se podrían identificar son fuentes difusas, como contaminación que se arrastre desde mismo urbano, como serían micro basurales en sectores cercanos a los balnearios que sean arrastrados vía aéreo o por colectores de aguas lluvias al río.

Se determinaron para los 5 balnearios identificados 6 puntos de muestreo separados entre el primero y el último por 1.900 m en línea recta. Estos fueron enumerados de oriente a poniente. Se ubicaron 3 puntos en el balneario Añañuca, 1 en el balneario Anfiteatro, 1 en el balneario puente Brasil y 1 en el balneario Calle Coquimbo. En la **Figura 9** se muestra su distribución.



Figura 9 Balnearios en Vallenar.

Fuente: Google Earth.

c) Balnearios en Freirina

Por su parte, en la Municipalidad de Freirina, se identificaron 2 balnearios en el río Huasco, los cuales fueron nombrados como Sector 01 zona de picnic conformada y Sector 02 zona de picnic conformada, siendo el último de estos el que se ubica más al oriente.

Estos balnearios fueron identificados como punto, por lo cual no se tiene una claridad de la superficie de estas, se realizó un dibujo aproximado de la superficie de estos, resultando en una capacidad de carga de 5.879 personas para ambos balnearios.

No se pudieron identificar fuentes puntuales de contaminación en el área. La PTAS de Freirina se ubica 1.100 m aguas abajo del último punto, por lo tanto, no afecta al balneario.

Para el estudio, por la distancia entre los sectores identificados y sus características se agruparon para considerarlo como un solo balneario. Se determinaron 3 puntos de muestreo, 2 en el sector 01, debido a que está ubicado en una zona donde el río cuenta con varios brazos y la zona está identificada en el centro de los brazos. El brazo que pasa más al Sur, se divide del río a 1.300 m aguas arriba y por la imagen satelital se puede interpretar que tiene características de tener algún tipo de intervención antrópica. Por otra parte, el sector 2 se encuentra en una parte más homogénea del río, por lo que se sugiere 1 punto de muestreo. En la **Figura 10** se muestra la distribución de los puntos.



Figura 10 Balnearios en Freirina.

Fuente: Google Earth.

d) Carrizal Bajo

Este balneario fue identificado por el Municipio de Huasco. Se dibujó su superficie y se calculó su capacidad de carga en 3.400 bañistas. La playa se encuentra en dirección noreste, es recta y abierta y se encuentra cercana a la caleta del sector y al mismo poblado de Carrizal Bajo.

En el sector no se identifican zonas industriales, tampoco se encuentra dentro de una zona de dilución, ya que el estero es de origen pluvial, por lo cual no cuenta con escorrentía gran parte del año. Las aguas estuarinas presentes, actualmente pertenecen al Humedal Costero Carrizal Bajo, el cual es Monumento Nacional (D.S. 39/2019).

Para este balneario se determinaron 2 puntos de muestreo (9_1 y 9_2) distanciados por 110 m entre ellos. En la **Figura 11** se observa la distribución de los puntos de muestreo.



Figura 11 Balneario de Carrizal Bajo.

Fuente: Google Earth.

e) Tres Playitas Sector 1

Este sector se ubica a 6 km al Norte de la ciudad de Huasco. Este balneario fue identificado por DIRECTEMAR y es apto para el baño. Este punto contaba con coordenadas erradas en la base de datos entregadas, por lo cual deberá ser ratificado en terreno si corresponde o no al localizado.

No se han identificado industrias en el sector aledaño al balneario, este tiene una longitud de 150 m aproximadamente. Se calculó su capacidad de carga en 2.198 bañistas.

El sector cuenta con un número importante de viviendas que dan a la playa, probablemente segundas viviendas, Para este balneario se determinó 1 punto de muestreo. En la **Figura 12** se puede ver su posición.



Figura 12 Balneario Tres Playitas Sector 1.

Fuente: Google Earth.

f) Playa Grande Huasco

Esta playa se ubica entre la ciudad de Huasco y la desembocadura del río Huasco. El balneario fue identificado por DIRECTEMAR y está considerado apto para el baño. No se pudo estimar su dimensión real así que se realizó una aproximación, considerando que al ser tan extensa la playa la mayor densidad de bañistas ocupa un espacio reducido de esta. Para la información levantada se calculó una capacidad de carga de 33.980 personas.

La playa se presenta abierta con dirección Oeste de arenas blancas.

En las cercanías de la playa se identificó la zona industrial de Huasco, y la descarga de la PTAS de Aguas Chañar. Para el sector se determinaron 6 puntos de muestreo, separado cada uno de ellos por 220 m identificados del 11_1 al 11_6. La mayor concentración de puntos es debido a la cercanía del urbano y las fuentes contaminantes puntuales dichas anteriormente. En la **Figura 13** se observa la distribución de los puntos de muestreo.



Figura 13 Balneario Playa grande de Huasco.

Fuente: Google Earth.

g) Balnearios en la bahía de Quintero

Los balnearios definidos dentro de esta bahía fueron identificados por DIRECTEMAR y están reconocidos como aptos para el baño por esta institución. Para el caso de esta bahía considerando que es semi cerrada, los balnearios se agruparon para tomarla como uno solo para efectos estadísticos.

Para la bahía de Quintero se identificaron 6 balnearios aptos para el baño, estos son: Playa Ventanas en la comuna de Puchuncaví; Playa Loncura, Albatros, El Durazno, El Molino y El Caleuche en Quintero.

La capacidad de carga total para los 6 balnearios de la bahía es de 36.040 visitantes al día.

La zona muestra una importante área de uso industrial y portuario con distintas fuentes de contaminación puntuales. Algunas fuentes del tipo emisario submarinos en la bahía de Quintero, o de emisiones gaseosas de industrias, que posteriormente precipitan al mar, como CODELCO, COPEC S.A., centrales termoeléctricas, ENAP, GNL Quintero S.A., Gasmar S.A., con algunas de ellas muy cercanas a los balnearios rodeando la playa de Ventanas en la parte norte de la bahía. Por la parte Nor-noroeste se encuentra el emisario de aguas servidas de la Municipalidad de Puchuncaví, el cual no cuenta con tratamiento. Por el sur de la playa están los emisarios de las termoeléctricas Ventanas 1 y 2, Nueva Ventanas 3 y Campiche 4 y el emisario del Puerto Ventanas. Además de todas estas fuentes, también está la presión como fuente difusa del urbano de Ventanas ubicado detrás del balneario y la desembocadura del estero Puchuncaví. Para esta playa se han

determinado 4 puntos de muestreo, distanciados por 200 m uno del otro. En la **Figura 14** se observa la distribución de las descargas respecto a la playa.



Figura 14 Balneario de Ventanas con descargas.

Fuente: Google Earth.

Al sur de la bahía, en la comuna de Quintero, se encuentra la mayor concentración de balnearios, comenzando por la playa Loncura ubicado junto al terminal marítimo de COPEC, el cual cuenta con un emisario frente a la playa a 400 m mar adentro. El balneario cuenta con la localidad de Loncura detrás de él, y como límite con la playa de Albatros está la caleta Loncura. Para este balneario se han determinado 4 puntos de muestreo, distanciados por 200 m uno del otro. A continuación, en la **Figura 15** se muestra la distribución de los puntos de muestreo respecto a la playa.



Figura 15 Balneario de Loncura con descargas.

Fuente: Google Earth.

Junto a la playa de Loncura, a continuación, hacia el poniente, está la playa de Albatros. Esta es una playa extensa, de 1.500 m aproximados de largo, que no presenta puntos de descarga junto a la playa, pero si cercanas, como la del terminal marítimo de COPEC distanciado a 850 m al Nor-este del balneario, mientras que a 700 metros de la playa al Nor-noroeste está la industria Pesquera Quintero S.A. ubicada entre la ciudad de Quintero y la localidad de Loncura. Detrás de ella se encuentra la Base Aérea de Quintero perteneciente a la Fuerza Aérea de Chile, dentro de esta base está el Santuario de la naturaleza Bosque Las Petras.

Para este balneario se determinaron 7 puntos de muestreo distanciado por 200 m entre sí. En la **Figura 16** se muestra la distribución de los puntos.



Figura 16 Balneario de Albatros.
Fuente: Google Earth.

En el sector poniente de la bahía, en la ciudad de Quintero se encuentran 3 pequeños balnearios, estos son El Durazno, El Molino y El Caleuche. Estos se ubican al norte de la descarga de la Pesquera Quintero. Por su tamaño y capacidad de carga se determinaron 3 puntos de muestreo, uno para cada balneario, en la **Figura 17** se muestra la distribución de los puntos.



Figura 17 Balneario de El Durazno, El Molino y El Caleuche.
Fuente: Google Earth.

h) Playa Blanca

Este balneario se ubica en las comunas de Coronel y Lota, entre ambos urbanos, por el norte está Coronel y por el sur Lota. Tiene una extensión de 1.800 m y se estima su capacidad de carga en 26.209 personas al día.

Como se mencionó anteriormente, se encuentra entre los urbanos de Coronel y Lota, el primero cuenta con una importante área industrial pesquera y portuaria, además de presentar el emisario de su PTAS de ESSBIO. Por el sur esta Lota se encuentra un emisario de PTAS, el cual descarga fuera de la bahía.

Para este balneario se han determinado 8 puntos de muestreo distanciados por 200 m entre sí. En la **Figura 18** se muestra la distribución de los puntos de muestreo.



Figura 18 Balneario Playa Blanca.

Fuente: Google Earth.

i) Playa Colcura

Se ubica en la comuna de Lota, en la localidad del mismo nombre. Tiene una extensión aproximada de 1.280 m, orientación este y se ubica en una pequeña ensenada. Cuenta con líneas de vivienda que dan hacia la playa, la cual está separada por una calle, lo que produce una presión sobre el balneario. Se estima una capacidad de carga de 8.779 personas diarias.

La zona presenta una planta forestal (ASTEX), una Forestal que realiza almacenamiento de sustancias químicas (Forestal y Agrícola Monte Águila S.A.) y una procesadora de madera (TULSA).

Para este balneario se han determinado 6 puntos de muestreo, con un distanciamiento de 200 m entre puntos. En la **Figura 19** se muestra la distribución de los puntos de muestreo.



Figura 19 Balneario Playa Colcura.

Fuente: Google Earth.

j) Playa Laraquete

Se ubica en la comuna de Arauco. Con las mediciones actuales dio una capacidad de carga de 42.845 personas diarias. Este balneario es Apto para el baño.

Este balneario esta junto a la localidad de Laraquete y tiene una extensa playa que va de Noreste a Suroeste. A 3,8 km se encuentra la planta de Celulosa Arauco.

Para este sector se han determinado 5 puntos de muestreo, con un distanciamiento de 200 m entre sí. En la **Figura 20** se muestra la distribución de los puntos de muestreo.

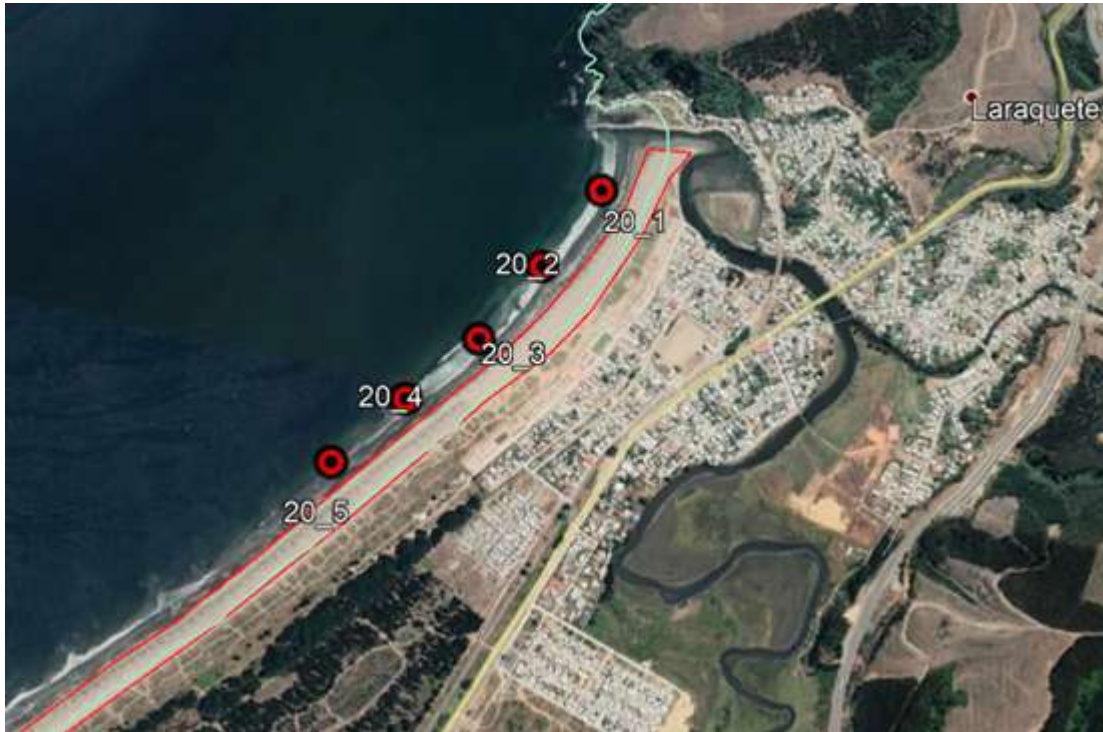


Figura 20 Balneario Playa Laraquete.

Fuente: Google Earth.

k) Balneario de Arauco

Este se encuentra junto a la ciudad de Arauco. La costa es regular y abierta al norte. El balneario fue limitado en su superficie. Se calculó una capacidad de carga de 11.758 personas diarias.

Para este sector se han determinado 3 puntos de muestreo, con un distanciamiento de 200 m entre puntos. En la **Figura 21** se muestra la distribución de los puntos de muestreo.



Figura 21 Balneario Playa de Arauco.

Fuente: Google Earth.

I) Balneario de Llico

El balneario se encuentra en la comuna de Arauco, junto a la caleta pesquera de Llico. Se trata de una playa abierta que mira hacia el nor-noreste. Cuenta con una extensa playa, de la cual se tomó parte de ella como balneario y sobre este se le calculó una capacidad de carga de 9.210 personas diarias. La playa es apta para el baño.

No presenta industrias cercanas.

Para este sector se han determinado 4 puntos de muestreo, con un distanciamiento de 200 m entre puntos, en la **Figura 22** se muestra la distribución de los puntos de muestreo.



Figura 22 Balneario Playa de Llico.

Fuente: Google Earth.

5.2.2 Red de observación.

Por otra parte, la red de observación se establece para complementar los parámetros que no dan cuenta del cumplimiento de la norma (no están regulados en las normas primarias), pero permiten servir de insumo para el análisis de la calidad ambiental del agua y futura revisión de las normas. Para esto se establecieron 26 puntos para la red de observación, los cuales se distribuyeron en las distintas áreas de vigilancia.

Los puntos de observación se definieron en la misma ubicación que los puntos de control, utilizando los puntos más expuestos a zonas de descargas de emisarios o zonas cercanas a estas donde haya registro de parámetros fuera de norma. En algunas ocasiones se establecen estos puntos para obtener mayor información del cuerpo de agua.

Para la zona continental de la cuenca del río Huasco, se establecieron 4 puntos de observación, mientras que para la zona de balnearios litorales se establecieron 3 puntos de observación, los que se detallan en la **Tabla 21**.

Tabla 21 Red de observación para la cuenca del río Huasco y la costa de la comuna de Huasco.

Área de Vigilancia	Estación	Balneario	Tipo de Estación	Coordenadas UTM WGS 84 Huso19		Tipo de Red
				E (m)	N (m)	
Embalse Santa Juana	1_2	Embalse Santa Juana	Embalse	339.838	6.826.750	Control y Observacion
Vallenar	2_1	Balneario Añañuca Oriente	Rio	328.990	6.836.690	Control y Observacion
	6_1	Balneario Calle Coquimbo	Rio	327.249	6.837.520	Control y Observacion
Freirina	7_1	Sector 02 Zona de Picnic conformada	Rio	297.895	6.844.480	Control y Observacion
Huasco	11_1	Grande Huasco	Agua Marina	283.185	6.849.710	Control y Observacion
	11_2	Grande Huasco	Agua Marina	283.309	6.849.900	Control y Observacion
	11_6	Grande Huasco	Agua Marina	283.731	6.850.680	Control y Observacion

Los puntos de la **Tabla 21** se establecieron para tener mayor y mejor control de calidad ambiental de los balnearios identificados en la cuenca del río Huasco, por lo mismo el punto 1_2 se ubica en el área de vigilancia Embalse Santa Juana, en donde se establece un punto de observación, en el sector cercano a la cortina del embalse.

Para el área de vigilancia de Vallenar se establecen dos puntos de observación, los puntos 2_1 y 6_1, el primero se ubica en la parte más oriente de los balnearios como punto de entrada al área de vigilancia y el segundo punto en la parte poniente de los balnearios como punto de salida del área de vigilancia.

En el área de vigilancia Freirina se establece el punto 7_1 de observación, ubicándose a la entrada del área de vigilancia.

Para el área de vigilancia Huasco, como zona litoral ubicada inmediatamente al norte del urbano de Huasco, se establecen tres puntos de observación, los primeros dos 11_1 y 11_2 se seleccionan por ser los más próximos al urbano y la zona industrial que se ubica en la parte sur de la ciudad. Por otra parte, también se selecciona el punto 11_6, ubicado en el extremo norte del balneario y como punto más cercano a la desembocadura del río Huasco, donde se han detectado 1 registro de Mercurio total sobre el valor anual permitido.

Para el área de vigilancia de la bahía Quintero – Puchuncaví se establecen 8 puntos de observación distribuidos en los balnearios aptos para el baño, dentro de la bahía (**Tabla 22**).

Tabla 22 Red de observación para la bahía de Quintero Puchuncaví.

Área de Vigilancia	Estación	Balneario	Tipo de Estación	Coordenadas UTM WGS 84 Huso19		Tipo de Red
				E (m)	N (m)	
Bahía Quintero Puchuncaví	12_3	Playa Ventanas	Agua Marina	266.907	6.374.310	Control y Observacion
	12_4	Playa Ventanas	Agua Marina	266.998	6.374.110	Control y Observacion
	13_1	Loncura	Agua Marina	265.751	6.370.430	Control y Observacion
	13_2	Loncura	Agua Marina	265.581	6.370.300	Control y Observacion
	14_4	Albatros	Agua Marina	264.353	6.369.850	Control y Observacion
	15_1	El Durazno	Agua Marina	263.326	6.370.760	Control y Observacion
	16_1	El Molino	Agua Marina	263.309	6.370.860	Control y Observacion
	17_1	El Caleuche	Agua Marina	263.341	6.370.970	Control y Observacion

Fuente: Elaboración Propia.

De esta forma se establecen 2 puntos en la parte norte de la bahía, playa de Ventanas, estos son los puntos 12_3 y 12_4, ambos en el sector sur de la playa cercano a la zona donde comienza el sector industrial, el cual emplaza distintos emisarios a la bahía, ambos puntos se seleccionan por estar cercanos a zonas donde se detectó arsénico.

En la playa de Loncura, en el sector sur este de la bahía, se establecen los puntos 13_1 y 13_2 como parte de la red de observación, ya que en las cercanías se han detectado variaciones de pH.

Para los balnearios de Albatros, El Durazno, El Molino y El Caleuche, ubicados en el sector sur y sur-oeste de la Bahía, se establece un punto de muestreo para cada uno, el punto 14_4 en Albatros es para establecer muestras comparativas con otros sectores de la bahía. El punto 15_1, 16_1 y 17_1 se establecen porque en las cercanías se han detectado altos niveles de coliformes fecales.

En el sector del Golfo de Arauco se establecieron 11 puntos de observación, distribuidos en 5 áreas de vigilancia **Tabla 23**. La primera área de vigilancia es Playa Blanca, ubicada entre las ciudades de Coronel y Lota, para esta se establecieron 5 puntos de observación distribuidos a lo largo del balneario, los puntos 18_1 y 18_2 en la parte norte de este, cercano al sector industrial de Coronel y al emisario de la PTAS, el punto 18_4 se estableció como punto de observación a mitad del balneario, los puntos 18_7 y 18_8, en la parte sur del balneario, ambos cercanos a la ciudad de Lota, el sector ha presentado variación de pH y se encuentra próximo a emisarios de la PTAS de Lota.

En el área de vigilancia de la Playa Colcura, se establece el punto 19_4 como punto de observación, ya que el sector presenta variación en mediciones de pH, además el sector cuenta con industrias cercanas.

El área de vigilancia Playa Laraquete, se establecen tres puntos de observación, estos son 20_1, 20_3 y 20_5, distribuidos a lo largo del balneario, esto debido a que se han detectado índices de coliformes fecales fuera de la norma en las cercanías del balneario.

Para el área de vigilancia de Playa Arauco, se establece el punto 21_1 de observación, ya que este es el más cercano a la desembocadura del río Carampangue, el cual cuenta con la descarga de la PTAS de la ciudad de Arauco.

El área de vigilancia de Llico, se establece el punto 22_2 como punto de observación, el cual se ubica junto al muelle existente en el balneario.

Tabla 23 Red observación para el golfo de Arauco

Área de Vigilancia	Estación	Balneario	Tipo de Estación	Coordenadas UTM WGS 84 Huso19		Tipo de Red
				E (m)	N (m)	
Playa Blanca	18_1	Blanca	Agua Marina	131.581	5.890.430	Control y Observacion
	18_2	Blanca	Agua Marina	131.527	5.890.220	Control y Observacion
	18_4	Blanca	Agua Marina	131.386	5.889.810	Control y Observacion
	18_7	Blanca	Agua Marina	131.117	5.889.240	Control y Observacion
	18_8	Blanca	Agua Marina	131.004	5.889.060	Control y Observacion
Playa Colcura	19_4	Colcura	Agua Marina	130.968	5.884.410	Control y Observacion
Playa Laraquete	20_1	Laraquete	Agua Marina	127.894	5.878.600	Control y Observacion
	20_3	Laraquete	Agua Marina	127.681	5.878.220	Control y Observacion
	20_5	Laraquete	Agua Marina	127.412	5.877.900	Control y Observacion
Playa Arauco	21_1	Arauco	Agua Marina	116.652	5.870.100	Control y Observacion
Playa Llico	22_2	Llico	Agua Marina	94.952	5.873.870	Control y Observacion

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.3 Propuesta puntos de muestreo reducida.

Según lo visto en el punto [2.4.5](#) se estableció una propuesta reducida de puntos de muestreo, en la cual se mantienen las 12 áreas de vigilancia propuestas y se establecen 37 puntos de muestreo distribuidos de la según la **Tabla 24**:

Tabla 24 Red propuesta de puntos de muestreo reducida.

ID Original	Punto de Muestreo	REGION	COMUNA	ÁREA DE VIGILANCIA	PLAYA	NORMA
01_2	1_B	Atacama	Vallenar	Embalse Santa Juana	Embalse Santa Juana	143
02_1	2_B	Atacama	Vallenar	Vallenar	Balneario Añañuca Oriente	143
06_1	3_B	Atacama	Vallenar	Vallenar	Balneario Calle Coquimbo	143
07_1	4_B	Atacama	Freirina	Freirina	Sector 02 Zona De Picnic Conformada	143
09_1	5_B	Atacama	Huasco	Carrizal Bajo	Carrizal Bajo	144
10_1	6_B	Atacama	Huasco	Tres Playitas Sector 2	Tres Playitas Sector 1	144
11_1	7_B	Atacama	Huasco	Grande Huasco	Grande Huasco	144
11_3	8_B	Atacama	Huasco	Grande Huasco	Grande Huasco	144
11_6	9_B	Atacama	Huasco	Grande Huasco	Grande Huasco	144
12_1	20_B	Valparaíso	Puchuncaví	Quintero-Puchuncavi	Ventanas	144
12_2	21_B	Valparaíso	Puchuncaví	Quintero-Puchuncavi	Ventanas	144
12_3	22_B	Valparaíso	Puchuncaví	Quintero-Puchuncavi	Ventanas	144
12_4	23_B	Valparaíso	Puchuncaví	Quintero-Puchuncavi	Ventanas	144
13_1	24_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Loncura	144
13_2	25_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Loncura	144
13_3	26_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Loncura	144
13_4	27_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Loncura	144
14_1	28_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
14_2	29_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
14_3	30_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
14_4	31_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
14_5	32_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
14_6	33_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
14_7	34_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	Albatros	144
15_1	35_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	El Durazno	144
16_1	36_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	El Molino	144
17_1	37_B	Valparaíso	Quintero	Quintero-Puchuncavi	El Caleuche	144
18_1	10_B	Biobio	Coronel	Blanca	Blanca	144
18_3	11_B	Biobio	Coronel	Blanca	Blanca	144
18_5	12_B	Biobio	Coronel	Blanca	Blanca	144
18_7	13_B	Biobio	Coronel	Blanca	Blanca	144
19_3	14_B	Biobio	Lota	Colcura	Colcura	144
19_5	15_B	Biobio	Lota	Colcura	Colcura	144
20_2	16_B	Biobio	Arauco	Laraquete	Laraquete	144
20_4	17_B	Biobio	Arauco	Laraquete	Laraquete	144
21_2	18_B	Biobio	Arauco	Arauco	Arauco	144
22_2	19_B	Biobio	Arauco	Llico	Llico	144

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla muestra los 37 puntos para muestreo, este es una selección reducida, según fue solicitada en su momento por el Ministerio de Medio Ambiente, se recomienda, en lo posible, utilizar la versión completa de muestreo. La primera columna de la **Tabla 24** muestra el identificador del punto de muestreo original, que fue seleccionado para este muestreo reducido. En el ANEXO 11 SIG se encuentra la capa georreferenciada de la propuesta.

Los puntos del área de vigilancia de Quintero Puchuncaví, no se disminuyeron, ya que los profesionales de la SEREMI de Salud con los cuales se reunió la consultora, solicitaron mantener el número de muestras en el área, en la cuenca del río Huasco y el borde costero de la comuna de Huasco, los puntos disminuyeron de 20 a 9. En la Bahía de Quintero Puchuncaví se mantuvieron los 18 puntos, mientras que en el Golfo de Arauco disminuyeron de 25 a 10 puntos.

5.3 Parámetros que serán objeto de monitoreo, por cada estación

Las normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo establecen los parámetros que serán objeto de monitoreo para la red de control y los niveles de calidad ambiental que deberán tener las aguas continentales superficiales del país o marinas y estuarinas, aptas para las actividades de recreación con contacto directo, de manera de salvaguardar la salud de la población (D.S. N°143/2008 y D.S. N° 144/2008, MINSEGPRES), (**Tabla 4** y **Tabla 5**). Los parámetros que serán objeto de monitoreo para la red de observación se identificaron de acuerdo a referencias y normas internacionales de calidad de agua para usos recreacionales con contacto directo.

5.3.1 Identificación de la calidad ambiental de la red de control

Los valores o concentraciones anuales de los compuestos o elementos dictados en “Normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo” (DS 143/2008, MINSEGPRES) y Normas de calidad primaria para la protección de aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo (DS 144/2008, MINSEGPRES) se muestran en la **Tabla 4** y **Tabla 5**.

A continuación, se detallan los resultados de la revisión de las bases de datos de calidad de agua disponibles para las tres áreas PRAS. Los resultados se resumen en tablas del [ANEXO 01](#) y se georreferencian en el [ANEXO 13](#).

Bahía de Quintero Puchuncaví

En la revisión de la base de datos del MMA para esta área se encontraron 83.608 registros para diversas mediciones, entre las cuales 4.265 corresponden a mediciones de pH en agua de mar, y de estos 78 estuvieron bajo el valor mínimo anual permitido de 6,0 unidades de pH, 70 estuvieron bajo el valor de emergencia diario y también bajo el mínimo del valor de excedencia. Además, 143 mediciones sobrepasaron el valor máximo anual permitido, de los cuales 32 sobrepasaron el valor del nivel de emergencia diario y 32 al máximo de excedencia normado ([ANEXO 01](#)). Por otro lado, también se detectaron 2.061 registros de coliformes fecales, de los cuales 20 sobrepasaron tanto el máximo valor anual permitido, el

valor de emergencia ambiental diario, así como el valor de excedencia determinado en el DS 144/2008 de MINSEGPRES ([ANEXO 01](#)). Hubo 642 registros para arsénico total de los cuales 8 sobrepasaron el valor máximo establecido y ninguno de ellos sobrepasó los niveles que determinan situaciones de emergencia ambiental ni a los valores de excedencia permitidos en el DS 144/2008 de MINSEGPRES ([ANEXO 01](#)).

Golfo de Arauco

El estudio de Holon-MMA (2020) recopiló los informes de los Programas de Seguimiento Ambiental (PSA) y Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) de actividades industriales ubicadas en el Golfo de Arauco y desembocadura del río Biobío, a partir de las bases de datos del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) de la Armada de Chile (https://www.directemar.cl/directemar/site/edic/base/port/datos_poal.html). En el caso de Coronel y Lota, el POAL mantiene registros de contaminantes desde al año 2001, mientras que para Arauco y Tubul-Raqui, mantiene registros desde los años 2005 y 2011, respectivamente. Además, analizó los datos recopilados por CEA (2016) para el periodo 1992-2013. Complementariamente, este estudio recopiló la información asociada al SEIA entre los años 2015 y 2020 y realizó una revisión bibliográfica para la zona de estudio. Dentro de estas bases de datos en sistemas de agua dulce, 50 correspondían a mediciones de coliformes fecales, de las cuales 6 estaban por sobre la norma primaria del DS143/2008 MINSEGPRES, tanto para el valor anual máximo permitido, como para el nivel de emergencia diario y el valor máximo de excedencia ([ANEXO 01](#)). Para sistemas marinos y estuarinos se revisaron 2.162 datos de coliformes fecales, entre los cuales 47 estuvieron sobre el nivel máximo anual permitido, el valor de emergencia diario y el valor máximo de excedencia (> 1.000 NMP/100 mL) del DS 144/2008 de MINSEGPRES. Además, para aguas marinas, se contabilizaron 2.638 mediciones de pH de las cuales 798 sobrepasaron la norma, estando 4 de ellos por debajo del mínimo anual permitido, 793 sobre el valor máximo permitidos, 5 bajo el mínimo de exigencia diario y 5 sobre el máximo de excedencia permitido.

El informe denominado “Proyecto Colaborativo: Mapa de riesgo microbiológico de la Bahía Coronel y cursos de agua dulce (potencial áreas verdes) (González *et al.*, sin fecha) fue realizado mediante la colaboración de la SEREMI de Medio Ambiente a través del Programa de Recuperación Ambiental y Social (PRAS), las empresas ENEL y Cabo Froward, las Organizaciones sociales a través del Consejo para la Recuperación Ambiental y Social (CRAS) Coronel y la Universidad de Concepción, se realizó un muestreo de dos días durante el verano de 2019 con siete estaciones dentro de la Bahía de Coronel (en dos estratos de la columna de agua) y una estación de referencia fuera de la Bahía. Además, muestrearon estaciones de aguas continentales, de las cuales 1 se ubicó en la desembocadura del humedal Boca del Maule y otra en la desembocadura del estero Manco, en playa Negra (ambas muestras correspondían a agua de mar). las variables analizadas se relacionan con contaminación fecal de distintos orígenes, dentro de las cuales se incluyeron los coliformes fecales, además de variables fisicoquímicas incluyendo el pH. En la bahía se observó un pH promedio de $8,7 \pm 0,1$ (rango 8,46 – 8,85), lo cual sobrepasa el valor máximo permitido establecido en el DS 144/2008 de MINSEGPRES. Por otro lado, todas las muestras obtenidas el área de estudio, con la excepción de la muestra más profunda de la estación de control, se encontraban entre uno a dos órdenes de magnitud por sobre las Normas de Calidad Primaria que establecen un máximo de 1000 NMP 100 mL⁻¹ para aguas recreacionales con contacto directo.

Huasco

El informe de INIA-MMA (2019) entrega una completa recopilación de los estudios de la cuenca del Huasco, y una selección de 15 estaciones de muestreo o áreas de vigilancia con información histórica de entre 3 y 27 años, cumpliendo así con el requisito de antigüedad de Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas 2017, desarrollada por el Ministerio del Medio Ambiente, 2017. La base de datos entregada presenta datos desde 1997 hasta 2018, aunque en la base de datos, no aparecen las fechas de los muestreos. Adicionalmente, presenta la información levantada en 5 campañas de terreno durante los años 2017-2018 en las 15 estaciones de muestreo o áreas de vigilancia en que se disponía de información histórica. En las bases de datos se encontraron 79 datos de pH (entre 973 mediciones totales) con valores por debajo o sobre lo establecido en el D.S. 143/2008 de MINSEGPRES, con 2 de estos datos sobrepasando el máximo de excedencia, es decir, sobre 9,0 unidades de pH, sin embargo, estas mediciones se encontraron alejadas de balnearios reconocidos por las municipalidades de Vallenar y Freirina ([ANEXO 01](#)). Adicionalmente, se encontraron 186 valores de concentración de cadmio, de un total de 945 datos revisado) sobre el valor máximo permitido y sobre el valor máximo de excedencia permitido, y 185 que también sobrepasaron el nivel de emergencia diario. De entre 971 mediciones de arsénico, 1 valor sobrepasó el valor anual máximo permitido, el valor de excedencia máximo de excedencia. En el caso del plomo, entre 956 datos revisados, 8 sobrepasaron el valor anual máximo permitido y el máximo de excedencia permitido, pero 9 datos sobrepasaron también el nivel de emergencia diario. Por último, entre los 970 datos de concentración de mercurio revisados en las bases de datos para la cuenca del río Huasco, 2 mediciones estuvieron por sobre el valor anual máximo permitido y el valor máximo de excedencia ([ANEXO 01](#)).

Para aguas marinas y estuarinas, en la base de datos de POAL para la zona de Huasco, se encontró 1 registro de mercurio, entre 203 registros, que estaba por sobre el valor anual permitido, sin embargo, este valor no sobrepasó el valor impuesto por el nivel de emergencia diario, ni el valor máximo de excedencia. Además, entre 203 datos revisados, se encontraron 2 registros de cadmio total que sobrepasaron al valor anual permitido y el valor máximo de excedencia, pero no al nivel de emergencia diario ([ANEXO 01](#)).

5.3.2 Identificación de la calidad ambiental para la red de observación

Además de los parámetros normados en los D.S. 143/2008 y D.S 144/2008 del MINSEGPRES, existen otros componentes presentes en las aguas recreacionales que pueden afectar la salud humana cuando hay contacto directo, dentro de los cuales se encuentran bacterias que ingresan a los cuerpos de agua mediante contaminación fecal procedente de efluentes de aguas residuales y lodos fecales, descargas fluviales y desbordamientos de alcantarillados, escorrentía de la tierra circundante donde prevalece la defecación al aire libre, inundación de pozos y fosas sépticas, mediante la población recreativa que utiliza el agua (defecación, orina, vómitos), de la ganadería (bovinos, ovinos, etc.), procesos industriales, actividades agrícolas, animales domésticos (como perros) y de vida silvestre (gaviotas, aves acuáticas). También pueden presentarse microorganismos patógenos de vida libre que pueden producir infecciones gastrointestinales después de la ingestión o infecciones del tracto respiratorio superior, oídos, ojos, cavidad nasal y piel. Por otro lado, también presentan un grado de preocupación a la salud la presencia de microalgas y cianobacterias propias de los sistemas acuáticos que son productoras de

toxinas y que pueden presentar proliferaciones masivas ocasionalmente y otros componentes químicos (WHO, 2021).

El número de microorganismos (dosis) que pueden causar infección o enfermedad depende del patógeno específico, la forma en que se encuentra, las condiciones de exposición, la susceptibilidad y el estado inmunológico del huésped. Para la enfermedad por protozoos virales y parasitarios, la dosis podría ser de muy pocas unidades infecciosas viables (Fewtrell *et al.*, 1994; Teunis, 1996; Haas *et al.*, 1999; Okhuysen *et al.*, 1999; Teunis *et al.*, 1999, todos *fide in* WHO, 2003). Sin embargo, los tipos y números de patógenos en las aguas residuales difieren dependiendo de la incidencia de las enfermedades, del estado de los portadores en las poblaciones humanas y animales contribuyentes y de la estacionalidad de las infecciones.

En la **Tabla 25** se indican las enfermedades que producen algunos patógenos al entrar en contacto directo en aguas recreacionales y los organismos que se utilizan comúnmente como indicadores (WHO, 2021).

Tabla 25 Ejemplos de patógenos, la enfermedad asociada y organismos indicadores (WHO, 2021).

PATÓGENO/ ORGANISMO INDICADOR	ENFERMEDAD/ ROL
Bacterias <i>Campylobacter</i> spp. <i>Clostridium perfringens</i> (esporas) <i>Escherichia coli</i> Estreptococos fecales / enterococos intestinales <i>Salmonella</i> spp. <i>Shigella</i> spp.	Gastroenteritis Organismo indicador Organismo indicador (excepto cepas específicas) Organismos indicadores Gastroenteritis Disentería bacilar
Virus Adenovirus Enterovirus Norovirus Rotavirus	Infecciones oculares, respiratorias y urinarias, gastroenteritis Infecciones del sistema nervioso central, oculares y respiratorias Gastroenteritis Gastroenteritis
Protozoos parásitos <i>Cryptosporidium parvum</i> (oocistos) <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> (cistos)	Diarrea Disentería amebiana Diarrea
Helmintos⁶ (ovas) <i>Ascaris</i> spp. <i>Ancylostoma</i> spp. y <i>Necator</i> sp. <i>Trichuris</i> spp.	Ascariasis Anemia Diarrea

⁶ El número de parásitos varía mucho debido a los diferentes niveles de enfermedad endémica en diferentes regiones.

A continuación, se detallan los componentes que pueden estar presentes en aguas con usos recreativos, con potencial amenaza a la salud humana y que deberían ser considerados dentro de la red de observación para las zonas PRAS.

CONTAMINACIÓN FECAL

Numerosos estudios han demostrado una relación causal entre los síntomas gastrointestinales y la calidad del agua recreativa, medida por los niveles de organismos indicadores fecales. Los síntomas gastrointestinales son el resultado de salud más frecuente para el que se han informado asociaciones significativas relacionadas con la dosis (Wiedenmann *et al.*, 2006, *fide in* WHO, 2021). Por otro lado, las enfermedades respiratorias transmitidas por contaminación fecal descritas son la enfermedad respiratoria febril aguda (AFRI) y la enfermedad respiratoria general. Los bañistas también pueden adquirir infecciones de oído, incluso después de la exposición al agua con pocos organismos de índice fecal (WHO, 2003; 2021). Los nadadores con heridas o cortes expuestos pueden estar en riesgo de infecciones a la piel, pero no hay evidencia que relacione esto con la contaminación fecal.

Parámetros regulatorios de importancia

De acuerdo a WHO (2003) para que cualquier microorganismo que está presente en la contaminación fecal se utilice como parámetro reglamentario de importancia para la salud pública en las aguas recreativas, idealmente debería cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener una base de salud;
- Disponer de información adecuada con la que derivar valores de referencia (por ejemplo, de investigaciones epidemiológicas);
- Ser suficientemente estable en las muestras de agua para obtener resultados significativos de los análisis;
- Tener un método estándar de análisis;
- Ser de bajo costo de prueba;
- Exigir poco a la formación del personal; y
- Requerir equipo básico que esté fácilmente disponible.

De acuerdo a la bibliografía *Escherichia coli* es el indicador más apropiado de contaminación fecal en aguas recreativas dulces, y los enterococos son los indicadores más apropiados de contaminación fecal en aguas recreativas marinas (WHO, 2021; Health Canada, 2012) y de la Unión Europea también los utilizan como indicadores en agua dulce (UE, 2014). Sin embargo, la OMS incorporó recientemente valores de referencia de enterococos intestinales para agua dulce (WHO, 2021) los cuales son iguales a aquellos señalados para agua de mar. La **Tabla 26** resume los límites establecidos para microorganismos de contaminación fecal en distintas normas internacionales.

Tabla 26 Valores de referencia para microorganismos fecales.

PARÁMETRO	TIPO DE AGUA	UNIDAD DE MEDIDA	DENSIDAD	MÉTODO DE EVALUACIÓN	PAÍS/ORGANIZACIÓN
Enterococos intestinales	Costeras y de transición	(UFC* /100 mL)	< 185	Al percentil 90	Unión Europea
	Continental		< 330		

PARÁMETRO	TIPO DE AGUA	UNIDAD DE MEDIDA	DENSIDAD	MÉTODO DE EVALUACIÓN	PAÍS/ORGANIZACIÓN
	Marinas	Células / 100 mL	< 501**	Al percentil 95	Australia
	Costeras	Enterococos intestinales /100 mL	< 200	Al percentil 95	Organización Mundial de la Salud
	Dulce				
	Marinas	Enterococos /100 mL	≤ 35	Concentración media geométrica (mínimo 5 muestras)	Canadá
≤ 70			Concentración máxima de una sola muestra		
<i>Escherichia coli</i>	Costeras y de transición	(UFC* /100 mL)	< 500	Al percentil 90	Unión Europea
	Continental		< 900		
	Continental	<i>E. coli</i> /100 mL	≤ 200	Concentración media geométrica*** (mínimo 5 muestras)	Canadá
			≤ 400	Concentración máxima de una sola muestra	

*UFC = Unidades formadoras de colonias.

** = Valor al cual se considera un alto nivel de riesgo de transmisión de enfermedades (National Health and Medical Research Council, 2008).

***El cálculo de la concentración media geométrica debe basarse en un mínimo de cinco muestras, recolectadas en momentos y lugares tal que proporcionen información representativa sobre la calidad del agua que probablemente encontrarán los usuarios. Se deben tomar medidas adicionales si se excede cualquiera de estos valores de referencia. La acción mínima debe consistir en un nuevo muestreo inmediato de los sitios. Además, se puede emitir un aviso de prohibición de natación si la autoridad responsable identifica que el área no es apta para el uso recreativo del agua (Health Canada, 2012).

Es una medida de tendencia central que puede utilizarse para mostrar los cambios porcentuales en una serie de números positivos⁷.

$$MG = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n}$$

Adaptación de los valores guía a las circunstancias nacionales / locales

Sin embargo, los *enterococos intestinales* y de *E. coli* en aguas dulces pueden no indicar contaminación fecal reciente ya que pueden ser endógenos en sedimentos, suelos y vegetación acuática sumergida (particularmente en climas cálidos y tropicales) (Byappanahalli et al., 2012; Tiwari, Kauppinen y Pitkänen, 2019; todos fide in WHO, 2021), por lo que se aconseja acompañar con las mediciones tradicionales de coliformes fecales.

No existe una fórmula de gestión de riesgos de aplicación universal. Las tasas de exceso de enfermedades "aceptables" o "tolerables" son especialmente controvertidas debido a la naturaleza voluntaria de la exposición al agua recreativa y la naturaleza generalmente auto

⁷ https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/licenciatura/documentos/LEC4.pdf

limitante de los resultados de salud más estudiados (gastroenteritis, enfermedades respiratorias) (WHO, 2021). Sin embargo, lo que significa un riesgo aceptable o tolerable no es solo un problema regional o local, ya que incluso dentro de una misma región o localidad, es esperable que los niños, los ancianos y las personas de áreas socioeconómicas más bajas estén en mayor riesgo (Cabelli *et al.*, 1979; Prüss, 1998, *fide in* WHO, 2003). Por ello se recomienda usar como referencia los valores internacionales más conservativos, y aquellas determinaciones que utilicen un mayor número de datos. Por otro lado, es más preciso basarse en mediciones de células de bacterias/ 100 mL que, en unidades formadoras de colonias, ya que estas pueden estar formadas por 1 o muchas células. Por lo tanto, lo recomendado para el caso de enterococos intestinales en aguas marinas costeras y estuarinas y de agua dulce de uso recreacional la Organización Mundial de la Salud recomienda < 200 enterococos intestinales /100 mL determinadas al percentil 95 (WHO; 2021). No obstante, se debe tener precaución ya que es probable que la aplicación de los valores de referencia dé como resultado una tasa de enfermedad más baja en los usuarios de agua dulce, lo que proporcionaría una guía conservadora en ausencia de datos epidemiológicos adecuados para las aguas dulces. Para el caso de *Escherichia coli*, como la OMS y Australia no entregan valores referenciales por la insuficiencia en los datos para desarrollar valores de referencia para este organismo (WHO, 2003; National Health and Medical Research Council (2008), y ya que la metodología para estimar la densidad es semejante a la normativa chilena se recomienda usar el límite establecido por la Unión Europea al percentil 90 (UE, 2014).

MICROORGANISMOS PATÓGENOS DE VIDA LIBRE

Además de los microorganismos introducidos, a través de contaminación fecal humana o animal, en aguas destinadas a recreación, se han descrito un número de microorganismos patógenos que son indígenas en tales áreas (WHO, 2021), dentro de los cuales se mencionan diversas especies de *Vibrio*, *Aeromonas*, amebas de vida libre, *Acanthamoeba*, *Naegleria fowleri*, *Leptospira* spp., *L. interrogans sensu lato*. La **Tabla 27** señala los hábitats en que se han encontrado estas especies asociadas a enfermedades contraídas por contacto directo con aguas recreacionales.

Las especies de las bacterias del género *Vibrio* asociadas a enfermedades por recreación con contacto directo habitan generalmente en ambientes marinos tropicales y cálidos. Actualmente, se sabe que 12 especies de *Vibrio* causan o están asociadas con infecciones humanas: *V. alginolyticus*, *V. carchariae*, *V. cholerae*, *V. cincinnatiensis*, *V. damsela*, *V. fluvialis*, *V. furnissii*, *V. hollisae*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* (Kelly *et al.*, 1991 *fide in* WHO, 2003).

Solamente se conoce la dosis infectiva de *V. Cholerae* (10^6 células/mL) y de *Aeromonas* spp. (10^9 células/mL). Aunque hay varias especies patógenas de *Vibrio*, principalmente las cuatro especies siguientes se han asociado con la infección de aguas recreativas: *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus* y *V. cholerae* non- 01 / 0139 (WHO, 2021).

Tabla 27 Hábitat y enfermedades asociadas a microorganismos de vida libre relacionados a enfermedades por contacto directo de aguas recreacionales.

TAXA	HÁBITAT	ENFERMEDAD
<i>Vibrio alginolyticus</i>	Marino	Infecciones en los tejidos, heridas, oídos y ojos

TAXA	HÁBITAT	ENFERMEDAD
<i>Vibrio cholerae</i>	Marino y fluviales	Infecciones gastrointestinales, diarreas, vómitos, calambres intestinales (cólera), posiblemente, infecciones de tejidos, oídos, entre otros.
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Marino	Neumonía (aerosoles), infecciones en heridas.
<i>Vibrio vulnificus</i>	Marino	Infecciones en lesiones de la piel
<i>Aeromonas</i> spp.	Ubiquistas, marino y agua dulce	Gastroenteritis, septicemias, neumonía
<i>Acanthamoeba</i> spp.	Ubiquistas, marino, agua dulce, suelos	Encefalitis granulomatosa amebiana (GAE) enfermedad grave pero rara, inflamación de la córnea (queratitis) que puede conducir a ceguera
<i>Naegleria fowleri</i>	Aguas dulces termales de todo el mundo (incluyendo aguas residuales de enfriamiento y procesos industriales)	Meningoencefalitis amebiana primaria (PAM), usualmente fatal.
<i>Leptospira</i> spp. <i>Leptospira interrogans sensu lato</i>	Ubiquistas	Leptospirosis (puede ser fatal).

Valores orientativos

Aunque la infección con algunos de estos patógenos a través del agua recreativa puede ser grave o incluso potencialmente mortal, no existen relaciones dosis-respuesta para estos organismos. En consecuencia, no se han recomendado valores de referencia específicos. Las autoridades deben ser conscientes de los peligros potenciales que plantean estos organismos y actuar en consecuencia (WHO, 2021).

ALGAS Y CIANOBACTERIAS EN AGUAS COSTERAS Y ESTUARINAS

Varias enfermedades humanas están asociadas con especies tóxicas de dinoflagelados, diatomeas, nanoflagelados y cianobacterias que se encuentran en el medio marino (CDC, 1997 *fide in* WHO, 2003). Los efectos de estas algas en los seres humanos se deben a algunos de sus componentes, principalmente las toxinas de las algas (WHO, 2021). Los principales problemas están asociados a toxinas que son consumidas por humanos, sin embargo, existen riesgos reportados asociados con actividades recreativas en aguas marinas costeras y estuarinas, así como en agua dulce, ocasionadas por contacto dérmico, inhalación de aerosoles marinos e ingestión de agua o espumas de algas (WHO, 2003; 2021). La **Tabla 28** muestra las especies mencionadas en WHO (2003) y que son potencialmente riesgosas en Chile por encontrarse identificadas en territorio nacional, su grupo taxonómico, el tipo de exposición y enfermedades asociadas.

Tabla 28 Especies de algas y cianobacterias asociadas a riesgos en la salud relacionadas con enfermedades por contacto directo de aguas recreacionales.

Especie	Grupo taxonómico	Tipo de contacto	Enfermedades
<i>Heterosigma akashiwo</i>	Raphidophyta	Dérmico	Dermatitis
<i>Trichodesmium</i>	Cyanobacteria	Dérmico	Dermatitis
<i>Pfiesteria</i> sp.	Dinoflagelado	Dérmico o por aerosoles	Dificultades en el aprendizaje y confusión cognitiva, pérdida de memoria, y quemaduras agudas de la piel.
<i>Oscillatoria nigroviridis</i>	Cyanobacteria	Dérmico	Inflamación y producción de tumores en la piel.
<i>Schizothrix calcicola</i> *	Cyanobacteria	Dérmico	Inflamación y producción de tumores en la piel.
<i>Nodularia spumigena</i>	Cyanobacteria	Ingestión	Daños severos al hígado y algunos efectos sobre los riñones.
<i>Gymnodinium breve</i> (ahora referida como <i>Karenia brevis</i>)	Dinoflagelado	Inhalación de aerosoles	Irritación severa de las conjuntivas y las membranas mucosas (particularmente de la nariz) seguida de tos y estornudos persistentes y hormigueo en los labios.

* La especie *Schizothrix calcicola* solo se ha informado en suelos del desierto de Atacama (Büdel, 2001).

La Directiva 2006/7/CE (UE, 2014) establece directrices en caso de proliferaciones de cianobacterias, macroalgas, fitoplancton, residuos alquitranados, residuos de cristal, plástico, caucho u otros residuos.

Para el caso de riesgos debidos a cianobacterias, el documento de la Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero de 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE, en el artículo 8 indica que:

1. Cuando el perfil de las aguas de baño indique propensión a la proliferación de cianobacterias, se llevará a cabo un control adecuado que permita la identificación oportuna de los riesgos para la salud.
2. Cuando se produzca proliferación de cianobacterias y se haya determinado o presumido la existencia de un riesgo para la salud, se adoptarán inmediatamente medidas de gestión adecuadas con el fin de prevenir la exposición a aquéllas, que incluirán la información al público.

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021) indica que cuando el perfil de las aguas de baño indique propensión a la proliferación de macroalgas o de fitoplancton marino, se llevarán a cabo investigaciones para determinar su aceptabilidad y sus riesgos para la salud y se adoptarán medidas de gestión adecuadas, que incluirán la información al público.

ALGAS Y CIANOBACTERIAS EN AGUA DULCE

Aunque muchas especies de algas de agua dulce proliferan de manera bastante intensa en aguas eutróficas, no se acumulan para formar densas espumas superficiales (a menudo denominadas floraciones) de densidad celular extremadamente alta, como lo hacen algunas cianobacterias. Por tanto, las toxinas que pueden contener las algas de agua dulce no se acumulan en concentraciones que puedan resultar peligrosas para la salud humana o el ganado (WHO, 2021).

Las cianobacterias tóxicas se encuentran en todo el mundo en entornos de aguas continentales y costeras. Las cianobacterias tóxicas más comunes en el agua dulce son *Microcystis* spp., *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Planktothrix* (sin. *Oscillatoria*) *rubescens*, *Synechococcus* spp., *Planktothrix* (sin. *Oscillatoria*) *agardhii*, *Gloeotrichia* spp., *Anabaena* spp., *Lyngbya* spp., *Aphanizomenon* spp., *Nostoc* spp., Algunas *Oscillatoria* spp., *Schizothrix* spp. y *Synechocystis* spp. No se puede excluir la toxicidad para otras especies y géneros, por lo que es prudente suponer un potencial tóxico en cualquier población de cianobacterias. Su toxicidad radica en la producción de las toxinas microcistinas y neurotoxinas, cuya toxicidad puede variar en el tiempo y en el espacio (WHO, 2021).

El riesgo para la salud humana de la exposición a cianobacterias y sus toxinas durante el uso recreativo del agua surge a través de tres vías de exposición:

- Contacto directo de las partes expuestas del cuerpo, incluidas las áreas sensibles como los oídos, los ojos, la boca y la garganta, y las áreas cubiertas por un traje de baño (que pueden acumular material celular);
- Absorción accidental de agua que contiene células por ingestión; y
- Absorción de agua que contiene células por aspiración (inhalación).

Se han informado reacciones dérmicas alérgicas o irritantes de diversa gravedad en varios géneros de cianobacterias de agua dulce (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Gloeotrichia*) después de la exposición recreativa. También se han reportado intoxicaciones originadas por ingestión de agua contaminada o aspiración de aerosoles. Los síntomas informados incluyen "dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea, dolor de garganta, tos seca, dolor de cabeza, ampollas en la boca, neumonía atípica y elevación de las enzimas hepáticas en el suero, especialmente gamma-glutamyl transferasa" (Carmichael, 1995), así como síntomas de fiebre del heno, mareos, fatiga e irritaciones de la piel y los ojos; Es probable que estos síntomas tengan diversas causas, con varias clases de toxinas y géneros de cianobacterias involucradas.

El riesgo de contacto con las cianobacterias tóxicas aumenta conforme aumenta su densidad en el cuerpo de agua y los niveles de alerta pueden ser diferentes en distintos países y organizaciones (**Tabla 29**).

Tabla 29 Límites para biovolumen de cianobacterias o concentración de microcistinas establecidos por distintos países y la OMS.

PAÍS	LÍMITE (BIOVOLUMEN O CONCENTRACIÓN DE MICROCISTINAS)	MEDIDAS
Nueva Zelanda	500 Cel /mL	Paso desde una estrategia de vigilancia (monitoreo) a estrategia de Alerta
Australia	5.000 Cel /mL	Paso desde una estrategia de vigilancia (monitoreo) a estrategia de Alerta
República Checa	20.000 Cel /mL	Paso desde una estrategia de vigilancia (monitoreo) a estrategia de Alerta
Canadá	100.000 Cel / mL	Se puede emitir un aviso de natación a discreción de la autoridad responsable
OMS	> 4-8 mm ³ /L con dominancia de cianobacterias	Evitar actividades que provoquen absorción por boca y nariz.
Alemania	100 µg /L o las floraciones son evidentes	Cierre temporal del uso recreacional del agua
Canadá	20 µg /L	Se puede emitir un aviso de natación a discreción de la autoridad responsable
Italia	25 µg /L	Prohibición de baño
Turquía	25 µg /L	Desalienta la recreación
OMS	24 µg /L	Límite máximo para baño

Modificado de Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

Valores orientativos

A partir de los límites señalados en **Tabla 29**, la OM recomienda iniciar una mayor frecuencia de monitoreo y medición de la toxina en los cuerpos de agua.

En Chile, no existe un marco normativo asociado a la presencia de ningún tipo de microalgas en ambientes acuáticos dulceacuícolas, más aún que regule la calidad de aguas en relación a toxinas de cianobacterias. Sólo se cuenta con una reglamentación para toxinas originadas por microalgas en los ecosistemas acuáticos marinos, denominado Programa Nacional de Vigilancia de Fenómenos Algales Nocivos (FAN). Este programa tiene como objetivo prevenir las intoxicaciones de la población derivadas del consumo de recursos marinos contaminados con toxinas (ISP, 2008). Por otro lado, no se ha encontrado una asociación de casos de intoxicación por contacto en aguas recreativas con presencia de cianotoxinas (Almanza *et al.*, 2016). Sin embargo, se han reportado eventos de proliferaciones de cianobacterias en el lago Villarrica, lago Vichuquen (Región del Maule), Embalse Convento Viejo (Región de O'Higgins), lago Rapel (Región de O'Higgins), laguna

Grande de San Pedro, Lo Méndez y Lo Galindo (Región del Biobío). Con especies del género *Microcystis*, siendo las cianobacterias que desarrollan más floraciones en el país. Otros géneros como *Dolichospermum* y *Oscillatoria* también producen floraciones, pero en una menor frecuencia (Almanza *et al.*, 2016). Las cianotoxinas hasta ahora mayormente reportada en Chile son las microcistinas (Almanza *et al.*, 2016). Sin embargo, es conveniente considerar las recomendaciones extranjeras y conducir monitoreos que tiendan a detectar proliferaciones de algas y cianobacterias que producen toxinas, así como de las mismas toxinas, particularmente de microcistinas. Como primer paso se recomienda prestar atención visual de discoloración del agua que indiquen posibles proliferaciones de algas o cianobacterias y de ser el caso, tomar muestras para determinar la especie que origina la proliferación y las toxinas asociadas. También es de ayuda comparar la concentración de clorofila-a de la muestra con la recomendada como límite por la OMS de 12 -24 ug/L con dominancia de cianobacterias (WHO, 2021). Para el caso de cianobacterias, es aconsejable comparar los resultados de biovolumen y concentración de microcistinas con los límites establecidos por la OMS (WHO, 2021). Otra forma es determinar *in situ* la concentración de pigmento de las cianobacterias (ficocianina) y utilizar esta información para clasificar la proliferación en “scums” (espumas) en las categorías propuestas por Holanda (**Tabla 30**). A partir de la categoría de “Scum” o espumas III se sugiere proceder a determinar especies y medir biovolumen y microcistinas.

Tabla 30 Categorías, niveles de alerta y límites de pigmentos de cianobacterias desarrollados en Holanda.

CATEGORÍA	NIVEL DE ALERTA	CONCENTRACIÓN (ug /L) Y BIOVOLUMEN (mm ³ / L)
“Scum” categoría I	Modo de vigilancia	< 12,5 ug /L de ficocianina o < 2,5 mm ³ /L
“Scum” categoría II	Limitado riesgo a la salud	12,5 – 75 ug /L de ficocianina o 2,5 -15 mm ³ /L
“Scum” categoría III	Elevado riesgo a la salud	> 75 ug /L de ficocianina o > 15 mm ³ /L o dominancia de más del 80% de géneros potenciales productores de microcistina

Modificado de Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant’Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

COMPUESTOS QUÍMICOS

La Unión Europea (UE, 2014) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021) no incorporan dentro de los parámetros de medición de calidad de agua para uso recreacional a los compuestos químicos y solamente entregan valores referenciales para agua potable. Aunque WHO (2021) menciona que los compuestos químicos con permeabilidad cutánea moderada a alta, los cuales corresponden típicamente a productos químicos orgánicos de bajo peso molecular que no son ionizados y son solubles en lípidos (por ejemplo, xileno, benceno, tolueno), pueden ocasionar daño a la salud, pero estos compuestos solamente estarán en concentraciones peligrosas a la salud en caso de un derrame.

Por otro lado, Australia (National Health and Medical Research Council, 2008) señala que las aguas contaminadas con productos químicos que son tóxicos o irritantes para la piel o las membranas mucosas no son aptas para fines recreativos. Mientras que Canadá (Health Canada, 2012) argumenta que los riesgos asociados con peligros químicos específicos dependerán de las circunstancias particulares del área y deben evaluarse caso por caso y no entrega una guía con valores numéricos para los límites aceptables de estos componentes. No obstante, entregan directrices para el pH (que se incluye en las normas primarias de los D.S 143/2008 y 144/2008). Sin embargo, el gobierno australiano, tiene una orientación sobre sustancias per y polifluoroalquilo (PFAS) en aguas recreativas (National Health and Medical Research Council, 2019).

Las sustancias Per- y poli- fluoroalquilo (PFAS) son productos químicos manufacturados que no se encuentran de forma natural en el medio ambiente. El grupo PFAS incluye sulfonato de perfluorooctano (PFOS), ácido perfluorooctanoico (PFOA) y sulfonato de perfluorohexano (PFHxS). Los PFAS son persistentes en el medio ambiente y han demostrado su potencial de bioacumulación y biomagnificación en humanos. Los PFAS se han utilizado en una amplia gama de productos de consumo, incluidos tratamientos de superficies como utensilios de cocina antiadherentes, tratamiento en solución para alfombras y tratamiento de prendas para la resistencia a las manchas y la repelencia al agua. También se han incorporado ampliamente en la espuma formadora de película acuosa utilizada para extinguir incendios, y se ha descubierto que los PFAS han contaminado sitios donde ha habido un uso histórico de espumas para combatir incendios que contienen PFAS. Con el tiempo, estos productos químicos se han transportado a través de ambientes subterráneos para contaminar las aguas superficiales y subterráneas, y han migrado a áreas terrestres adyacentes. Las vías de exposición son ingestión, por ejemplo, al tragar agua mientras se realizan actividades recreativas, contacto directo con la piel e inhalación de químicos volátiles mientras se realizan actividades en el agua.

Luego de investigaciones realizadas por la Food Standards Australia and New Zealand (FSANZ) se establecieron valores de referencia para agua recreativa que se muestran en la **Tabla 31**.

Tabla 31 Valores de referencia australianos para PFAS

Compuesto	Valor de referencia (µg /L)
Sulfonato de perfluorooctano (PFOS)	2
Sulfonato de perfluorohexano (PFHxS)	2
Ácido perfluorooctanoico (PFOA)	10

Por otro lado, en 1980, la Environmental Protection Agency's (EPA)⁸ desarrolló criterios de calidad del agua ambiental para proteger la salud humana de los efectos cancerígenos de la exposición a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH de acuerdo a sus siglas en inglés, HAP en español). La recomendación era una meta de cero (nivel no detectable) de PAHs cancerígenos en el agua ambiental. La EPA, como agencia reguladora, establece un nivel máximo de contaminantes para el benzo (a) pireno, el PAH más cancerígeno, en 0,2 ppb. La EPA también establece MCL para otros HAP cancerígenos **Tabla 32**.

⁸ https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/standards_and_regulations_for_exposure.html

Tabla 32 Valores de referencia para hidrocarburos policíclicos (EPA)

Compuesto	Valor de referencia (mg/L)
benz(a)antraceno	0,0001
benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno	0,0002
dibenz(a,h)antraceno	0,0003
indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,0004

La revisión de las bases de datos de las 3 áreas PRAS permitió constatar que existen algunas mediciones para los hidrocarburos aromáticos policíclicos, ya sea totales o para cada compuesto de la **Tabla 32**. Tomando como referencia estos valores, no se encontraron registros por sobre estos valores de referencia para cada uno de los HAPs por separado, sin embargo, hay registros de HAPs totales por sobre 0,0001 mg/L (valor mínimo entre los HAPs evaluados por EPA para las zonas de Huasco (30 registros) y Quintero y Puchuncaví (408 registros, 384 asociados a ENAP Quintero) ([ANEXO 12](#)).

5.3.3 Metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de control

5.3.3.1 Aguas continentales

- Color: 2120C: Spectrophotometric Single wavelength method. SM ed. 23, 2017.

El color de la muestra se determina espectrofotométricamente a una longitud de onda entre 450 y 465 nm, con una solución de platino-cobalto, aprovechando que dicho compuesto se rige por la ley de Beers.

- pH: 4500-H B: Electrometric method. SM Ed.23, 2017

Esta determinación se basa en la actividad de los iones de hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo estándar de hidrógeno y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino donde el hidrogeno gaseoso es burbujeadado a una presión de 101 KPa. Generando la reacción que permite saber el pH de la muestra analizada.

- Cianuro: 4500 CN E: Colorimetric method. SM Ed.23, 2017

Para la detección de Cianuro, se debe dar pretratamiento a la muestra a través de destilación alcalina o cloración (con o sin o luz UV). El proceso de cloración es apropiado para medir las formas más disociables de cianuro de mediana estabilidad, generando los cianuros susceptibles de cloración. El cianuro libre y complejos disociables en ácido (WAD) se determina mediante la destilación rigurosa de una solución de muestra ligeramente acidificada con eliminación de complejos estables de hierro-cianuro (eliminados por precipitación o evitando la luz ultravioleta). El tratamiento ultravioleta de una muestra permite la descomposición y, por lo tanto, cuando se combina con una destilación rigurosa, permite la medición de cianuros de hierro estables junto con complejos potencialmente disociables. Para medir el cianuro libre, el método más apropiado es el uso de un electrodo selectivo de cianuro junto con un control cuidadoso del pH de la muestra. ("Cyanide in freshwater and marine water", Australian & New Zealand guidelines for fresh and marine water quality, 2000).

Con respecto al método, el cianuro presente en el destilado alcalino de la muestra pretratada se convierte en $CnCl$ por la reacción con T-Cloramina a un pH menor a 8. Una vez la reacción está completa, se adiciona piridina-ácido barbitúrico hasta que el $CnCl$ se torna de color rojo/azul. El máximo de absorbancia en solución acuosa se encuentra entre los 575 y los 582 nm.

- Arsénico: 3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017

El pretratamiento de la muestra se basa en la reducción de As (III) a AsH_3 gracias a una reacción tetrahidroborato de sodio en un medio de ácido clorhídrico. (Gian, 2001).

El método analítico consiste en la determinación de arsénico a través de la conversión a su hidruro mediante un agente de borohidruro de sodio y posterior transporte en un atomizador de absorción atómica. El límite de detección del método es de 2 microgramos por litro, siendo un valor inferior a las concentraciones sugeridas para este parámetro, por ende es aplicable la ejecución de esta metodología.

- Cadmio/Cromo/Plomo: 3113 B: Direct Air- Acetylene flame method by Atomic Absorption.

Para la determinación de estos metales, se sugiere un pretratamiento de la muestra haciendo una extracción simultánea de complejos con Amonio Pirolidin ditiocarbamato de amonio (APDC) en Metil-Isobutil-Cetona y utilizar la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), también llamada con atomización electrotérmica, la cual permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin grandes complicaciones (Gian, 2001).

En el método de espectrofotometría de absorción atómica se aspira una muestra hacia una llama y donde esta es atomizada, una fuente de luz se dirige a través de la flama en un monocromador y dirigidas hacia un detector que mide la cantidad de luz que absorbe el elemento atomizado en la llama.

El límite de detección para el cadmio, cromo y plomo a través de este método es de 0,43, 9,87 y 10,4 microgramos por litro, respectivamente, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada, es importante destacar que estos valores son referenciales y puede variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

- Mercurio: 3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA).

Para el pretratamiento de la muestra se recomienda reducir iones de mercurio metálico en forma de Borohidruro de sodio ($NaBH_4$) mediante la introducción de mercurio a una corriente de gas inerte a temperatura ambiente con Absorción Atómica a una longitud de onda de 253.7 nm (Gian, 2001).

5.3.3.2 Aguas marinas y estuarinas

- Color: 2120C: Spectrophotometric Single wavelength method. SM ed. 23, 2017.

El color de la muestra se determina espectrofotométricamente a una longitud de onda entre 450 y 465 nm, con una solución de platino-cobalto, aprovechando que dicho compuesto se rige por la ley de Beers.

- pH: 4500-H B: Electrometric method. SM Ed.23, 2017.

Esta determinación se basa en la actividad de los iones de hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo estándar de hidrógeno y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino donde el hidrogeno gaseoso es burbujeado a una presión de 101 KPa. Generando la reacción que permite saber el pH de la muestra analizada.

- Cianuro: 4500 CN E: Colorimetric method. SM Ed.23, 2017.

Para la detección de Cianuro, se debe dar pretratamiento a la muestra a través de destilación alcalina o cloración (con o sin luz UV). El proceso de cloración es apropiado para medir las formas más disociables de cianuro de mediana estabilidad, generando los cianuros susceptibles de cloración. El cianuro libre y complejos disociables en ácido (WAD) se determina mediante la destilación rigurosa de una solución de muestra ligeramente acidificada con eliminación de complejos estables de hierro-cianuro (eliminados por precipitación o evitando la luz ultravioleta). El tratamiento ultravioleta de una muestra permite la descomposición y, por lo tanto, cuando se combina con una destilación rigurosa, permite la medición de cianuros de hierro estables junto con complejos potencialmente disociables. Para medir el cianuro libre, el método más apropiado es el uso de un electrodo selectivo de cianuro junto con un control cuidadoso del pH de la muestra. ("Cyanide in freshwater and marine water", Australian & New Zealand guidelines for fresh and marine water quality, 2000).

Con respecto al método, el cianuro presente en el destilado alcalino de la muestra pretratada se convierte en $CnCl$ por la reacción con T-Cloramina a un pH menor a 8. Una vez la reacción está completa, se adiciona piridina-ácido barbitúrico hasta que el $CnCl$ se torna de color rojo/azul. El máximo de absorbancia en solución acuosa se encuentra entre los 575 y los 582 nm.

- Arsénico: 3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017.

El pretratamiento de la muestra se basa en la reducción de As (III) a AsH_3 gracias a una reacción tetrahidrobórato de sodio en un medio de ácido clorhídrico (Gian, 2001).

El método analítico consiste en la determinación de arsénico a través de la conversión a su hidruro mediante un agente de borohidruro de sodio y posterior transporte en un atomizador de absorción atómica. El límite de detección del método es de 2 microgramos por litro, siendo un valor inferior a las concentraciones sugeridas para este parámetro, por ende es aplicable la ejecución de esta metodología.

- Cadmio/Cromo/Plom: 3113 B: Direct Air– Acetylene flame method by Atomic Absorption.

Para la determinación de estos metales, se sugiere un pretratamiento de la muestra haciendo una extracción simultánea de complejos con Amonio Pírolidin ditiocarbamato de amonio (APDC) en Metil-Isobutil-Cetona y utilizar la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), también llamada con atomización electrotérmica, la cual permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin grandes complicaciones (Gian, 2001).

En el método de espectrofotometría de absorción atómica se aspira una muestra hacia una llama y dónde esta es atomizada, una fuente de luz se dirige a través de la flama en un monocromador y dirigidas hacia un detector que mide la cantidad de luz que absorbe el elemento atomizado en la llama.

El límite de detección para el cadmio, cromo y plomo a través de este método es de 0,43, 9,87 y 10,4 microgramos por litro, respectivamente, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada, es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

- Mercurio: 3112 B: Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method.

Para el pretratamiento de la muestra se recomienda reducir iones de mercurio metálico en forma de Borohidruro de sodio (NaBH_4) mediante la introducción de mercurio a una corriente de gas inerte a temperatura ambiente con Absorción Atómica a una longitud de onda de 253,7 nm (Xuan Gian, 2001).

En el método de espectrofotometría de absorción atómica se aspira una muestra hacia una llama y dónde esta es atomizada, una fuente de luz se dirige a través de la flama en un monocromador y dirigidas hacia un detector que mide la cantidad de luz que absorbe el elemento atomizado en la llama.

- Bifenilos policlorados (PCBs): 6431C Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017.

Los pesticidas deben ser extraídos con un solvente de dietil éter/hexano o cloruro de metileno/hexilano por una extracción líquido-líquido usando un embudo de separación por extracción continua liq-liq. El concentrado es evaporado y si es necesario, limpiado a través de una columna de cromatografía de adsorción. Los límites de detección para el método dependen del bifenil analizado, pero estos van entre 1.9 y 16.5 microgramos por litro, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada, es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

- Diclorometano/ Tetracloruro de Carbono: 6200 B: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method.

LOS COV deben ser transferidos desde una fase acuosa a una gaseosa por el burbujeo de gas inerte a través de una muestra de agua contenida en una cámara a temperatura

ambiente, el vapor emana por un compartimento que absorbe el analito de interés. El límite de detección para el método es de 0,5 microgramos por litro, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada. Es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

- Benzo a pireno/ Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D): 6640B: Micro Liquid-liquid extraction gas chromatographic method. SM Ed.23, 2017.

La muestra debe ajustarse a un pH menor a 12 con hidróxido de sodio y se mantiene por una hora a temperatura ambiente par hidrolizar derivados, los límites de detección dependen del compuesto, instrumento y naturaleza de la matriz de agua. El límite de detección para el método es de 0,5 microgramos por litro, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada. Es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

- Pesticidas Organoclorados/Clordano: 6630B. Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method.

Los pesticidas son extraídos con un solvente dietil etano/hexano o cloruro de metileno/hexilano por una extracción liquido-liquido usando un embudo de separación por extracción continua liq-liq. El conentrado es evaporado y si es necesario, limpiado a través de una columna de cromatografía de adsorción. Los límites de detección varían dependiendo de una serie de factores (sensibilidad del detector, la eficiencia de la extracción, entre otros).

El límite de detección para el método es de 20 nanogramos por litro, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada. Es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

- Clorotanonil/ Cyanazina/ Simazina: Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007.

El método determina plaguicidas organoclorados, organofosforados, triazina y piretroide en muestras ambientales mediante cromatografía de gases de alta resolución / espectrometría de masas de alta resolución (HRGC / HRMS) usando dilución de isótopos y técnicas de cuantificación estándar interna. Este método ha sido desarrollado para su uso con matrices acuosas, sólidas, tisulares y biosólidas y su límite de detección tiene relación con el nivel de interferencia de la muestra y de las limitaciones instrumentales.

- Atrazina: Method 619: The Determination of Triazine Pesticides in Municipal and Industrial Wastewater EPA Method 619, 1992.

Se debe extraer un volumen medido de muestra, aproximadamente 1 L, con cloruro de metileno al 15% utilizando un embudo de decantación. El extracto de cloruro de metileno se seca y se cambia a hexano durante la concentración hasta un volumen de 10 ml o menos.

Se describen las condiciones de cromatografía de gases que permiten la separación y medición de los compuestos en el extracto mediante cromatografía de gases ,

- Carbufofurano: 6610B: High-performance liquid chromatographic methods. SM Ed.23, 2017.

Después de adicionar un compuesto sustituto y filtrarlo, las muestras de agua se inyectan directamente a un HPLC y son separadas por el uso de gradiente y de C18. Los límites de detección para el método dependen del carbofurano analizado, pero estos van entre 00.26 y 0,063 microgramos por litro, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada, es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

Cabe señalar que actualmente el INN está realizando una norma para definir métodos de medición de metales en agua de mar, denominada NCh3633 Calidad de agua – Determinación de cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, manganeso, níquel, plata y zinc en agua de mar– Método espectrofotometría de absorción atómica que deberá ser analizada una vez publicada para ser aplicada en los PMCCA.

5.3.4 Metodologías analíticas para medir cada parámetro de la red de observación

CONTAMINACIÓN FECAL

Determinación de Enterococos

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ha desarrollado dos métodos, uno basado en la Técnica de Filtración de Membrana (FM) y el otro basado en el Número Más Probable (NMP) utilizando un sistema miniaturizado de 96 pozos para mejorar la precisión (Bartram & Rees, 2000 *fide in* WHO, 2009; 2001):

a) El método FM (ISO 7899-2) emplea el medio de cultivo clásico m-Ent (con una solución estéril de TTC al 1%, incubada durante 44 ± 4 horas a 36 ± 2 °C), tras lo cual se trasplanta el filtro a agar bilis esculina azida (incubación durante 2 h a $44 \pm 0,5$ °C), lo cual permite confirmar todas las colonias que aparecen tan oscuras a negras como los enterococos intestinales. Este paso de confirmación es esencial para evitar falsos positivos (Figueras *et al.*, 1996, *fide in* WHO, 2009). El método ISO 1899-2 (2000) se enfoca en 4 especies de enterococos intestinales: *E. faecalis*, *E. faecium*, *Enterococcus durans* y *Enterococcus hirae*. Sin embargo, la norma ISO 7899-2 no incluye especificaciones de las características de desempeño del método ni especifica el rango de recuento confiable para la enumeración de enterococos (Tiwari *et al.*, 2018), por lo que estos autores proponen que el análisis de múltiples volúmenes de muestra alcance de 10 a 100 colonias por membrana cuando se utilizan membranas de 47 mm de diámetro para evitar la sobreestimación de los recuentos bajos y la subestimación de los recuentos altos.

b) El NMP (ISO7899-1) enumera los enterococos intestinales en función de su capacidad de crecimiento a $44 \pm 0,5$ °C y de hidrolizar 4-metilumbeliferil- β -D-glucósido en presencia de acetato de talio, ácido nalidíxico y Cloruro de tetrazolio (Cloruro de 2,3,5-

trifeniltetrazolio), en medio líquido especificado, siendo la reacción visualizada por la emisión de fluorescencia en 36-72 h.

Determinación de *Escherichia coli*

Existen dos métodos ISO para determinar *E. coli*, uno se basa en Filtración de membrana (FM) y el otro en el Número Más Probable (NMP) (Bartram & Rees, 2000 fide in WHO, 2009). A continuación, se detallan estos métodos:

a) El método de FM (ISO 9308-1) permite dos procedimientos alternativos, el primero es la prueba estándar y usa agar lactosa TTC con Tergitol-7 y requiere una confirmación probabilística de las colonias (al menos 10). El segundo es la prueba rápida que utiliza agar triptona soja (TSA) (4-5 ha 36 ± 2 ° C ° C) después de lo cual un trasplante del filtro a agar triptona bilis (19-20 ha $44 \pm 0,5$ ° C) permite confirmar todas las colonias que se vuelven rojas después de la adición de gotas del reactivo indol (en su parte superior) como *E. coli*. El trasplante se puede evitar si ambos medios se incluyen en la misma placa de Petri y se utiliza una incubación programada. Este método ISO fue diseñado para agua potable o aguas tratadas y puede no ser útil para aguas marinas contaminadas o aguas dulces con muchos microbios interferentes⁹.

b) El método MPN, ISO 9308-3 (96 pozos), enumera *E. coli* en base a su capacidad de crecimiento a 44 ± 0.5 °C en triptona, trítón salicino y de hidrolizar 4-metilumbeliferil- β -D-glucuronido siendo visualizada la reacción por la emisión de fluorescencia en 36 a 72 horas. Este método es poner de manifiesto los principales enterococos intestinales, es decir, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* y *E. hirae*, que se encuentran con frecuencia en las excretas humanas y de los animales homeotermos. Este método no es adecuado para las aguas potables y para cualquier otro tipo de agua en las cuales el valor guía sea inferior a 15 recuentos en 100 mL¹⁰.

Cabe mencionar que tanto los métodos ISO FM como NMP pueden proporcionar resultados para *E. coli* que pueden ser iguales o superiores a los resultados obtenidos para coliformes fecales, ya que ambos métodos involucran condiciones menos selectivas que pueden favorecer la recuperación de *E. coli* estresada.

FITOPLANCTON Y CIANOBACTERIAS

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La identificación taxonómica de las especies de fitoplancton y cianobacterias debe ser realizada por personal entrenado, que mediante el uso de microscopía, bibliografía y claves taxonómicas especializadas lleguen a determinar el género o idealmente la especie involucrada (UNESCO, 2009). Utilizando muestras frescas, el especialista deberá observar la morfología, tamaño, forma de agregación, planos de división, entre otras características. Posteriormente, se debe realizar el recuento de células presentes en la muestra, para lo cual puede utilizar cámaras de conteo y/o rejillas oculares calibradas. Adicionalmente, podrá utilizar tinciones con lugol o azul de metileno para resaltar algunos organelos o

⁹ <https://www.iso.org/standard/55832.html>

¹⁰ <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9308:-3:ed-1:v1:en>

estructuras en particular, como pared celular y vaina mucilaginosa (UNESCO, 2009; Almanza *et al.*, 2016)

La identificación de las cianobacterias también se puede realizar con la técnica de biología molecular de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que también permite la detección de las cianotoxinas (Vasconcelos, 2015 *vide in* Almanza *et al.*, 2016). Para aplicar este método se debe contar con un laboratorio bien equipado y especializado.

ABUNDANCIA DE CÉLULAS

La abundancia de células puede determinarse mediante métodos directos e indirectos. Los métodos indirectos incluyen la medición de clorofila-a y otros pigmentos (ficocianina en el caso de las cianobacterias, sin embargo, estas mediciones son solamente un proxy de la biomasa fitoplanctónica y no de la densidad celular. Los métodos directos de cuantificación involucran el uso de cámaras especiales que posteriormente se observan al microscopio. El método de Utermöhl (1958) requiere de un microscopio invertido y cámaras de sedimentación. En el caso de no disponer de estos elementos se podrá realizar el recuento con un microscopio óptico, utilizando cámaras de Sedgwick Rafter. Para el conteo en las cámaras de Sedgwick-Rafter, se recomienda colocar el cubreobjetos en forma diagonal, y colocar la muestra por el espacio libre que queda entre éste y el portaobjetos. Esta cámara tiene 50 mm por 20 mm de lado y 1 mm de profundidad, con una capacidad de 1 mL de muestra. Se debe dejar sedimentar la muestra como mínimo 15 minutos. Si la densidad de organismos en la muestra es muy alta, se pueden realizar diluciones de la muestra original con agua destilada. Por otra parte, las muestras de agua con muy baja densidad se pueden concentrar mediante filtración por membrana o por centrifugación.

La densidad celular bajo el método de Utermöhl se estima utilizando la siguiente fórmula:

$$N = (A/AC) \times [NC/(VC \times NC)] \times 100$$

Donde:

N= Número de células por litro

A = Área de la cámara (mm²)

AC = Área del campo (mm²) (depende del microscopio utilizado, se debe calcular para cada microscopio)

VC = Volumen de la cámara

NC = Número de campos contados

La densidad celular bajo el método de Sedgwick-Rafter se estima utilizando la siguiente fórmula:

$$N = (NC \times 1000 \text{ mm}^3) / A \times DXNC$$

Donde:

N= Número de células por litro

NC= Número de células contadas

A = Área del campo (mm²)
D = Profundidad del campo (cámara de Sedgwick-Rafter mm)
NC= Número de campos contados

En el caso de cianobacterias coloniales como las del género *Microcystis* se debe contar el número de células, para lo que se recomienda disolver las colonias. Existen métodos químicos (hidrólisis alcalina) y físicos (sonicación) para separar las células de las colonias. El método de hidrólisis alcalina, consiste en diluir 2 a 3 mL de muestra en agua destilada (20-30 %), agregar 3 o 4 gotas de hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH) 1M, colocar al baño maría (80 - 90 °C) durante aprox. 45 min, seguido por una mezcla intensiva e ir observando periódicamente al microscopio hasta identificar la disgregación completa de las colonias (Lawton *et al.*, 1999; Bellinger & Sigee, 2010, todos *fide in* Almanza, 2016).

BIOVOLUMEN

Estimar el biovolumen da una idea del volumen ocupado por las diferentes especies en un ecosistema dado, como un índice de la biomasa. La unidad de volumen depende del tamaño y la forma del microorganismo y se calcula utilizando formas geométricas simples o combinaciones de formas geométricas que se aproximen a la forma del organismo (Hillebrand *et al.*, 1999 *fide in* Almanza *et al.*, 2016). Por lo que para estimar el biovolumen es necesario medir las células (ej. largo, ancho, alto, entre otros) y utilizar las aproximaciones geométricas propuestas por Hillebrand *et al.* (1999 *fide in* Almanza *et al.*, 2016).

El biovolumen de una especie se puede determinar por la siguiente fórmula:
Biovolumen (µm³/mL) = V * N

Donde,
V: volumen específico (µm³)
N: abundancia (organismo o Cel /mL)

El biovolumen total de fitoplancton (Pb) en una muestra dada, será entonces la suma del biovolumen de cada especie (sp).

Pb= sp1, sp2, sp3, sp4...spx

CLOROFILA-A

Existen varias formas de determinar la concentración clorofila-a, las que incluyen diferentes métodos, procedimientos y modelos matemáticos (APHA, 1998 *fide in* Almanza *et al.*, 2016). La determinación *in situ* se realiza mediante sondas multiparamétrica con sensores específicos para clorofila-a, y otros pigmentos fotosintéticos, incluidos las ficocianinas, con las que se puede obtener una medida de la cantidad de cianobacterias directamente en el agua.

Los pasos para determinar la concentración de clorofila-a incluyen (Almanza *et al.*, 2016):

1. Filtración: Las muestras de un volumen conocido (que depende de la concentración algal) deben ser filtradas en condiciones de baja luz y presión de succión no superior a 3 atm. La filtración se realiza normalmente en filtros de membrana de celulosa (0,45 µm) o de fibra de vidrio (Whatman GF/C, 1,2 µm). Una vez terminada la filtración, los filtros, donde quedan retenidas las células, se congelan a -20 °C al menos durante una noche, para facilitar la lisis celular y la liberación del pigmento.

2. Extracción: se puede realizar con solventes que rompen las interacciones entre las proteínas y el pigmento, los más utilizados son la acetona y el metanol. La extracción se debe realizar a bajas temperaturas y en la oscuridad; de esta forma se reduce al mínimo la fotooxidación del pigmento.

3. Lectura: El extracto se coloca en una cubeta de 1 cm de camino óptico y lee absorbancia a 750 y 665 nm en una sonda fluorómetro o en un espectrofotómetro. En la misma cubeta se agrega 1 gota de HCl 1 N y luego de 1 minuto se repite la lectura a ambas longitudes de onda para descontar los feopigmentos.

CIANOTOXINAS

La extracción de las cianotoxinas, se puede realizar de las siguientes formas:

a) Analizar una muestra colectada directamente de un cuerpo de agua, desde una floración, por ejemplo, en este caso no hay como saber cuál especie genera la toxina (salvo que sea una floración monoespecífica).

b) Aislar y cultivar las especies de cianobacterias dominantes de la floración; producir biomasa de cada especie y, separadamente, hacer un análisis de cianotoxinas para cada especie.

Las opciones para medir cianotoxinas van desde métodos simples y rápidos para realizar una apreciación global de la toxicidad y efectos biológicos de la muestra, a métodos complejos y sofisticados que permiten la identificación y cuantificación de componentes individuales y sus variantes. Estos métodos incluyen bioensayos con ratón, ensayo inhibición proteína fosfatasa, inmunoensayos (kit ELISA), (HPLC), espectroscopía de masas (LC-MS) y técnicas moleculares.

El método screening más recomendado para este caso es el inmunoensayo ELISA ("Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay", ensayo por inmuno absorción ligado a enzimas), se han desarrollado kits ELISA para la determinación de varias cianotoxinas como microcistinas, saxitoxinas, anatoxina a, anatoxina aS. Los más comercializados y utilizados corresponden a las microcistinas. Con esta técnica se detecta un antígeno en una fase sólida mediante anticuerpos que reaccionan dando un producto coloreado que es posible medir por espectrofotometría. Es un método con alta sensibilidad y especificidad, permite estimar la concentración de microcistinas por debajo del límite recomendado por la OMS y, no necesita mayor pretratamiento de la muestra. Es económico si se considera la cantidad de muestras que pueden hacerse en paralelo (aproximadamente 30), son adaptables a aplicaciones en terreno, simples y fáciles de instrumentar en laboratorios con escaso equipamiento. Los resultados generalmente se expresan como µg/mL. Existen distintos tipos de kits de ELISA comerciales (p.e. Abraxis, EnviroLogix Inc., Portland entre otros). Sin embargo, debido a que el método ELISA puede tener resultados falsos positivos, requiere

ser complementado con métodos analíticos instrumentales, que permitan obtener mayor detalle de la composición de microcistinas en la muestra y/o en la floración que se está estudiando. Debido a que los distintos congéneres de microcistinas poseen distinto grado de toxicidad, se debe tener cuidado al reportar la concentración determinada como µg/L de MC-LR. Uno de los métodos instrumentales recomendados es cromatografía líquida de alta presión (HPLC) con detección UV, en particular con arreglo de diodos. Se debe considerar que se requieren estándares para la determinación de toxinas, las cuales deben ser adquiridas en el extranjero (Almanza *et al.*, 2016).

Existen otras metodologías y cada una tiene ventajas y desventajas. La **Tabla 33** muestra algunas características de algunos métodos que se utilizan para medir microcistinas (Smienk *et al.*, 2014).

Tabla 33 Características de metodologías aplicables al análisis de microcistinas en agua y sus principales características.

Método	Propiedades
Bioensayo	<ul style="list-style-type: none"> • Medida de toxicidad real • No específico • No respetuoso con el bienestar animal
Inhibición fosfatasa	<ul style="list-style-type: none"> • El más rápido • Específico y sensible • Medida de la toxicidad real (Diana PP2A)
HPLC	<ul style="list-style-type: none"> • Específico, pero menos sensible • Necesita patrones para cada molécula • No mide toxicidad real
Eliza	<ul style="list-style-type: none"> • Rápido y sensible • Irregular reactividad cruzada entre microcistinas /falsos positivos • No mide toxicidad real

Fuente: Smienk *et al.*, 2014.

Por otro lado, la EPA, a través del programa de verificación de tecnología ambiental (ETV por sus siglas en inglés verificó la eficacia del Kit de prueba de tiras de microcistina Abraxis para la detección de microcistinas en muestras de aguas recreacionales en el año 2010 (ETV, 2010). La tecnología sirve para analizar una variedad de muestras de agua para las variantes microcistina-LR, microcistina-LA y microcistina-RR. El kit de prueba de tiras de microcistina es una prueba inmunocromatográfica rápida, diseñada únicamente para su uso en la detección cualitativa de microcistinas en terreno. Se requiere un paso de lisis celular rápida (QuikLyse™) realizado antes de la prueba para medir el total de microcistinas (disueltas o libres, más células unidas). El kit de prueba de tiras de microcistina proporciona solo resultados preliminares de pruebas cualitativas. Si es necesario, las muestras positivas pueden confirmarse mediante ELISA, cromatografía líquida de alta presión (HPLC) u otros métodos convencionales. La prueba está diseñada para uso en el campo, no requiere

instrumentación u otro equipo, ni fuentes de energía ni almacenamiento refrigerado. Su límite de detección es mayor a 10 ppb, con resultados semicuantitativos para concentraciones entre 0 y 10 ppb.

COMPUESTOS QUÍMICOS

- Sulfonato de perfluorooctano (PFOS)/ Sulfonato de perfluorohexano (PFHxS)/ Ácido perfluorooctanoico (PFOA): Method 537: Determination of selected perfluorinated alkyl acids in drinking water by solid phase extraction and liquid chromatography mass spectrometry, EPA Method 2009.

Al emplear inyecciones de gran volumen se puede utilizar para analizar PFAS directamente sin pretratamiento de la muestra (Schultz *et al.*, 2006) El método más comúnmente aplicado para la extracción de PFAS de muestras de agua de mar con baja la concentración es SPE (Moody y Field, 1999, Taniyasu *et al.*, 2008; ICES, 2010). Un ajuste de pH suele ser no es necesario para las muestras de agua antes de la extracción, pero puede mejorar las recuperaciones para algunos PFAS, dependiendo de las matrices y los compuestos objetivo (Van Leeuwen *et al.*, 2006).

Una muestra de agua de 250 ml se fortifica con sustitutos y se pasa a través de un cartucho de extracción en fase sólida (SPE) que contiene poliestirendivinilbenceno (SDVB) para extraer los analitos y sustitutos del método. Los compuestos se eluyen de la fase sólida con una pequeña cantidad de metanol. El extracto se concentra a sequedad con nitrógeno en un baño de agua caliente y luego se ajusta a un volumen de 1 ml con metanol: agua al 96: 4% (vol / vol) después de agregar el (los) IS. Se realiza una inyección de 10 µL en un LC equipado con una columna C18 que está interconectada con un MS / MS. y su límite de detección tiene relación con el nivel de interferencia de la muestra y de las limitaciones instrumentales.

- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH): Method 6440 B: Liquid-Liquid Extraction Chromatographic Method. SM Ed. 23, 2017.

Se debe ajustar la muestra a un pH menor a 12 con hidróxido de sodio y se mantiene por una hora a temperatura ambiente par hidrolizar derivados, los límites de detección dependen del compuesto, instrumento y naturaleza de la matriz de agua. Los límites de detección para el método dependen del carbofurano analizado, pero estos van entre 0,01726 y 2,3 microgramos por litro, valores inferiores a los sugeridos lo cual permite la utilización de la metodología presentada, es importante destacar que estos valores son referenciales y pueden variar dependiendo de la composición química de la muestra, del compuesto en el cual se encuentra el analito y de las condiciones instrumentales.

5.4 Criterios técnicos para determinar la representatividad de los muestreos en base a condiciones específicas de la cuenca, área de vigilancia, o estación de monitoreo, si corresponde

5.4.1 Determinación de las metodologías de muestreo para la red de control

La toma de muestras es una operación muy importante y delicada, ya que de ella dependen los buenos o malos resultados de los análisis que se realicen y, por lo tanto, de las acciones

en la gestión de la calidad (SEREMI Salud Valparaíso, 2008). Si se necesita tomar muestras, se debería hacer de acuerdo con un programa de muestreo (NCh411/3. Of. 96).

El valor de cualquier resultado de laboratorio depende de una adecuada toma de muestras y de su conservación hasta la realización de los análisis. El objeto de cualquier muestreo es recoger, en este caso, una porción de agua continental o marina lo suficientemente pequeña para ser convenientemente manejada en el laboratorio, y que sea representativa del agua de origen. Ambos tipos de muestras deben ser recogidos de tal forma que nada sea añadido o perdido y que ningún cambio ocurra durante su transporte, por lo que las muestras deben recogerse por personal debidamente calificado para ello, que reúna la experiencia o la formación adecuada para la realización de esta labor (SEREMI Salud Valparaíso, 2008). El volumen de muestra a recolectar corresponde a 15 mL, para cada Parámetro a analizar.

Por muestreo se entiende a aquellas actividades desarrolladas para obtener volúmenes de agua recreativa en un sitio determinado, de tal manera que sean representativos, con el propósito de evaluar características físicas, químicas y bacteriológicas (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

5.4.1.1 Aguas continentales

Se revisó el estado de las normas chilenas establecidas para el muestreo de calidad del agua continentales en el D.S. 143/2008 de MINSEGPRES y los resultados fueron los siguientes:

- NhC411/1.Of. 96. D.S. N°501, de 1996, de Obras Públicas. Calidad del agua – Muestreo- Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo, no se encuentra vigente de acuerdo al Instituto Nacional de Normalización¹¹.
- NhC411/2.Of. 96. D.S. N°501, de 1996, de Obras Públicas, Calidad del agua -Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo, no se encuentra vigente de acuerdo al Instituto Nacional de Normalización¹².
- NhC411/4.Of. 97. D.S. N°47, de 1997, de Obras Públicas, Calidad del agua- Muestreo – Parte 4: Para el muestreo de lagos naturales y artificiales, no aplica para este caso, ya que no se registran lagos como balnearios en las áreas de estudio.
- NhC411/6.Of. 98. D.S. N°84, de 1988, de Obras Públicas, Calidad del agua- Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua, no se encuentra vigente de acuerdo al Instituto Nacional de Normalización¹³.

Por lo tanto, se procedió a revisar otros documentos y literatura que permita definir los métodos de muestreo de calidad de aguas continentales, los cuales se mencionan a continuación:

¹¹ <https://ecommerce.inn.cl/nch4111199641708>

¹² <https://ecommerce.inn.cl/search?q=NCh411%2F2>

¹³ <https://ecommerce.inn.cl/nch41116199841714>

- APHA/AWWA/WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

- SEREMI Salud Valparaíso. 2008. Programa monitoreo aguas de uso recreativo. Región de Valparaíso. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud.

Los envases para la colecta de muestras de agua deberán ser entregados por el laboratorio ambiental que lleve a cabo los análisis y estos deben estar estériles (APHA/AWWA/WEF, 2017; SEREMI Salud Valparaíso, 2008) y debidamente rotulados.

La toma de muestras en aguas recreacionales de ríos y esteros se deberá procurar sumergir el envase de vidrio a lo menos unos 20 cm del borde del cuerpo de agua con el cuello hacia abajo y enderezar con el cuello hacia arriba (evitar tomar muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber espumas o sedimento) (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

5.4.1.2 Aguas marinas y estuarinas

Se revisó el estado de las normas chilenas establecidas para el muestreo de calidad del agua continentales en el D.S. 144/2008 de MINSEGPRES y los resultados fueron los siguientes:

- NhC411/1.Of. 96. D.S. N°501, de 1996, de Obras Públicas. Calidad del agua – Muestreo- Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo, no se encuentra vigente de acuerdo al Instituto Nacional de Normalización¹⁴.
- NhC411/2.Of. 96. D.S. N°501, de 1996, de Obras Públicas, Calidad del agua -Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo, no se encuentra vigente de acuerdo al Instituto Nacional de Normalización¹⁵.
- NhC411/9.Of. 97. D.S. N°501, de 1996, Calidad del agua - Muestreo - Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas, la cual se encuentra vigente de acuerdo al Instituto Nacional de Normalización¹⁶.

Además, se revisaron los siguientes documentos para complementar la información:

- APHA/AWWA/WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

- SEREMI de Salud Valparaíso. 2008. Programa monitoreo aguas de uso recreativo. Región de Valparaíso. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud.

Para la toma de muestras se recomienda el uso de envases de vidrio u otro material inerte que no presente interacción con las sustancias presentes en la muestra. Además, se debe evitar el uso de envases frágiles sin la protección adecuada (NCh 411/9). Los envases para la colecta de muestras de agua deberán ser entregados por el laboratorio ambiental que

¹⁴ <https://ecommerce.inn.cl/nch4111199641708>

¹⁵ <https://ecommerce.inn.cl/search?q=NCh411%2F2>

¹⁶ <https://ecommerce.inn.cl/nch4119199741716>

lleve a cabo los análisis y estos deben estar estériles (APHA/AWWA/WEF, 2017; SEREMI Salud Valparaíso, 2008) y debidamente rotulados.

EN ZONAS CON OLEAJE TRANQUILO

Donde el agua es de aproximadamente 1 m de profundidad, las muestras se deben recoger a la altura aproximada de la rodilla o 30 cm debajo de la superficie del agua (SEREMI Salud Valparaíso, 2008). Se recomienda evitar tocar el interior de la tapa o el borde de la botella o envase.

Las muestras debajo de la superficie se pueden extraer fácilmente por simple inmersión (manual) del envase de muestreo enfrentándolo a la corriente u olas; a continuación, se abre la tapa dejando que el envase se llene completamente antes de tapar bajo el agua. Es indispensable lavar el frasco varias veces con el agua que se va a muestrear antes de extraer la muestra definitiva (NCh411/9; SEREMI Salud Valparaíso, 2008)).

Tomar las muestras de una sola vez, evitando el ingreso de sedimentos y objetos sólidos dentro de la botella (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

EN ZONAS DE PLAYA CON ROMPIENTE CERCANA A LA ORILLA

Pasar por sobre la rompiente a una profundidad del agua de entre 1 a 1,15 m. Se deberá tomar la muestra de agua a 30 cm bajo la superficie del agua. Si la pendiente del fondo es pronunciada o si hay marejada, tomar la muestra en la orilla, donde la profundidad del agua esté entre el tobillo y la rodilla. Llenar la botella procurando que contenga un mínimo de arena.

5.4.2 Determinación de las metodologías de muestreo para la red de observación

CONTAMINACIÓN FECAL

Para el caso de monitoreos microbiológicos las recomendaciones de la UE (2006) son las siguientes:

1. Punto de muestreo

En lo posible, las muestras se tomarán 30 cm por debajo de la superficie de las aguas y en aguas cuya profundidad no sea inferior a 1 m.

2. Esterilización de los recipientes de las muestras

Los recipientes de las muestras:

— se someterán a esterilización en autoclave durante al menos 15 minutos a 121 °C, o

— se someterán a esterilización en seco durante al menos 1 hora con una temperatura de 160 °C a 170 °C, o

— serán recipientes para muestras irradiados directamente por el fabricante.

3. Muestreo

El volumen del recipiente dependerá de la cantidad de agua necesaria para el análisis de cada parámetro. El contenido mínimo será en general de 250 ml.

Los recipientes para las muestras deberán ser transparentes e incoloros (de vidrio, polietileno o polipropileno).

Con el fin de evitar la contaminación accidental de la muestra, la persona que obtenga las muestras empleará técnicas asépticas para mantener la esterilidad de los recipientes de muestreo. No serán necesarios otros equipos estériles (como guantes quirúrgicos estériles, pinzas o varetas) si se procede adecuadamente.

La muestra deberá identificarse claramente con tinta indeleble en la muestra y en el formulario de la muestra.

CIANOBACTERIAS

Ante la presencia de una floración de cianobacterias es indispensable identificar y cuantificar las especies responsables del florecimiento, así como detectar y cuantificar las cianotoxinas presentes. Almanza *et al.* (2016) recomiendan conocer y evaluar lo siguiente:

- La identidad taxonómica de la o las especies de cianobacterias responsables de la floración
- Número total de células
- Concentración de clorofila-a
- Biovolumen de las cianobacterias totales
- Presencia/ausencia de microcistinas totales
- Concentración de microcistinas totales y/o microcistina LR

Se deben tomar dos tipos de muestras que servirán para realizar diferentes tipos de análisis:

1.- Muestras cualitativas, las que se extraen con red y servirán para identificar las cianobacterias potencialmente tóxicas y realizar los listados de las especies fitoplanctónicas acompañantes.

En el caso de observar un denso florecimiento se podrá recolectar la muestra con frascos de boca ancha, pasando directamente el frasco sobre la masa de células visible a simple vista, se debe llenar hasta la mitad aproximadamente (Andrinolo *et al.*, 2008 *fide in* Almanza *et al.*, 2016). Si las colonias de cianobacterias no son visibles en un florecimiento menos denso y/o una floración dispersiva, se deberá realizar un arrastre con una red de fitoplancton, malla de 20 a 30 micrones de apertura de poro. La muestra se podrá tomar desde la orilla o ribera o desde una embarcación (Almanza *et al.*, 2016).

2.- Muestras cuantitativas, las que se extraen con botellas muestreadoras de agua, con las cuales se toma una proporción representativa de la columna de agua. Con esta muestra se podrá cuantificar la cantidad de fitoplancton (concentración de clorofila-a, relación porcentual de las distintas especies en la muestra), de cianobacterias (abundancia de células o biovolumen), la concentración de cianotoxinas y otros parámetros como nutrientes (nitrógeno y fósforo total).

Para tomar muestras que sean representativas de las características del cuerpo de agua, se utilizan botellas muestreadoras o bombas de succión. Las botellas muestreadoras, pueden ser verticales u horizontales (tipo Ruttner, Niskin, Van Dorn), y permiten coleccionar a una profundidad elegida, mientras que con bombas de succión se pueden muestrear y/o integrar muchos sitios en poco tiempo (UNESCO, 2009). Estas muestras se toman desde una embarcación y deben ser fraccionadas para realizar los diferentes análisis (Amanza *et al.*, 2016).

COMPUESTOS QUÍMICOS – HIDROCARBUROS

Para la toma de muestras de hidrocarburos en el agua ARCOPOL (2011) recomienda recoger la muestra con un frasco de la siguiente forma:

- Coger el recipiente con una mano y la tapa con la otra mano.
- Introducirlo en el agua con cuidado y recoger una muestra rozando la capa de hidrocarburo para coger la menor cantidad de agua posible.
- Repetir hasta que el frasco esté lleno hasta los tres cuartos de su capacidad.

5.4.3 Condiciones de preservación de las muestras para la red de control

De acuerdo a la NCh 411/3 of 96, preservación de una muestra es cualquier procedimiento usado para estabilizar una muestra de forma tal, que las propiedades bajo prueba se mantengan estables desde el muestreo hasta la preparación para el análisis. Mientras que el almacenamiento de muestras es el proceso y el resultado, de mantener disponible una muestra bajo condiciones predefinidas para un intervalo de tiempo (usualmente) especificado entre el muestreo y otro tratamiento de una muestra y, tiempo de almacenamiento es el período entre la recolección de la muestra y un nuevo tratamiento de la muestra en el laboratorio, si se almacena bajo condiciones predefinidas.

En términos generales, después de su recolección, las muestras deben ser mantenidas entre 0° y 10° C como máximo, hasta su recepción en el laboratorio (SEREMI Salud Valparaíso, 2008). La **Tabla 34** entrega algunos valores de temperatura de preservación de acuerdo a la NCh411/3. Of.96.

Las muestras deben permanecer selladas hasta su apertura en el laboratorio de análisis y los envases deben ser cubiertos individualmente para prevenir su contaminación (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

El tiempo máximo que puede transcurrir entre la toma de la muestra y el análisis depende de cada parámetro analizado, por lo que debe consultarse al laboratorio en holding time para cada caso y asegurarse de cumplir con este tiempo para el ingreso de las muestras al laboratorio. Sin embargo, la NCh411/3. Of.96. entrega algunos tiempos de referencia (**Tabla 34**).

No se deben congelar las muestras (SEREMI Salud Valparaíso, 2008).

Tabla 34 Técnicas recomendadas para la preservación de muestras de agua – Análisis fisicoquímicos, químicos y microbiológicos (NCh411/3. Of.96).

Compuesto o elemento	Tipo de envase (*)	Técnica de preservación	Lugar de análisis	Tiempo máximo de preservación antes del análisis	Observaciones	Norma del Método
Color	P o V	Refrigerar a (4 ± 2) °C y almacenar en la oscuridad.	Laboratorio	1 día	Llenar el envase completamente	NCh412
		Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.		5 días		ISO 7887
pH	P o V	-	in situ o en terreno	-	El análisis debería realizarse preferiblemente <i>in situ</i> o bien en terreno inmediatamente después del muestreo. Dependiendo del objetivo, es recomendable efectuar nuevamente la determinación en el laboratorio.	NCh413
		Refrigerar a (4 ± 2) °C.	Laboratorio	6 h		
Cianuro	P	Alcalinizar con NaOH (ver B.2.3 o B.3.6) a un pH > 12; refrigerar a (4 ± 2) °C y almacenar en la oscuridad.	Laboratorio	1 día	Los compuestos de cianuros son muy inestables, se debe preservar la muestra. La técnica de preservación dependerá del método de análisis elegido para la determinación.	ISO 6703-1
	P o V	Alcalinizar con NaOH (ver B.2.3 o B.3.6) a un pH > 12 y almacenar en la oscuridad.		14 días. 1 día si se está en presencia de sulfuro		ISO 14403
				3 días		
Bifenilos policlorados (PCBs)	V/PTEF	Ajustar a pH 5,0 a pH 7,5 (ver nota b). Si pH está fuera de	Laboratorio	1 día		ISO 6468

Compuesto o elemento	Tipo de envase (*)	Técnica de preservación	Lugar de análisis	Tiempo máximo de preservación antes del análisis	Observaciones	Norma del Método
		ese rango, extraerla dentro de 24 h. Si las muestras están cloradas, se aplica la Nota a).				
Aldrín* y Dieldrín*	Va/PTFE		Laboratorio	7 días		
Clordano *	Va/PTFE		Laboratorio	1 día		
Heptaclor *	Va/PTFE		Laboratorio	7 días		
Lindano *	Va/PTFE		Laboratorio	1 día		
Arsénico	P(A), B(A), FP(A)	Acidificar con HNO ₃ a un pH < 2.	Laboratorio	1 mes	Es necesario un cuidado especial para asegurar que el envase para la muestra esté libre de contaminación. Referirse al elemento en particular.	NCh425
	PE, PP y FEP	Acidificar a pH 1 a pH 2 con HCl o HNO ₃ . Se debería usar HCl si se emplea la técnica de hidruros para análisis.		6 meses		ISO 15586
	Para concentraciones normales: PE-HD y PTEF Para concentraciones bajas: PFA y FEP					ISO 11885
	P(A), VB(A)					ISO 11969
Cadmio	P(A), B(A), FP(A)	Acidificar con HNO ₃ a un pH < 2.	Laboratorio	1 mes	Es necesario un cuidado especial para asegurar que el envase para la muestra esté libre de contaminación. Referirse al elemento en particular.	NCh1803 NCh1878 NCh1879
	PE, PP y FEP			6 meses		ISO 15586

Compuesto o elemento	Tipo de envase (*)	Técnica de preservación	Lugar de análisis	Tiempo máximo de preservación antes del análisis	Observaciones	Norma del Método
	PE, VB	Acidificar a pH 1 a pH 2 con HNO ₃				ISO 5961
	Para concentraciones normales: PE-HD y PTEF Para concentraciones bajas: PFA y FEP					ISO 11885
Cromo Total	P(A), B(A), FP(A)	Acidificar con HNO ₃ a un pH < 2.	Laboratorio	1 mes	Es necesario un cuidado especial para asegurar que el envase para la muestra esté libre de contaminación. Referirse al elemento en particular.	NCh1802 NCh1878 NCh1879 ISO 9174
	PE, PP, FEP	Acidificar a pH 1 a pH 2 con HNO ₃				ISO 15586
	Para concentraciones normales: PE-HD y PTEF Para concentraciones bajas: PFA y FEP					ISO 11885
Mercurio	P, VB	Acidificar a pH 1 a pH 2 con HNO ₃	Laboratorio	6 meses		
	PTFE, FEP, VB, cuarzo					ISO 17852
	P, VB	Agregar HCl (ver B.3.3) 1 ml/100 ml. Se requiere cuidado particular para garantizar que la muestra está libre de contaminantes				ISO 12846

Compuesto o elemento	Tipo de envase (*)	Técnica de preservación	Lugar de análisis	Tiempo máximo de preservación antes del análisis	Observaciones	Norma del Método
		Estabilización con el paso de digestión usando un reactivo de bromuro de potasio-bromato de potasio en el laboratorio.		1 mes		
Plomo	P(A), B(A), FP(A)	Acidificar a pH 1 a pH 2 con HNO ₃	Laboratorio	6 meses	No usar HCl ni H ₂ SO ₄	NCh1801 NCh1878 NCh1879 ISO 8288
	PE, PP y FEP Para concentraciones normales: PE-HD y PTEF Para concentraciones bajas: PFA y FEP					ISO 15586
						ISO 11885
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Envases estériles	Refrigeración a (4±2) °C. Durante el transporte las muestras deberían mantenerse a una temperatura menor que la del medio ambiente.	Laboratorio	20 h	Para agua clorada, yodada o bromada, la muestra se colectará en un frasco que contenga (antes de esterilizarlo) tiosulfato de sodio [en general 0,1 ml de una solución al 10% (m/m) de Na ₂ S ₂ O ₃ por 125 ml de muestra]. Para aguas que contengan metales pesados en concentraciones mayores que 0,01 mg/L, agregar al envase (antes de esterilizarlo) 0,3	NCh1620/1 NCh1620/2 ISO 6222 ISO 6461 ISO 7899 ISO 9308

Compuest o elemento	Tipo de envase (*)	Técnica de preservación	Lugar de análisis	Tiempo máximo de preservación antes del análisis	Observaciones	Norma del Método
					ml de una solución de EDTA o NTA al 15% (m/m) por cada 500 ml de muestra	

Nota a. No se recomienda para los procedimientos de oxidación persulfato simultánea / digestión.

Nota b. Si se sospecha que la muestra ha sido clorada, por cada 1 000 ml de muestra, añadir 80 mg de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en el recipiente después de la toma de muestra (o después del muestreo).

(*) Las abreviaturas utilizadas para los tipos de envase son las siguientes:

P: plástico (polietileno, PET o PVC)

V: vidrio

P(A) o V(A): envase enjuagado con ácido nítrico 1:1

Va(S): vidrio neutro color ámbar, lavado con el mismo solvente utilizado en el análisis

V/PTEF: vidrio neutro provisto de tapa rosca que disponga de septa de silicona recubierto con politetrafluoroetileno (PTFE)

VB: vidrio borosilicato

FEP: perfluoro

PE-HD: polietileno de alta densidad

PFA: perfluoroalcoxi (polímero)

PP: polipropileno

PTFE: politetrafluoroetileno

FP: Fluoropolímero (por ejemplo, PTEF, PFA, FEP)

Cuando se hace mención a una norma ISO, los tipos de recipientes son idénticos a aquellos establecidos en la Norma Internacional. En algunos casos, el tipo de recipiente en la norma es muy específico, por ejemplo, PTFE. Esto es esencial cuando se tienen que medir concentraciones muy bajas. En otros casos, cuando el tipo de plástico específico no es importante, el término plástico es suficiente.

5.4.4 Condiciones de preservación de las muestras para la red de observación

CONTAMINACIÓN FECAL

Para muestras microbiológicas la UE (2006) establece los siguientes criterios:

Las muestras de agua deberán estar protegidas de la exposición a la luz, especialmente a la luz solar directa, en todas las fases del transporte.

Las muestras deberán conservarse a una temperatura de aproximadamente 4 °C, en una caja térmica o en un refrigerador (dependiendo del clima), hasta su llegada al laboratorio.

Será obligatorio el transporte en un refrigerador cuando sea probable que el transporte al laboratorio supere las 4 horas.

El lapso de tiempo entre la toma de muestras y su análisis deberá ser lo más corto posible. Se aconseja realizar el análisis el mismo día hábil en que se obtengan las muestras. Si ello no fuera posible por motivos prácticos, deberán procesarse las muestras en un plazo máximo de 24 horas. Entretanto se conservarán en la oscuridad y a una temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por su parte, la NCh 411/3. Of.96, realiza las mismas recomendaciones que para otras baterías fecales (**Tabla 34**).

FITOPLANCTON Y CIANOBACTERIAS

Las muestras para análisis cualitativos son fraccionadas en dos frascos plásticos debidamente rotulados. Una de las muestras será conservada en fresco, para lo que se guardará a 4°C en un refrigerador. Esta muestra deberá ser observada inmediatamente o pocos días después del muestreo al microscopio óptico. La segunda fracción se preserva con solución lugol 1 % o formol neutralizado y por lo tanto puede ser guardada por un tiempo prolongado (UNESCO, 2009).

Las muestras para análisis cuantitativos, dependiendo del análisis se almacenan en frascos con diferentes especificaciones (ej. vidrio, plástico, oscuros). Los frascos debidamente rotulados se transportan en condiciones de frío y oscuridad hasta llegar a los respectivos laboratorios. Para el estudio cualitativo de las cianobacterias se debe fijar con formaldehído, nunca con lugol. Este último (lugol) destruye las vesículas de gas que impiden la correcta identificación taxonómica de las cianobacterias (Almanza *et al.*, 2016).

Las muestras para el análisis del fitoplancton y cianobacterias deben ser fraccionadas, una porción guardada en fresco (sin fijar) y la otra fijada inmediatamente con lugol (0,3 a 1 % según concentración de la muestra) y/o con formol neutralizado (3 a 5 % final) y conservar en oscuridad.

Para realizar el análisis de clorofila-a se deben guardar en frascos oscuros y mantener en oscuridad total y refrigeración ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Las muestras se filtran (idealmente después del muestreo) y guardan los extractos en frascos oscuros a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta un máximo de 30 días para su posterior lectura (UNESCO, 2009).

Las muestras destinadas al análisis de cianotoxinas deben ser guardadas en frascos de vidrio color ámbar, transportadas en condiciones de frío y congeladas inmediatamente después del muestreo ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) y hasta su posterior análisis.

COMPUESTOS QUÍMICOS

Las metodologías de preservación de muestras sugeridas para hidrocarburos son las especificadas en la guía para toma de muestras de vertidos en el mar por la Atlantic Regions' Coastal Pollution Response (ARCOPOL, 2011), donde se especifica que el almacenamiento y gestión de las muestras y del equipo de muestreo se debe llevar a cabo con limpieza, evitando que se contaminen con otras sustancias. El protocolo a seguir para el envasado y conservación de las muestras es el siguiente:

- Limpiar y secar el frasco con papel.

- Cerrar el frasco comprobando que el disco de teflón y el tapón están dispuestos adecuadamente.
- Guardar el frasco dentro del envase térmico.
- Introducir en la bolsa de toma de muestras con su precinto correspondiente.
- Rellenar todos los apartados de la bolsa de toma de muestras.
- Mantener las muestras en sitio fresco para minimizar la volatilización o la biodegradación de los constituyentes de la muestra (preferiblemente a una temperatura de 4°C) y almacenar en oscuridad.
- No congelar las muestras, excepto en el caso de tratarse de muestras de animales muertos.
- Mantener los frascos en posición vertical y con el tapón hacia arriba.

5.4.5 Criterios de validación del resultado del monitoreo

Inicialmente, para la validación del resultado del monitoreo, se debe desarrollar un protocolo que describa el alcance, el enfoque y la metodología a utilizar para verificar que el resultado del monitoreo sea óptimo. El cual deberá considerar que se asegure registrar los datos del sitio del muestreo, tales como coordenadas geográficas, características geomorfológicas del lugar, posibles accesos y restricciones al lugar, los compuestos y elementos que se van a monitorear, los equipos e instrumentos que se deben utilizar, procurando que estos se encuentren previamente calibrados, contar con los documentos de seguimiento, como cadenas de custodia, fotografías, etc.

Las muestras deben ser tomadas y analizadas por entidades técnicas de fiscalización ambiental (ETFA) autorizados por la Superintendencia del Medio Ambiente¹⁷. Si la entidad muestreadora es diferente al laboratorio que analizará las muestras se recomienda tomar muestras ciegas. De igual manera se recomienda la fiscalización aleatoria por parte de la SMA en el lugar de monitoreo para asegurar que el muestreador efectivamente cumpla con los estándares de toma de muestra, almacenamiento y traslado de estas.

La elección del laboratorio debe basarse además en los métodos y límites de detección con los que estos operan para cada elemento o compuesto. En caso de que un laboratorio utilice otro método o estos sean actualizados, se debe conocer la comparabilidad con el método reemplazado (Pritt & Raese, 1992).

Adicionalmente, es necesario completar formularios de cadena de custodia para garantizar la integridad de la muestra desde la recopilación hasta el informe de datos. Esto incluye la capacidad de rastrear la posesión y el manejo de la muestra desde el momento de la recolección hasta el análisis y la disposición final. Este procedimiento asegura que la muestra no sea adulterada desde que es recolectada hasta que es analizada en un laboratorio de análisis. En resumen, en una cadena de custodia se debe realizar adecuadamente el etiquetado correcto de las muestras, sellado de los envases y contenedores, registro de las características del muestreo, registro de la cadena de custodia incluyendo información sobre el número de muestra; firma de la persona que tomó la muestra, fecha, hora y dirección de recolección; tipo de muestra; preservantes, requisitos de conservación de muestras; firmas de personas involucradas en la cadena de posesión; e inclusive fechas y horas de posesión. Además, se debe evidenciar el laboratorio de análisis, persona que recibe la muestra, número de muestra del laboratorio, fecha de

¹⁷ <https://entidadestecnicas.sma.gob.cl>

recepción de la muestra, estado de cada muestra (si está fría o caliente, si el recipiente está lleno o no, color, si está presente más de una fase, etc.), y los tipos de análisis a realizar. Si las muestras son enviadas por un transportista comercial, incluir el número de guía de embarque en la documentación de custodia de la muestra (APHA, AWWA & WEF, 2017).

Cada 10 muestras, se debe tomar una adicional como control, que sea un duplicado de alguna de las muestras del monitoreo y cuya identidad y georreferenciación sea desconocida por el laboratorio de análisis, es decir, una muestra ciega para el laboratorio de análisis. También es recomendable agregar muestras con agua de referencia, por ejemplo, de un lugar sin contaminación, o soluciones estándar de los compuestos o elementos que serán medidos sin otorgar su identidad al laboratorio de análisis (Pritt & Raese, 1992).

Una vez recibidos los informes de resultados del laboratorio (informes de ensayo) se verifican los coeficientes de correlación de las curvas de calibración. Los coeficientes de correlación aceptables varían según la línea analítica, y la mayoría de las líneas analíticas requieren cumplir con un coeficiente de correlación de al menos 0,99. Si hay muestras de agua de referencia estándar disponibles, se revisan los resultados para asegurarse que se encuentren dentro de 1,5 desviaciones estándar del valor medio (Pritt & Raese, 1992).

Por otro lado, se verifican las soluciones estándar y duplicadas para asegurar que se ajusten a los criterios de aceptación. Si se cumplen todos los criterios de aceptación de los datos en los procedimientos operativos estándar, se determina que los datos de esta serie analítica son aceptables. Si las muestras de control de calidad no cumplen con los criterios de aceptación, se debe repetir el muestreo. Es recomendable ajustar los gráficos de control de calidad mensualmente, a partir de los datos de la muestra de agua de referencia o el estándar (Pritt & Raese, 1992).

No se considera necesario determinar criterios para la validación de datos con respecto al límite de detección, ya que los valores máximos permitidos en la regulación actual contemplan concentraciones tres veces mayores que los límites de detección de las metodologías analíticas propuestas. Los DS 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES proponen concentraciones máximas expresadas en mg/L, mientras los LD de los métodos analíticos corresponden a valores que se encuentran en el rango de los $\mu\text{g/L}$.

5.4.6 Criterios para intensificar el monitoreo

Los criterios para intensificar el monitoreo sugeridos acá son con fines puramente sanitarios, ya que este punto no está contenido en la normativa de los DS 143/2008 y 144/2008.

La recomendación sanitaria es que los monitoreos deberán intensificarse en caso que se considere que la calidad de las aguas no cumple con las normas primarias en dos mediciones consecutiva en el tiempo en temporada de baño, o tres mediciones consecutivas fuera de temporada de baño, en uno o más puntos de monitoreo de alguna de las áreas de vigilancia propuestas, a fin de verificar si los valores anómalos se mantienen en el tiempo.

En el caso de emergencia ambiental, también corresponderá intensificar el muestreo de acuerdo al riesgo previsto, e investigar las causas de la superación del valor en cuestión

(Minuta técnica Programa de vigilancia norma primaria de calidad agua apta para actividades recreacionales con contacto directo de la SEREMÍA de Valparaíso).

Para el caso de la red de observación, para enterococos intestinales y *E. coli* la frecuencia de monitoreo debiera aumentarse al obtener valores mayores a 200 cel de enterococos intestinales/ 100 mL (WHO, 2021) y más de 900 cel de *E. Coli* / mL (UE, 2014) en dos o más mediciones consecutivas en el tiempo en temporada de baño, a fin de descartar que se trate de un evento esporádico (**Tabla 35**). La OMS recomienda iniciar una mayor frecuencia de monitoreo y cuando la medición de microcistinas supera los 24 µg /L o se determina una abundancia celular mayor a 4-8 mm³/L con dominancia de cianobacterias (WHO, 2021; **Tabla 29**). También se puede utilizar como referencia la concentración de ficocianina y/o biovolumen celular y aumentar la frecuencia de monitoreo según lo propuesto en la **Tabla 39**, (**Tabla 35**). Para los compuestos químicos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y sustancias per- y poli- fluoroalquilo (PFAS), al no existir normativa vigente, el aumento de la frecuencia de monitoreo puede establecerse en relación a los valores orientativos que entregan la EPA (**Tabla 32**) y la FSANZ (**Tabla 31**), respectivamente, y considerando las mediciones realizadas en la forma sugerida en el punto [5.5.1.2.](#)

Tabla 35 Criterios para intensificar el monitoreo en organismos indicadores de contaminación fecal, cianobacterias y microcistinas.

Organismo indicador o toxina	Criterio para intensificar el muestreo
Enterococos intestinales	> 200 cel/100 mL en dos mediciones consecutivas en temporada de baño.
<i>Escherichia coli</i>	> 900 Cel /mL en dos mediciones consecutivas en temporada de baño.
Cianobacterias	> 4-8 mm ³ /L con dominancia de cianobacterias o > 75 ug /L de ficocianina, o > 15 mm ³ /L, o dominancia de más del 80% de géneros potenciales productores de microcistina en dos mediciones consecutivas en temporada de baño
Microcistinas	> 24 ug/L en dos mediciones consecutivas en temporada de baño.

5.5 Frecuencia mínima del monitoreo, por estación, parámetros y profundidades de medición en la columna de agua, así como estacionalidad de las mediciones, cuando corresponda

De acuerdo a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina de Mercante, Dirección de Intereses Marítimos y medio Ambiente Acuático, la fecha de inicio de la época de baño es el 15 de diciembre de cada año y finaliza el 15 de marzo del año siguiente, por lo tanto, la temporada de baño corresponde a 3 meses ([ANEXO 08](#)).

5.5.1 Determinación de la frecuencia mínima de muestreo

A continuación, se proponen las frecuencias mínimas de muestreo para la red de control y para la red de observación.

5.5.1.1 Frecuencia mínima de muestreo para la red de control

La frecuencia mínima de muestreo en aguas marinas, estuarinas y continentales en las áreas PRAS se relaciona con las sugerencias de los DS 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES (**Tabla 12** y **Tabla 13**). En el [ANEXO 10](#) se muestran las frecuencias de monitoreo mínimas sugeridas para cada área de muestreo, el cual puede incluir a más de un balneario, debido a su cercanía y por lo tanto, estar expuesto a condiciones ambientales y de calidad de agua similar.

Para los casos donde se observó que la calidad ambiental de algunos parámetros estaba fuera de la norma, se propone un muestreo de mayor frecuencia, tal como se detalla a continuación.

Quintero Puchuncaví

Para el área de muestreo de Quintero-Puchuncaví se definieron 18 puntos de muestreo que abarcan las playas aptas para baño Ventanas, Loncura, Albatros, El durazno, El Molino y El Caleuche (**Tabla 15**, [ANEXO 10](#)). Esta área se encuentra altamente perturbada industrialmente, encontrándose dentro de las bases de datos valores elevados de coliformes fecales, pH, arsénico y cadmio ([ANEXO 01](#)), sin embargo, el alto número de puntos de muestreo permite sostener una frecuencia de 1 vez cada 3 meses en temporada de no baño (9 meses desde 15 de marzo a 14 de diciembre), salvo por los coliformes fecales sugeridos para 1 vez al mes, y una frecuencia mensual para temporada de baño, lo cual permite contar con más de 100 muestras anualmente para obtener una correcta determinación de los percentiles señalados en el D.S. 144/2008 MINSEGPRES ([ANEXO 10](#)).

Golfo de Arauco

En esta zona se encuentran 5 playas aptas para el baño de acuerdo a DIRECTEMAR; Playa Blanca, Colcura, Laraquete, Arauco, Llico (**Tabla 15**, [ANEXO 10](#)), que se tomaron como unidades de muestreo independiente debido a la distancia entre ellas. En base a la cantidad de puntos de muestreo sugeridos para cada una de estas playas y según la presencia de perturbaciones de carácter antrópico, se determinó la frecuencia de muestreo.

En Playa Blanca, donde se presentan descargas de PTAS e industriales, se fijaron 8 puntos de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño a 1 vez al mes, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo quincenalmente ([ANEXO 10](#)). De este modo, se alcanza un total de 120 muestras anuales para cada parámetro.

En Playa Colcura, donde se observa presión urbana pero no industrial, se fijaron 6 puntos de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño a 1 vez al mes, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo quincenalmente ([ANEXO 10](#)). De este modo, se alcanza un total de 90 muestras anuales para cada parámetro.

En Playa Laraquete, donde se fijaron 5 puntos de muestreo, se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño a 1 vez al mes, mientras que, para

la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo quincenalmente ([ANEXO 10](#)). En este caso, el total de puntos de muestreo anual es de 75, menos que lo sugerido por la OMS (WHO, 2009; 2021), sin embargo, se trata de una zona con bajas a medianas perturbaciones industriales.

En Playa Arauco, donde existen descargas de PTAS, se fijaron 3 puntos de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño en forma quincenal, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo semanal ([ANEXO 10](#)). De este modo, se alcanza un total de 90 muestras anuales para cada parámetro.

En Playa Llico, donde no se observan perturbaciones industriales, se fijaron 4 puntos de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño en forma mensual, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo semanal ([ANEXO 10](#)). De este modo, se alcanza un total de 84 muestras anuales para cada parámetro.

Cuenca del río Huasco

Para la cuenca del río Huasco, se agruparon los sitios usados como balnearios y otras actividades acuáticas como áreas de muestreo como Embalse Santa Juana, Vallenar y Freirina (**Tabla 15**, [ANEXO 10](#)).

El área de vigilancia Embalse Santa Juana, que tiene como afluente el río Huasco, recibe aportes que, de acuerdo a las bases de datos, sobrepasan en algunas mediciones los valores normados en el D.S. 143/2008 MINSEGPRES para el pH, cadmio y mercurio. En este balneario se fijaron 2 puntos de muestreo y debido al bajo número de muestreos que se puede obtener al seguir las frecuencias indicadas en la normativa vigente, se sugiere que para los meses no incluidos en la temporada de baño se aumente a 1 vez al mes para todos los compuestos o elementos, excepto para el pH, cadmio y mercurio, para los cuales se sugiere una frecuencia quincenal. Para la temporada de baño el mínimo recomendado es semanal. De este modo el total de muestras anuales disponibles será de 42 para todos los analitos, excepto para el pH, cadmio y mercurio, para los que se dispondrá de 60 muestras ([ANEXO 10](#)). Para el caso de los coliformes fecales se sugiere un muestreo quincenal fuera de la temporada de baño y semanal para la temporada de baño, de modo de obtener 60 muestras en un año ([ANEXO 10](#)).

En el área de vigilancia de Vallenar que comprende a los balnearios Añañuca Oriente, Añañuca Poniente, Anfiteatro, Puente Brasil y calle Coquimbo permitió fijar 6 puntos de muestreo, y esta área, al igual que el embalse Santa Juana es afectada por pH, cadmio y mercurio, sin embargo, debido al alto número de puntos de muestreo, se sugiere que para los meses no incluidos en la temporada de baño se aumente a 1 vez al mes para todos los compuestos o elementos, mientras que para la temporada de baño el mínimo recomendado sea quincenalmente. De este modo el total de muestras anuales disponibles será de 90 para todos los analitos ([ANEXO 10](#)).

En el área de vigilancia de Freirina que comprende a los balnearios Sector 01 Zona de picnic conformada y Sector 02 Zona de picnic conformada permitió fijar 3 puntos de muestreo, y esta área, es afectada por pH, cadmio y mercurio, por lo que es recomendable aumentar la frecuencia de muestreo. Por ello, se sugiere que para los meses no incluidos

en la temporada de baño se aumente a 1 vez al mes para todos los compuestos o elementos, mientras que para la temporada de no baño el mínimo recomendado es quincenalmente. De este modo el total de muestras anuales disponibles será de 90 para el pH, mercurio y cadmio y 63 para todos los demás analitos ([ANEXO 10](#)).

En área de vigilancia de Grande Huasco, donde se fijaron 6 puntos de muestreo, se trata de un área con perturbaciones antrópicas asociadas, por lo que la sugerencia es aumentar la frecuencia de muestreo de todos los compuestos o elementos normandos en el D.S 144/2008 MINSEGPRES a 1 vez al mes en temporada de no baño, mientras que en temporada de baño, al menos esto debería ser quincenalmente, lo cual otorga un total anual de 90 muestras, lo cual permitirá una mejor interpretación de la calidad del agua, respecto a la frecuencia propuesta en la mencionada norma ([ANEXO 10](#)).

En el área de vigilancia Carrizal Bajo, se pudo fijar un total de 2 puntos de muestreo de acuerdo a los criterios antes mencionados. Por otro lado, se trata de un sector sin perturbaciones industriales. Por estas razones se propone una frecuencia de muestreo mensual en temporada de no baño, y una frecuencia semanal para la temporada de baño, considerando el bajo número de puntos y el aumento de la población flotante en temporada estival. Con estos criterios se alcanza un total anual de 42 muestras para determinar la calidad del agua.

Por último, en el área de vigilancia Tres Playitas, debido a su reducida área, se fijó solamente 1 punto de muestreo. La sugerencia para esta playa es muestrear mensualmente en temporada de no baño, excepto para los coliformes fecales, para lo cual se sugieren 2 muestreos al mes, debido a que las bacterias requieren de un alto número de muestras para la estimación del percentil fijado (WHO, 2021). A su vez, el muestreo en temporada de baño debería ser al menos semanalmente. Aun así, el total de muestras anuales que se puede alcanzar es de 21, excepto para coliformes fecales que tendría 30 muestras, sin embargo, no se trata de un área demasiado intervenida y no se observan perturbaciones industriales.

5.5.1.2 Frecuencia mínima de muestreo para la red de control reducida

A continuación, se detalla la propuesta reducida de la frecuencia mínima de muestreo, la cual considera la cantidad de puntos de muestreos ajustados para estos fines y las opiniones de los profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente de las áreas PRAS. Las tablas se encuentran en el [ANEXO 25](#).

Quintero Puchuncaví

Para esta área de vigilancia no se realizó ajuste de puntos de muestreo ni de la frecuencia de monitoreo ya que los profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la región de Valparaíso consideraron adecuada la cantidad de muestras anuales propuestas por compuesto y elemento. Por lo que se mantuvieron los 18 puntos de muestreo que abarcan las playas aptas para baño Ventanas, Loncura, Albatros, El durazno, El Molino y El Caleuche (**Tabla 15, ANEXO 25**). La frecuencia de muestreo propuesta es de 1 vez cada 3 meses en temporada de no baño (9 meses desde 15 de marzo a 14 de diciembre), salvo por los coliformes fecales sugeridos para 1 vez al mes, y una frecuencia mensual para temporada de baño, lo cual permite contar con más de 100 muestras anualmente para

obtener una correcta determinación de los percentiles señalados en el D.S. 144/2008 MINSEGPRES ([ANEXO 25](#)).

Golfo de Arauco

En Playa Blanca se redujo a 4 puntos de muestreo. Sin embargo, como es una playa altamente perturbada se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño a 1 vez al mes, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo quincenalmente ([ANEXO 25](#)). De este modo, se alcanza un total de 60 muestras anuales para cada parámetro.

En Playa Colcura, donde se observa presión urbana pero no industrial, se dejaron 2 puntos de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño a 1 vez al mes, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo quincenalmente ([ANEXO 25](#)). De este modo, se alcanza un total de 30 muestras anuales para cada parámetro.

En Playa Laraquete, donde se dejaron 2 puntos de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño a 1 vez al mes, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo quincenalmente ([ANEXO 25](#)).

En Playa Arauco, donde existen descargas de PTAS, se conservó 1 punto de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño en forma quincenal, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo semanal ([ANEXO 25](#)). De este modo, se alcanza un total de 30 muestras anuales para cada parámetro.

En Playa Llico, donde no se observan perturbaciones industriales, se conservó 1 punto de muestreo, por lo que se sugiere una frecuencia de muestreo en los meses que no son temporada de baño en forma mensual, mientras que, para la temporada de baño, la sugerencia es un muestreo semanal ([ANEXO 25](#)). De este modo, se alcanza un total de 21 muestras anuales para cada parámetro.

Cuenca del río Huasco

El área de vigilancia Embalse Santa Juana, que tiene como afluente el río Huasco, recibe aportes que, de acuerdo a las bases de datos, sobrepasan en algunas mediciones los valores normados en el D.S. 143/2008 MINSEGPRES para el pH, cadmio y mercurio. En este balneario se conservó 1 punto de muestreo y debido al bajo número de muestreos que se puede obtener al seguir las frecuencias indicadas en la normativa vigente, se sugiere que para los meses no incluidos en la temporada de baño se aumente a 1 vez al mes para todos los compuestos o elementos, excepto para el pH, cadmio y mercurio, para los cuales se sugiere una frecuencia quincenal, lo mismo para los coliformes fecales, que por ser bacterias requieren de un número alto de datos para su evaluación. Para la temporada de baño el mínimo recomendado es semanal. De este modo el total de muestras anuales disponibles será de 21 para todos los analitos, excepto para el pH, cadmio, mercurio y coliformes fecales para los que se dispondrá de 30 muestras ([ANEXO 25](#)). Para el caso de los coliformes fecales se sugiere un muestreo quincenal fuera de la temporada de baño y

semanal para la temporada de baño, de modo de obtener 60 muestras en un año ([ANEXO 25](#)).

En el área de vigilancia de Vallenar que comprende a los balnearios Añañuca Oriente, Añañuca Poniente, Anfiteatro, Puente Brasil y calle Coquimbo se dejaron 2 puntos de muestreo, y esta área, al igual que el embalse Santa Juana es afectada por pH, cadmio y mercurio, sin embargo, debido al alto número de puntos de muestreo, se sugiere que para los meses no incluidos en la temporada de baño se aumente (en relación al DS 143/2008) a 1 vez al mes para todos los compuestos o elementos, mientras que para la temporada de baño el mínimo recomendado sea mensual para todos los elementos menos el pH, mercurio, cadmio y coliformes fecales, que por ser bacterias requieren de un número alto de datos para su evaluación. En estos últimos casos se recomienda monitorear quincenalmente. De este modo el total de muestras anuales disponibles será de 30 para el pH, mercurio, cadmio y coliformes fecales y de 24 para todos los demás analitos ([ANEXO 25](#)).

En el área de vigilancia de Freirina que comprende a los balnearios Sector 01 Zona de picnic conformada y Sector 02 Zona de picnic conformada se dejó 1 punto de muestreo, y esta área, es afectada por pH, cadmio y mercurio, por lo que es recomendable aumentar la frecuencia de muestreo. Por ello, se sugiere que para los meses no incluidos en la temporada de baño se aumente a 1 vez al mes para todos los compuestos o elementos, a excepción del pH, mercurio, cadmio y coliformes fecales que deberían ser monitoreados al menos quincenalmente. Para la temporada de baño el mínimo recomendado es quincenalmente para todos los elementos o compuestos salvo para el pH, mercurio, cadmio y coliformes fecales que debiesen ser considerados para un muestreo semanal. De este modo el total de muestras anuales disponibles será de 30 para el pH, mercurio, cadmio y coliformes fecales, y serían 15 para todos los demás analitos ([ANEXO 25](#)).

En área de vigilancia de Grande Huasco se dejaron 3 puntos de muestreo, pero se trata de un área con perturbaciones antrópicas asociadas, por lo que la sugerencia es aumentar la frecuencia de muestreo de todos los compuestos o elementos normandos en el D.S 144/2008 MINSEGPRES a 1 vez al mes en temporada de no baño y en temporada de baño, lo cual dejaría un total anual de 36 muestras anuales, lo cual permitirá una mejor interpretación de la calidad del agua ([ANEXO 25](#)).

En el área de vigilancia Carrizal Bajo, un sector sin perturbaciones industriales, se conservó 1 punto de muestreo y se propone una frecuencia de muestreo mensual en temporada de no baño, y una frecuencia semanal para la temporada de baño, considerando el bajo número de puntos y el aumento de la población flotante en temporada estival. Se hace la excepción con los coliformes fecales, ya que para mantener un número de muestras que no sea tan reducido para determinar adecuadamente la calidad del agua se sugiere muestrear cada 15 días en temporada de no baño. Con estos criterios se alcanza un total anual de 30 muestras anuales para coliformes fecales y 21 muestras anuales para el resto de los analitos ([ANEXO 25](#)).

Por último, en el área de vigilancia Tres Playitas, debido a su reducida área, se conservó el único 1 punto de muestreo propuesto y se mantiene la sugerencia para la frecuencia de muestreo propuesta en primer lugar. La sugerencia para esta playa es muestrear mensualmente en temporada de no baño, excepto para los coliformes fecales, para lo cual se sugieren 2 muestreos al mes, debido a que las bacterias requieren de un alto número de muestras para la estimación del percentil fijado (WHO, 2021). A su vez, el muestreo en

temporada de baño debería ser al menos semanalmente. Aun así, el total de muestras anuales que se puede alcanzar es de 21, excepto para coliformes fecales que tendría 30 muestras, sin embargo, no se trata de un área demasiado intervenida y no se observan perturbaciones industriales ([ANEXO 25](#)).

5.5.1.3 Frecuencia mínima de muestreo para la red de observación

CONTAMINACIÓN FECAL

Las directrices para la calidad de aguas recreacionales de Canadá (Health Canada, 2012), señalan que, aunque la variación diaria de los indicadores microbiológicos plantean una gran incertidumbre respecto a establecer frecuencias de monitoreo adecuadas, lo mejor es implementar el monitoreo lo más frecuentemente como sea posible, ya que esta medida permitirá a las autoridades responsables observar más fácilmente las tendencias de la calidad del agua y tomar decisiones más informadas con respecto a la idoneidad general del área para la recreación. Además, permitirá a las autoridades detectar más rápidamente los problemas persistentes de calidad del agua que puedan ocurrir.

Por su parte, Australia (National Health and Medical Research Council, 2008) recomienda una frecuencia de monitoreo relacionada con la calidad del agua (**Tabla 36**). Mientras que la Organización Mundial de la Salud, en su última versión (WHO, 2021) recomienda una frecuencia similar a la de Australia.

Tabla 36 Frecuencia de monitoreo propuesta para microorganismos de contaminación fecal por Australia.

Categoría de riesgo identificada por inspección sanitaria	Programa de seguimiento	Frecuencia de inspección sanitaria
Muy baja	Mínimo de 5 muestras por año, a intervalos regulares durante el período de registro.	Anual
Baja	Mínimo de 5 muestras por año, a intervalos regulares durante el período de registro.	Anual
Moderado	20 muestras a intervalos regulares (por ejemplo, 1 muestra de 4 ubicaciones en 5 ocasiones durante la temporada de natación). Verificación anual de la eficacia de la gestión. Muestreo adicional si se obtienen resultados anormales.	Anual
Alto	20 muestras a intervalos regulares (por ejemplo, 1 muestra de 4 ubicaciones en 5 ocasiones durante la temporada de natación). Verificación anual de la eficacia de la gestión. Muestreo adicional si se obtienen resultados anormales.	Anual
Muy alto	Mínimo de 5 muestras por año, pero ninguna si está cerrada para su uso.	Anual

La Unión Europea (UE, 2014) recomienda tomar una muestra poco antes del inicio de cada temporada de baño y no tomar y analizar menos de cuatro muestras por temporada de baño, incluida esta muestra adicional. Sin embargo, sólo será necesario tomar y analizar tres muestras por temporada de baño en el caso de las aguas de baño que:

- a) tengan una temporada de baño que no exceda de ocho semanas, o
- b) estén situadas en una región con limitaciones geográficas especiales.

Las fechas de muestreo deberán distribuirse a lo largo de toda la temporada de baño y el intervalo entre las fechas de muestreo nunca excederá de un mes.

En caso de contaminación de corta duración, se obtendrá una muestra adicional para confirmar el final del incidente. Esta muestra no formará parte de la serie de datos sobre la calidad de las aguas de baño. Si fuera necesario reemplazar una muestra descartada, se tomará una muestra adicional siete días después del final de la contaminación de corta duración.

Por lo tanto, lo propuesto para cada punto de muestreo de las áreas de estudio, es tomar muestras en forma mensual durante el año, una muestra una semana antes de la temporada de baño, y al menos 2 muestras mensuales durante la temporada de baño (**Tabla 37**), lo cual da un total de 16 muestras por punto de muestreo.

Tabla 37 Frecuencia mínima de monitoreo propuesta para microorganismos de contaminación fecal para las áreas PRAS.

Periodo del año	Frecuencia de monitoreo
15 de marzo – 6 de diciembre de cada año	Mensualmente
7 de diciembre de cada año	Una muestra semanal
15 de diciembre – 15 de marzo de cada año	Bimensualmente

En la **Tabla 38** se muestra la cantidad de muestreos para evaluar contaminación fecal por área de vigilancia.

Tabla 38 Número total de muestras anuales para organismos de contaminación fecal por área de vigilancia.

COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO RED DE OBSERVACIÓN	TOTAL DE MUESTRAS ANUALES
VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	1	16
VALLENAR	VALLENAR	2	32
FREIRINA	FREIRINA	1	16
HUASCO	PLAYA CARRIZAL BAJO	0	0
HUASCO	PLAYA TRES PLAYITAS SECTOR 1	0	0
HUASCO	PLAYA GRANDE HUASCO	3	48
QUINTERO - PUCHUNCAVI	BAHIA QUINTERO PUCHUNCAVI	8	128
CORONEL	PLAYA BLANCA	5	80
LOTA	PLAYA COLCURA	1	16

COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO RED DE OBSERVACIÓN	TOTAL DE MUESTRAS ANUALES
ARAUCO	PLAYA LARAQUETE	3	48
ARAUCO	PLAYA ARAUCO	1	16
ARAUCO	PLAYA LLICO	1	16

CIANOBACTERIAS

La frecuencia de monitoreo propuesta para las cianobacterias se basa en las experiencias en Holanda y que son recomendadas para casos chilenos en Almanza *et al.* (2016). La frecuencia de monitoreo se relaciona con el riesgo para la salud humana, para lo cual se utiliza como referencia la cantidad de “scum” (espuma) y del pigmento de las cianobacterias, la ficocianina (**Tabla 39**). Este monitoreo se debería realizar solamente durante la temporada de baño, debido a que la ocurrencia de las proliferaciones de algas y cianobacterias puede ser de aparición y duración impredecibles. En el caso de balnearios donde se hayan detectado proliferaciones permanentes, se recomienda llevar un monitoreo mensual adicional durante la época de no baño.

Tabla 39 Frecuencia mínima de monitoreo propuesta para cianobacterias.

Categoría	Nivel de alerta	Concentración (ug /L) y biovolumen (mm ³ / L)	Nivel de riesgo	Frecuencia de monitoreo
“Scum” categoría I	Modo de vigilancia	< 12,5 ug /L de ficocianina o < 2,5 mm ³ /L	Intermedio	Quincenal
“Scum” categoría II	Limitado riesgo a la salud	12,5 – 75 ug /L de ficocianina o 2,5 -15 mm ³ /L	Permanente peligro	Semanal
“Scum” categoría III	Elevado riesgo a la salud	> 75 ug /L de ficocianina o > 15 mm ³ /L o dominancia de más del 80% de géneros potenciales productores de microcistina	Disuadir el baño Permanente peligro	Semanal

Modificado de Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant’Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

En la **Tabla 40** se muestra la cantidad de muestreos para evaluar contaminación por microcistinas en cada área de vigilancia en los casos en que visualmente se haya detectado acumulación de cianobacterias productoras de microcistinas o “scum” en la categoría III de la **Tabla 38**. Este monitoreo se deberá realizar solamente en temporada de baño.

Tabla 40 Número total de muestras anuales para evaluar concentración de microcistinas por área de vigilancia.

COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO RED DE OBSERVACIÓN	TOTAL DE MUESTRAS EN CASO DE ACUMULACIÓN DE CIANOBACTERIAS
VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	1	1
VALLENAR	VALLENAR	2	2
FREIRINA	FREIRINA	1	1
HUASCO	PLAYA CARRIZAL BAJO	0	0
HUASCO	PLAYA TRES PLAYITAS SECTOR 1	0	0
HUASCO	PLAYA GRANDE HUASCO	3	3
QUINTERO - PUCHUNCAVI	BAHIA QUINTERO PUCHUNCAVI	8	8
CORONEL	PLAYA BLANCA	5	5
LOTA	PLAYA COLCURA	1	1
ARAUCO	PLAYA LARAQUETE	3	3
ARAUCO	PLAYA ARAUCO	1	1
ARAUCO	PLAYA LLICO	1	1

En las revisiones de las bases de datos para determinar la calidad ambiental de las áreas PRAS se encontraron altos valores para hidrocarburos aromáticos policíclicos en la Bahía de Quintero – Puchuncaví y en la costa de la comuna de Huasco, en relación a los valores de referencia establecidos por la EPA (**Tabla 32**), pero no se encontraron en el Golfo de Arauco (**ANEXO 01** y **ANEXO 13**), lo cual puede deberse a que estos compuestos no siempre son evaluados, sin embargo, debido a la actividad portuaria y alta actividad industrial, es conveniente realizar monitoreos periódicos con una frecuencia al menos mensual en temporada de baño y cada dos meses fuera de temporada de baño en las áreas costeras. La **Tabla 41** muestra el total de muestras anuales sugeridas para zonas marinas por área de vigilancia. Respecto de las sustancias per- y poli- fluorooalquilo (PFAS), no existen registros, ya que no han sido medidas, así que se recomienda realizar una medición antes de la temporada de baño **Tabla 42**.

Tabla 41 Número total de muestras anuales para evaluar concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos por área de vigilancia.

COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO	FRECUENCIA DE MONITOREO TEMPORADA NO BAÑO	NÚMERO DE MUESTRAS	FRECUENCIA DE MONITOREO TEMPORADA BAÑO	NÚMERO DE MUESTRAS	TOTAL DE MUESTRAS
VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	1	--	--	--	--	--
VALLENAR	VALLENAR	2	--	--	--	--	--
FREIRINA	FREIRINA	1	--	--	--	--	--
HUASCO	PLAYA CARRIZAL BAJO	0	--	--	--	--	--

COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO	FRECUENCIA DE MONITOREO TEMPORADA NO BAÑO	NÚMERO DE MUESTRAS	FRECUENCIA DE MONITOREO TEMPORADA BAÑO	NÚMERO DE MUESTRAS	TOTAL DE MUESTRAS
HUASCO	PLAYA TRES PLAYITAS SECTOR 1	0	--	--	--	--	--
HUASCO	PLAYA GRANDE HUASCO	3	bimestral	5	mensual	6	33
QUINTERO - PUCHUNCAVI	BAHIA QUINTERO PUCHUNCAVI	8	bimestral	5	mensual	6	88
CORONEL	PLAYA BLANCA	5	bimestral	5	mensual	6	55
LOTA	PLAYA COLCURA	1	bimestral	5	mensual	6	11
ARAUCO	PLAYA LARAQUETE	3	bimestral	5	mensual	6	33
ARAUCO	PLAYA ARAUCO	1	bimestral	5	mensual	6	11
ARAUCO	PLAYA LLICO	1	bimestral	5	mensual	6	11

Tabla 42 Número total de muestras anuales para evaluar concentración de sustancias per- y poli- fluoroalquilo (PFAS), por área de vigilancia.

COMUNA	AREAS DE VIGILANCIA	PUNTOS DE MUESTREO RED DE OBSERVACIÓN	TOTAL DE MUESTRAS ANUALES
VALLENAR	EMBALSE SANTA JUANA	1	1
VALLENAR	VALLENAR	2	2
FREIRINA	FREIRINA	1	1
HUASCO	PLAYA CARRIZAL BAJO	0	0
HUASCO	PLAYA TRES PLAYITAS SECTOR 1	0	0
HUASCO	PLAYA GRANDE HUASCO	3	3
QUINTERO - PUCHUNCAVI	BAHIA QUINTERO PUCHUNCAVI	8	8
CORONEL	PLAYA BLANCA	5	5
LOTA	PLAYA COLCURA	1	1
ARAUCO	PLAYA LARAQUETE	3	3
ARAUCO	PLAYA ARAUCO	1	1
ARAUCO	PLAYA LLICO	1	1

5.5.2 Determinación de estacionalidad de muestreo

El muestreo debe realizarse todo el año e intensificarse durante la temporada de baño, que de acuerdo a DIRECTEMAR va desde el 15 de diciembre al 15 de marzo del año siguiente ([ANEXO 08](#)). Se realiza el supuesto que para balnearios de aguas continentales aplica el mismo periodo del año.

5.6 Metodología y cálculo del volumen de agua de cada área de vigilancia en el cuerpo de agua, si corresponde

No aplica para este proyecto.

5.7 Fórmula del cálculo de concentraciones medias de parámetros controlados, por estación de monitoreo, si corresponde

No corresponde a esta consultoría

5.8 Organismos responsables del muestreo y las mediciones

No corresponde a esta consultoría.

5.9 Criterios técnicos para determinar latencia y saturación de la norma

De acuerdo a la ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (2021)¹⁸ de una zona Latente es aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental, y una zona Saturada es aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas.

En el artículo 43, la mencionada norma establece que la declaración de una zona del territorio como saturada o latente se hará por decreto supremo que llevará la firma del Ministro del Medio Ambiente y contendrá la determinación precisa del área geográfica que abarca. Llevará además la firma del Ministro de Salud, si se trata de la aplicación de normas primarias de calidad ambiental, o del ministro sectorial que corresponda, según la naturaleza de la respectiva norma secundaria de calidad ambiental.

Mediante decreto supremo, que llevará la firma del Ministro del Medio Ambiente, de Salud o del ministro sectorial, según corresponda, se dejará sin efecto la declaración de Zona Saturada o Latente, cuando no se cumplan las condiciones que la hicieron procedente.

El decreto supremo señalado en el inciso anterior dejará sin efecto las respectivas medidas del plan de Descontaminación y, o Prevención, pudiendo, en el primer caso, mantener vigentes las restricciones impuestas a las emisiones de las fuentes responsables a que se refiere la letra f) del artículo 45 y las medidas destinadas a prevenir episodios críticos de contaminación, por un plazo no superior a dos años contado desde la derogación del plan, con la sola finalidad de permitir la dictación del plan de prevención.

Esta declaración tendrá como fundamento las mediciones, realizadas o certificadas por los organismos públicos competentes, en las que conste haberse verificado la condición que la hace procedente. El procedimiento estará a cargo de la Secretaría Regional Ministerial de medio Ambiente. Si la zona objeto de la declaración estuviere situada en distintas regiones, el procedimiento estará a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.

¹⁸ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>

El artículo 44 de la misma Ley señala que, mediante decreto supremo del Ministerio del Medio Ambiente, que llevará además la firma del ministro sectorial que corresponda, se establecerán planes de prevención o de descontaminación, cuyo cumplimiento será obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas, respectivamente.

La elaboración de estos planes y su proposición a la autoridad competente para su establecimiento corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente, previo informe de la Secretaría Regional Ministerial respectiva.

5.10 Condiciones de cumplimiento de la norma para cada parámetro

5.10.1 Condiciones de cumplimiento de las normas primarias para la red de control

De acuerdo al Título VI artículo 7° de las normas primarias de calidad de agua 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES, “el cumplimiento de la norma primaria deberá verificarse por compuesto o elemento mediante mediciones en las aguas continentales o marinas y estuarinas (según sea el caso) en las que se realicen actividades de recreación con contacto directo”. Mientras que en el artículo 8° se especifica que “se considerará que las aguas cumplen con las normas primarias de calidad establecidas en el presente decreto, cuando: el percentil señalado para cada compuesto o elemento, de las muestras analizadas durante un año, para cada uno de ellos, sea menor o igual a los valores establecidos en la presente norma y en su caso, cada una de las muestras que excedan dichos límites, no superen lo establecido en la **Tabla 43** y **Tabla 44**.”

Tabla 43 Porcentajes y valores máximos de excedencia para aguas continentales (DS 143/2008).

COMPUESTOS O ELEMENTO	Unidad	Excedencia	Valor máximo de excedencia
Color	Escala Pt-Co	50%	150
pH	Unidad de pH	-/+ 0,5	5,5 – 9,0
Cianuro	mg/L	30%	1,00
Bifenilos policlorados (PCBs)	mg/L	50%	0,008
Diclorometano	mg/L	50%	0,33
Benzo (a) pireno	mg/L	50%	0,003
Tetracloruro de carbono	mg/L	50%	0,033
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	mg/L	50%	0,5
Aldrín* y Dieldrín*	mg/L	50%	0,0005

COMPUESTOS O ELEMENTO	Unidad	Excedencia	Valor máximo de excedencia
Atrazina	mg/L	50%	0,033
Carbofurano	mg/L	50%	0,825
Clordano *	mg/L	50%	0,033
Clorotalonil	mg/L	30%	1,57
Cyanazina	mg/L	50%	0,0099
Heptaclor *	mg/L	50%	0,0005
Lindano *	mg/L	50%	0,033
Simazina	mg/L	30%	0,0286
Trifluralina	mg/L	50%	0,33
Arsénico	mg/L	20%	0,132
Cadmio	mg/L	50%	0,05
Cromo Total	mg/L	20%	0,66
Mercurio	mg/L	50%	0,0165
Plomo	mg/L	50%	0,165
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	---	---

^(*) Plaguicidas prohibidos por el SAG.

Tabla 44 Porcentajes y valores máximos de excedencia para aguas marinas y estuarinas (DS 144/2008).

Compuestos o elementos	Unidad	Excedencia	Valor máximo de excedencia
Color	Escala Pt-Co	50%	150
pH	Unidad de pH	-/+ 0,5	5,5 – 9,0
Cianuro	mg/L	30%	1,00
Arsénico	mg/L	20%	0,132
Cadmio	mg/L	50%	0,05
Cromo	mg/L	20%	0,66
Mercurio	mg/L	50%	0,0165
Plomo	mg/L	50%	0,165
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 mL	---	---

Debe tenerse en cuenta lo dispuesto en el artículo 9º, del Título VI “No se considerarán sobrepasadas las normas de calidad establecidas en la presente norma, en las siguientes situaciones:

a) Cuando la calidad natural de un cuerpo de agua marino o estuarino exceda los valores establecidos en el presente decreto, sin perjuicio de las medidas que para proteger la salud de la población deba adoptar la Autoridad Sanitaria a su respecto.

b) Cuando la superación de los valores establecidos por la presente norma sea consecuencia de catástrofes naturales u otras situaciones relacionadas con fenómenos a escala mundial o regional, sin perjuicio de las medidas que debe dictar la Autoridad Sanitaria a su respecto.

Ejemplos de catástrofes naturales que pueden alterar las concentraciones de los parámetros normados en las NPCA son sismos, aluviones, tsunamis, erupciones volcánicas, cambio climático que puede ocasionar aumento de marejadas, cambios en el nivel del mar e intensidad de los vientos en las zonas costeras. En esta situación también se encuentran procesos oceanográficos locales como las surgencias costeras o eventos esporádicos como Floraciones Algaes Nocivas (FAN) o mundiales como ENSO (El Niño Oscilación SUR), entre otros. Por otro lado, accidentes como por ejemplo derrames ocasionales de compuestos tóxicos, tampoco se considera como sobrepasada la normativa.

c) Sin perjuicio de lo señalado en las letras a) y b), los datos que, sobre la base de información objetiva verificada por la Autoridad Sanitaria respectiva, sean el resultado de fenómenos o situaciones excepcionales y transitorios que afecten la representatividad temporal y/o espacial de la muestra, no se incluirán en las mediciones a considerar para los efectos de entender verificada la condición que hace procedente la declaración de una zona como latente o saturada.”

De acuerdo a la normativa vigente en Chile (Ley 20.417), la evaluación de estas normas de calidad debe ser realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente quien emitirá un informe técnico de cumplimiento al MMA, considerando los reportes remitidos por los organismos responsables de las campañas de monitoreo. En base a este informe, el MMA declarará si las mediciones de los parámetros medidos cumplen o no con las Normas Primarias 143/2008 y 144/2008 del MINSEGPRES, según corresponda.

Para que el MMA declare que las Normas Primarias se cumplen, verificará que los valores de cada parámetro sean menores al 80% del valor normado. De ser el caso, se debe proseguir con el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental. De lo contrario se declarará zona de latencia o saturación de acuerdo lo que dicta la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (2021).

Para asegurar el cumplimiento de las normas primarias de calidad de agua, también deberán tenerse en cuenta la frecuencia de monitoreo más adecuada para cada parámetro y punto de muestreo (ver punto 5.6.1).

La Resolución 670 exenta señala en el artículo décimo segundo que anualmente la Superintendencia del Medio Ambiente deberá emitir un informe técnico de cumplimiento de normas de calidad ambiental del agua en base a los reportes entregados por los organismos que integran el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua respectivo y las actividades de fiscalización que hubiese realizado durante el periodo informado. En este informe, se presentarán los resultados del examen y validación de los datos, de manera consolidada; la evolución de la calidad del agua de acuerdo a los resultados de los periodos anteriores; y el estado en que se encuentra el cuerpo de agua protegido, ya sea que se encuentre conforme a lo establecido en la norma de calidad, en estado de latencia o en

estado de saturación. El informe será remitido al Ministerio del Medio Ambiente y publicado en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

5.10.2 Determinación del percentil y valor máximo permitidos para la red de control

El percentil y valor máximo permitido para cada parámetro de la red de control se encuentran establecidos en el Decreto N°143/2008 MINSEGPRES **Tabla 4** y en el Decreto N°144/2008 MINSEGPRES **Tabla 5**.

De acuerdo a estos documentos, el valor del percentil corresponde al valor "q" calculado a partir de los valores efectivamente medidos para cada compuesto o elemento en cada estación de monitoreo, aproximados a la unidad de medida correspondiente más próxima. Establece además que todos los valores se anotarán en una lista establecida por orden creciente para cada área determinada de la siguiente forma:

$$X_1 \leq X_2 \dots \leq X_k \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$$

Por vía de ejemplo, para el caso del cálculo del percentil 80, será el valor del elemento de orden "k" donde "k" se calculará por medio de la siguiente fórmula: $k = q \cdot n$, en donde "q=0,80" y "n" corresponde al número de valores efectivamente medidos. El valor "k" se aproximará al número entero más próximo.

Para la determinación del cumplimiento del valor máximo permitido y al percentil señalado, del total de mediciones, se compara el valor alcanzado en el percentil fijado con el valor máximo permitido (WHO, 2021). Por ejemplo, un nivel de cumplimiento del 80% quiere decir que el 80% de las concentraciones o medidas de las muestras tomadas deben estar por debajo del valor máximo permitido para cumplir con el estándar.

El uso del percentil como criterio de cumplimiento refleja gran parte de la variabilidad de los valores más altos en la distribución de datos de calidad del agua y tiene el mérito de ser fácil de entender. Sin embargo, se ve afectado por incertidumbre estadística y, por lo tanto, no tiene una alta confiabilidad, por lo que requiere una aplicación cuidadosa de la regulación (WHO, 2009).

Los siguientes problemas están planteados para el cálculo de datos microbiológicos en WHO (2021; 2009), pero su interpretación es aplicable a otros parámetros también.

El error estándar de cualquier cálculo de percentil es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del número de puntos de datos incluidos en el cálculo y también aumenta con la varianza en los datos subyacentes y la distancia del percentil a la mediana. Esto significa que a menor cantidad de datos medidos es mayor el error estándar asociado. Por lo tanto, es poco probable que estimar el cumplimiento en muy pocas muestras proteja la salud. La única excepción a esto serían las playas de muy mala calidad del agua donde la mayoría o todas las primeras cinco a diez muestras superan el punto de clasificación del percentil fijado. Por ello se aconseja estimar el valor del percentil con un mínimo de 100 muestras anuales (WHO, 2009).

Por otro lado, se debe tener cuidado con la eliminación de datos, por ejemplo, los que se encuentran bajo el límite de detección, esto afecta a las aguas que normalmente presentan buena calidad, produciendo un sesgo sistemático hacia valores mayores. Además, la

magnitud y dirección de este sesgo no se puede predecir fácilmente (El-Shaarawi & Esterby, 1992 *fide in* WHO, 2009).

5.10.3 Determinación del percentil y valor máximo permitidos para la red de observación

La normativa chilena no establece medición de cumplimiento de una red de control, sin embargo, para organismos indicadores de contaminación fecal existen orientaciones a considerar para clasificar la calidad del agua.

Para datos microbiológicos la Directiva 2006/7/CE (UE, 2014) recomienda que partiendo de la evaluación del percentil de la función normal de densidad de probabilidad \log_{10} de los datos microbiológicos obtenidos en unas aguas de baño determinadas, se deduzca el valor del percentil del siguiente modo:

i) tóme-se el valor \log_{10} de todas las enumeraciones bacterianas de la secuencia de datos evaluada. (Si se obtiene un valor cero, tóme-se en su lugar el valor \log_{10} de límite mínimo de detección del método analítico utilizado),

ii) calcúlese la media aritmética de los valores \log_{10} (μ),

iii) calcúlese la desviación estándar o típica de los valores \log_{10} (σ).

El punto superior del percentil 90 de la función de densidad de probabilidad de los datos se deduce de la siguiente ecuación: punto superior del percentil 90 = antilog ($\mu + 1,282 \sigma$).

El punto superior del percentil 95 de la función de densidad de probabilidad de los datos se deduce de la siguiente ecuación: punto superior del percentil 95 = antilog ($\mu + 1,65 \sigma$).

El cálculo del percentil es una estimación paramétrica y supone una distribución normal logarítmica de los datos, lo que significa que los datos se distribuyen normalmente después de la transformación logarítmica. Cuando esta suposición no es correcta, habrá errores en la media calculada y, por tanto, en el percentil (Schmoyer *et al.*, 1996 *fide in* WHO, 2009). Este problema es recurrente y se da, generalmente, por la eliminación de los datos bajo el límite de detección.

La WHO (2009) recomienda no usar pequeñas cantidades de datos para determinar la calidad del agua de uso recreacional, a menos que la calidad de esta sea muy mala. Se requieren al menos 60 muestras y preferiblemente 100 muestras.

En caso que existan muchos datos que queden fuera del límite de detección y además no se cumpla con el supuesto paramétrico de distribución normal logarítmica se recomienda un cálculo no paramétrico y en la WHO (2009) recomiendan el estimador de Hazen por ser el menos sesgado:

Hazen es una fórmula de clasificación donde los datos se clasifican en orden ascendente. El r-ésimo recuento es entonces el valor del percentil apropiado donde r viene dado por la fórmula:

$$r = \frac{1}{2} + \frac{Pn}{100}$$

Donde P es el percentil y n es el número de valores en el conjunto de datos. Debido a que la fórmula anterior rara vez da un rango exacto, el percentil se calcula por interpolación entre los dos puntos de datos a cada lado del rango calculado. Así que suponiendo que tenemos 100 muestras para el cálculo del percentil 95 (el percentil 95 = 5-ésimo más grande de 100).

$$r = \frac{1}{2} + \frac{5 \times 100}{100}$$

$$r = 5.5$$

Entonces, el 95% está a mitad de camino entre el quinto y el sexto valor más grande. Si el quinto valor más grande es 115 y el sexto es 111, entonces el percentil 95 sería:

$$115 - (115-111) \times 0.5 = 113$$

Ahora suponiendo que solo sólo 46 muestras;

$$r = \frac{1}{2} + \frac{5 \times 46}{100}$$

$$r = 2.8$$

Por lo tanto, el percentil 95 se encuentra entre el segundo y el tercer valor más grande, pero más cerca del tercer valor más grande. Si el segundo número más grande es 115 y el tercero es 111, entonces el percentil 95 sería $115 - (115-111) \times 0.8 = 111.8$.

En el caso internacional, los esquemas regulatorios para la calidad microbiana del agua recreativa se han basado en gran medida en el porcentaje de cumplimiento con el índice de conteo de organismos fecales (EEA, 2020; WHO, 2021; 2009). Las restricciones a estos enfoques incluyen lo siguiente:

- Las acciones de manejo son retrospectivas y pueden implementarse solo después de la exposición humana al peligro.
- En muchas situaciones, el riesgo para la salud proviene principalmente de las excretas humanas, aunque los índices tradicionales de contaminación fecal también se derivan de otras fuentes. La respuesta al incumplimiento, sin embargo, generalmente se concentra en el tratamiento de aguas residuales o la gestión de emisarios.
- Existe una escasa comparabilidad entre laboratorios de los datos analíticos microbiológicos.
- Existe un gradiente de creciente variedad y frecuencia de efectos sobre la salud con el aumento de la contaminación fecal de origen humano y animal.

5.11 Talleres de trabajo con profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente donde se encuentran las áreas PRAS

La **Tabla 45** muestra los participantes de cada SEREMI y la fecha en que se realizaron las reuniones. De parte del mandante, Ministerio del Medio Ambiente, asistieron Verónica Droppelman y Felipe Hidalgo.

Tabla 45 Participantes y fechas de realización de las reuniones de trabajo.

Región	SEREMI	Profesional asistente	Fecha de la reunión
Biobío	Salud	Hugo Rojas, Ernesto Bravo	27-10-2021
	Medio Ambiente	Herty Roa	
Atacama	Salud	Alfredo Gutiérrez	29-10-2021
	Medio Ambiente	Rocío Pino	
Valparaíso	Salud	Óscar Vidal	04-11-2021
	Medio Ambiente	Sandro Araneda	

Los resultados de los temas abordados, las consultas, comentarios y compromisos adquiridos por las partes asistentes en a las reuniones se encuentran en los [ANEXO 14](#) para la región del Biobío, [ANEXO 15](#) para la región de Atacama y [ANEXO 16](#) para la región de Valparaíso.

5.11.1 Reunión con SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la Región del Biobío

Los principales resultados de las reuniones sostenidas con la región de Biobío ([ANEXO 14](#)) se resumen de la siguiente forma:

5.11.1.1 Ubicación y dimensión de balnearios

- Para playa Laraquete se desconoce la zona de uso intensivo de la playa, ya que esta es bastante amplia, por lo que se hace la consulta a los profesionales de la región del Biobío. Lo mismo para la playa de Arauco, a lo que Herty Roa comenta que puede ser que la playa de Arauco es más extensa.
- También se solicita corroborar la playa de Llico porque no tiene infraestructura turística.
- Hugo Rojas comenta sobre la playa Laraquete hay un sector que la gente más que bañarse la gente toma Sol, pero que va a cotejar con sus colegas de la provincia de Arauco, a fin de delimitar el uso del agua.

5.11.1.2 Áreas de vigilancia

- Se determinaron 5 playas aptas para baño, cada una considerada un área de vigilancia en sí misma, a las cuales corresponde regir el DS 144/2008 de MINSEGPRES.

5.11.1.3 Cantidad de puntos de muestreos

- Los puntos de muestreo se establecieron dependiendo del criterio de las dimensiones de los balnearios y de la superficie de este, capacidad de carga de las playas, cercanías a fuentes de contaminación y morfología de la costa. Para el caso de Laraquete se indica que se establecieron 5 puntos de muestreo.
- Felipe Hidalgo consulta por la ubicación de un punto de muestreo frente a la desembocadura del estero en la playa de Arauco, respecto si realmente las personas se bañan en el lugar y si es afectado por las concentraciones de la desembocadura. Javier Fuentes quedó en revisar el punto, pero al parecer el estero no desemboca en el mar (habría una barrera).
- Hugo Rojas y Herty Roa, solicitan las imágenes y puntos de las playas para cotejarlas con colegas de la provincia de Arauco.

5.11.1.4 Frecuencia de monitoreo

- Ernesto Bravo, indica que hay estudios que señalan mucha variabilidad de los parámetros en el tiempo y que sería bueno aumentar la frecuencia de monitoreo indicadas en las normas primarias. Sin embargo, Hugo Rojas comenta que los monitoreos que realiza salud son mucho menos que los señalados en las normas ya que no da la capacidad. Las capitanías de puerto les indican cuales son las playas que les interesan se hagan los análisis.
- En cuanto a las frecuencias de monitoreo y la cantidad de muestras anuales por área de vigilancia, Hugo Rojas encuentra que son muchas, considerando las capacidades de muestreo y análisis. También indica que entre abril y septiembre raramente se muestrea, sin embargo, Felipe Hidalgo aclara que se debe tener en cuenta que estos muestreos no son para evaluar cumplimiento de la norma.
- María Alejandra Paredes consulta a los participantes si consideran necesario acotar la frecuencia o puntos de monitoreo. Felipe Hidalgo solicita agregar a la propuesta técnica, una propuesta reducida. Se pueden agregar frases que indiquen lo propuesto está sujeto a las disponibilidades presupuestarias de los distintos organismos.

5.11.2 Reunión con SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la Región de Atacama

Los principales resultados de las reuniones sostenidas con la región de Atacama ([ANEXO 15](#)) se resumen de la siguiente forma:

5.11.2.1 Ubicación y dimensión de balnearios

- Para la cuenca del río Huasco se identificaron 8 balnearios, pero como son identificados por los municipios, no se sabe si son aptos para el baño.
- Javier Fuentes plantea que las dudas corresponden a las dimensiones de los balnearios y le solicita ayuda a Alfredo Gutiérrez para determinar las zonas baño.

- Alfredo Gutiérrez señala que no recuerda si se han tomado muestras de agua en los sectores donde se han ubicado los puntos de muestreo y que las mediciones que se han hecho responden a peticiones directamente de DIRECTEMAR o de municipios cuando se abre la temporada estival. En cuanto al uso de los balnearios, eso lo desconoce ya que es de carácter netamente municipal.
- Alfredo Gutiérrez señala que en la localidad de Freirina, es posible que los balnearios identificados no estén autorizados y solamente se utilicen para camping y dice que nos enviará la información. Además, no necesariamente donde hay camping las personas usan el lugar para baño y que no necesariamente están autorizados para baño porque no poseen las condiciones sanitarias (otras diferente a calidad de agua).
- Rocío Pino comenta lo siguiente: El sector de carrizal bajo, cercano el humedal es muy utilizado por la comunidad de forma recreativa, aunque no sea sitio autorizado. eso lo detectamos por la declaración del humedal de carrizal bajo como santuario de la naturaleza que en época estival se utilizan sus alrededores como estacionamiento. Javier Fuentes comenta que efectivamente encontramos fotos donde se evidencia el uso de esa playa, pero no se consideró porque oficialmente no es apta para baño. Además, como el sector está declarado como santuario de la naturaleza no se debería utilizar como balneario.

5.11.2.2 Áreas de vigilancia

- Se determinaron 6 áreas de vigilancia en total, tres de ellas en la cuenca del río Huasco y tres en el borde costero de la comuna de Huasco.
- En el sector costero son 3 áreas de vigilancia con 1 playa apta para baño cada una de ellas.

5.11.2.3 Cantidad de puntos de muestreos

- Los puntos de muestreo se establecieron dependiendo del criterio de las dimensiones de los balnearios y de la superficie de este, capacidad de carga de las playas, cercanías a fuentes de contaminación y morfología de la costa.

5.11.2.4 Frecuencia de monitoreo

- No hubo comentarios respecto de este punto de parte de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente.

Finalmente, se comenta a Rocío Pino y a Alfredo Gutiérrez que si surgen nuevas consultas o sugerencias pueden escribir a los correos electrónicos hasta fines de la segunda semana de noviembre. Alfredo Gutiérrez dice que como la presentación está plasmada en el informe, es probable que Maritza Aguirre nos haga alguna observación al respecto.

5.11.3 Reunión con SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la Región de Valparaíso

Los principales resultados de las reuniones sostenidas con la región de Valparaíso ([ANEXO 16](#)) se resumen de la siguiente forma:

5.11.3.1 Ubicación y dimensión de balnearios

- Mediante consulta a DIRECTEMAR, en la zona de Quintero-Puchuncaví se determinaron 6 balnearios aptos para el baño, con aguas del tipo marina.
- La playa de Ventanas es la única ubicada en la comuna de Puchuncaví, mientras que en la zona de Quintero se encuentran Loncura, Albatros, El Durazno, El Molino y El Caleuche.
- Javier Fuentes consulta a los profesionales de las SEREMIs de Salud y Medio Ambiente si tienen alguna opinión de las dimensiones de las playas.
- Oscar Vidal comenta que la autoridad marítima define a las playas aptas para baño en bases a la seguridad y el oleaje, lo que es distinto al riesgo que tienen las personas que concurren a balnearios no aptos para baño, pero donde de todos modos se bañan. De acuerdo a lo último, el listado oficial de balnearios de la armada no es el mismo que tiene MINSAL.
- Verónica Droppelmann sugiere conversar con los abogados acerca de si se pueden incluir otros balnearios que no han sido declarados aptos para baño por DIRECTEMAR debido a que recuerda que el Ministerio del Medio Ambiente se debe regir estrictamente por lo que dice la Norma.
- Javier Fuentes aclara que los polígonos de los balnearios fueron definidos en gabinete, ya que la armada de Chile envió un punto, una coordenada geográfica. Por lo cual reitera la consulta a los profesionales Óscar Vidal y Sandro Araneda cómo encuentran las dimensiones de las playas. A lo cual, Óscar Vidal responde que habría que mirar en verano si la gente se está bañando en las áreas definidas.
- Felipe Hidalgo sugiere que se haga una mención en el informe que existen otras zonas de baño, lo que debería ser analizado en el futuro PMCCA y que en el informe quede consignado donde están estos balnearios. Verónica Droppelmann y la consultora queda de acuerdo en dejar la alerta en el informe.
- Óscar Vidal sugiere seguir revisando la interpretación jurídica de que es lo que se entiende como zona apta para baño, ya que es distinto a contacto directo de las personas con el agua.
- Verónica Droppelmann comparte el kmz de las playas en el borde costero, donde se observan otras playas, además de las aptas para baño de la bahía y otras más al sur de la bahía, a lo que Verónica Droppelmann explica que la consultoría es con fondos PRAS, así que solamente abarca la bahía. Aunque si se entra a plan de descontaminación se descontaminaría toda la bahía.

5.11.3.2 Áreas de vigilancia

- Al estar todas las playas identificadas como aptas para baño dentro de la misma bahía, se consideraron dentro de una misma área de vigilancia intercomunal Quintero-Puchuncaví.

5.11.3.3 Cantidad de puntos de muestreos

- Los 18 puntos de muestreo se establecieron dependiendo del criterio de las dimensiones de los balnearios y de la superficie de este, capacidad de carga de las playas, cercanías a fuentes de contaminación y morfología de la costa.
- Javier Fuentes consulta a los profesionales de las SEREMIs de Salud y Medio Ambiente si tienen alguna opinión de los puntos de muestreo.
- Oscar Vidal Indica que se podrían aventurar puntos de muestreo en lugares efectivamente usados para el baño y donde las personas están expuestas y que también coincida con el Plan de Vigilancia Ambiental de ESVAL. Sugiere redefinir los mismos puntos de muestreo planteados abarcando más áreas donde se bañan las personas. María Alejandra Paredes recuerda que este estudio debía hacerse solamente para playas aptas para baño. Javier Fuentes comenta que se optó por trabajar con playas aptas para baño por las condiciones que presentan de seguridad y que teóricamente es donde la gente debiese bañarse, además son las playas de usos más intensivo. Verónica Droppelmann acota que el mismo DS dice "Playas aptas".
- María Alejandra Paredes consulta a Óscar Vidal si le parece adecuada la cantidad de puntos de muestreo que sugiere la consultoría. Frente a lo cual Óscar Vidal consulta si los puntos tienen réplicas (triplicados), porque de ser el caso la cantidad de muestras aumentaría, y le preocupa el tema logístico. María Alejandra Paredes responde que en las normas no está establecido que las muestras tengan que ser en triplicado, y que como si se establece que la calidad del agua se establece con la cantidad de muestras tomadas en 1 año, nosotros tomamos la bahía como una sola área de vigilancia y que cada uno de los puntos de muestreo serían pseudoréplicas del área de estudio, lo que parece adecuado a Óscar Vidal. De todos modos, no puede sugerir cambios en la cantidad de puntos ya que hace mucho tiempo que no tienen monitoreos en la bahía, por lo menos en 6 o 7 años no se han tomado muestras. También opina que se podría comenzar con la cantidad de muestras sugeridas y en torno a los resultados se podrían ir ajustando y acotando. Pero Verónica Droppelmann aclara que los monitoreos se deberán hacer tal cual lo indique el plan de monitoreo, porque de lo contrario la SMA puede encontrar que las muestras están mal tomadas y se perderían los datos.
- Óscar Vidal comenta que, como profesional de la SEREMI de Salud, y como opinión personal, piensa que deben evaluar el informe con la oficina territorial, pero de momento piensa que se debería aumentar el muestreo en dirección del emisario de ESVAL. Pero que tienen que analizarlo y enviarnos una respuesta oficial como equipo de SEREMI.

5.11.3.4 Frecuencia de monitoreo

- María Alejandra Paredes expone los cálculos de la cantidad de muestras anuales que se obtendrían considerando la cantidad de puntos de muestreo y frecuencia de monitoreo propuestas y pregunta si se considera habría que disminuirlas. Óscar Vidal responde que encuentra adecuado el número de muestras ya que se requiere representatividad de las muestras, pero que hará la consulta a su equipo de trabajo.
- Sandro Araneda está de acuerdo en que para la estimación de percentiles se requiere una alta cantidad de datos y piensa que tal vez habría que reducir la cantidad de puntos de muestreo y aumentar la frecuencia de muestreo pensando en aspectos de dinámicas de la bahía, aumentando la frecuencia en temporada de

baño. María Alejandra Paredes comenta que no se hicieron análisis oceanográficos de circulación del agua en este estudio. Felipe Hidalgo comenta que los puntos de concentración de contaminantes están bien cubiertos ya que siendo la zona sur es donde hay más puntos de muestreo propuesto y que el objetivo de este proyecto es un poco distinto, que es ver la calidad del agua donde la gente se está bañando. También, indica que con la cantidad de puntos que se proponen, con pocos valores altos se entiende superada la norma, aunque se podría evaluar, a futuro agregar más puntos hacia la zona cercana a ESVAL.

- Felipe Hidalgo plantea la posibilidad de disminuir los puntos durante de temporada de no baño, pero Verónica Droppelmann recuerda que interesa una vista general de la bahía con vistas a un futuro plan de descontaminación, por lo que se debe tener información durante todo el año. Óscar Vidal encuentra que la frecuencia propuesta esté en concordancia con este objetivo.

Los registros fotográficos de las sesiones se encuentran en los [ANEXO 17](#) para la región del Biobío, [ANEXO 18](#) para la región de Atacama y [ANEXO 19](#) para la región de Valparaíso.

6 DISCUSIÓN

6.1 Zona de dilución

Como se señaló, para el caso de aguas continentales, la norma D.S. N° 143, en el artículo 7° del Título VI, señala que “No deberá verificarse el cumplimiento de las normas de calidad primarias dentro de la zona de dilución de los residuos líquidos”, agregando el artículo 2° del Título II que “la zona de dilución de residuos líquidos corresponde al volumen o zona donde se produce la dilución de una descarga de residuos líquidos a un cuerpo receptor. Dicha zona será establecida caso a caso por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante o por la Dirección General de Aguas según corresponda, mediante resolución fundada”.

Por ello, los puntos de muestreo para zona de baño en aguas continentales fueron establecidos fuera de la zona de dilución de los contaminantes.

Se preguntó por ley de transparencia y acceso a la información a los dos organismos mencionados en la norma por las resoluciones fundadas que hubiesen emitido, pero ambos servicios respondieron que no han dictado resolución alguna al respecto en ningún territorio del país.

En consecuencia, para el caso de la cuenca del río Huasco, se buscó determinar la zona de dilución en base de estimaciones indirectas como la detallada en la Guía “Water quality monitoring. A practical guide to the design & implementation of freshwater quality studies & monitoring programmes, ISBN 0-419-21730-4”, en el punto sobre Metodología para la determinación de la mezcla completa sin usar modelos o ecuaciones, para la selección de las estaciones de muestreo en ríos, en donde en la zona de mezcla completa se puede estimar a partir de los valores de la Tabla 3.2. El detalle de este cálculo se adjunta en el [ANEXO 04](#).

Debido a que la tabla 3.2 requiere dimensiones de secciones transversales de cauces tales como ancho medio y profundidad de agua, se analizaron 9 estaciones pluviométricas de la DGA que cuentan con antecedentes de su sección transversal, cuyo detalle se adjunta en el [ANEXO 05](#), para las cuales se determinó la zona de dilución de los residuos líquidos en base del ancho del cauce y de la profundidad del agua en esa sección, solamente con el propósito de tener idea de las características de ancho de cauce y profundidad de agua a lo largo del río Huasco de manera de homologar a los puntos de vertido que se determinarán.

Con esta determinación es posible asumir algunas de estas características morfométricas del río para los puntos de vertido con los balnearios determinados para la cuenca del río Huasco, a fin de definir finalmente los puntos de verificación y establecerlos fuera de la zona de dilución de los contaminantes.

Lo anterior, como se indica, es una aproximación atendida la falta de información en las secciones del cauce donde se ubican los puntos de vertido, pero lo que corresponde es determinar el ancho de la sección del río en cada punto de vertido y la altura del agua debiera corresponder a un caudal con una probabilidad de excedencia del orden del 50%, menor a los 100 y 50 años que los caudales determinados en las estaciones que se revisaron, ya que correspondieron al diseño de la estación para el registro de crecidas.

Lo señalado cobra mayor importancia considerando que para el caso del Huasco la recomendación de la Tabla 3.2 no considera anchos tan grandes como las que existen en el Huasco.

Por las dos razones antes señaladas, se tiene que la zona de dilución no queda adecuadamente determinada ya que, como se dijo, los puntos de monitoreo se determinan suponiendo o asumiendo similitudes de las secciones de cauce en los puntos de vertido con las de las estaciones DGA. Lo que estrictamente correspondería es la determinación de la sección transversal del cauce en cada punto de vertido de manera que, en base de dichas dimensiones (ancho y altura de agua), se calcule en base de la tabla 3.2 la zona de dilución.

Por ello no fue posible determinar distancias y sólo se trabajó, como se indicó, en base del ancho del cauce y de la profundidad del agua en esa sección con el propósito de tener una idea de las características de ancho de cauce y profundidad de agua a lo largo del río Huasco, de manera de homologar a los puntos de vertido que se determinen a futuro.

Dado que esta determinación fue fallida, se tiene que los organismos designados por ley debieran desarrollar metodologías generales tal vez para aplicarlas a cada cuenca o zona marítima tal que permitan obtener una zona de disolución fundada y confiable.

6.2 Metodologías analíticas

Para la selección de metodologías analíticas recomendadas, se tuvo en consideración que los límites de detección del método fueran valores inferiores a lo propuesto como concentración en las Normas Primarias de Calidad del Agua, cabe resaltar que dichos límites varían dependiendo de la complejidad y naturaleza de la muestra, sumado a las especificaciones técnicas de cada instrumento analítico a utilizar.

6.3 Parámetros sugeridos para la red de observación

Además de los elementos y compuestos que norman los D.S. 143/2008 y 144/2008 MINSEGPRES para aguas aptas para actividades de recreación con contacto directo, existen otros factores que pueden afectar la salud humana mediante esa vía, los cuales pueden ser microorganismos provenientes de contaminación fecal, microorganismos indígenas de vida libre, fitoplancton y cianobacterias y sus toxinas, y compuestos químicos. Después de realizar una revisión bibliográfica se recomiendan algunos parámetros que deberían ser considerados dentro de la red de observación.

6.3.1 Contaminación fecal

Una causa común de la mala calidad del agua de baño es la presencia de bacterias fecales, que pueden representar importantes riesgos para la salud pública. Las principales fuentes de bacterias incluyen las aguas residuales, las plantas de tratamiento de aguas residuales ineficientes, los desechos animales (por ejemplo, aves y perros en las playas) y el agua que drena de granjas y tierras de cultivo (EEA, 2020).

Las investigaciones internacionales señalan que para la determinación la contaminación fecal en aguas continentales con uso recreacional *Escherichia coli* es el indicador más apropiado (WHO, 2021) en lugar de coliformes fecales (WHO, 2009) y esta es utilizada en la Unión Europea (UE, 2014) y Canadá (Health Canada, 2012) para estos fines, aunque la metodología numérica utilizada en cada caso es diferente (ver **Tabla 26**), la Unión Europea utiliza la metodología de los percentiles mientras que Canadá se basa en la media geométrica, por ello la recomendación para la red de observación es ceñirse a los valores límites de referencia de la Unión Europea para el uso de *E. coli* como organismo indicador de contaminación fecal en aguas continentales.

Para aguas marinas y estuarinas los enterococos intestinales son el mejor indicador de contaminación fecal (WHO; 2021; Health Canada, 2012) y de acuerdo a National Health and Medical Research Council (2008), de Australia y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021), también son adecuados como indicadores de contaminación fecal en agua dulce. Por lo tanto, lo recomendado, para el caso de enterococos intestinales en aguas marinas costeras y estuarinas y agua dulce de uso recreacional es lo sugerido por la Organización Mundial de la Salud de < 200 enterococos intestinales /100 mL determinadas al percentil 95 (WHO; 2021). Se debe tener en cuenta que el riesgo para la salud dependerá de otros factores como la edad y vulnerabilidad de las personas.

Enterococos es un término comúnmente utilizado en los EE.UU. e incluye todas las especies descritas como miembros del género *Enterococcus* que cumplen los siguientes criterios: crecimiento a 10 °C y 45 °C, resistencia a 60 °C durante 30 min, crecimiento a pH 9,6 y al 6,5% de NaCl, y la capacidad de reducir el 0,1% de azul de metileno. Dado que las especies ambientales más comunes cumplen estos criterios, en la práctica los términos estreptococos fecales, enterococos, enterococos intestinales y grupo *Enterococcus* pueden referirse a las mismas bacterias (WHO, 2009).

Por otro lado, se destaca que los coliformes totales y los coliformes termotolerantes no son buenos indicadores; los primeros porque no son específicos para contaminación fecal y los últimos porque incluyen organismos no derivados de las heces (por ejemplo, *Klebsiella*, que puede derivar de los efluentes de las fábricas de pulpa y papel), además, no existen estudios adecuados para basar los valores de referencia (WHO, 2003). Por otro lado, se han utilizado *Salmonellae* con fines reglamentarios, sin embargo, su función sanitaria directa no ha sido respaldada por datos de brotes, por lo que es poco probable que contribuyan de manera significativa a la transmisión de enfermedades a través de la ruta del agua recreativa debido a su baja infectividad y a su número relativamente bajo en las aguas residuales, lo que, cuando se combina con su rápida inactivación en las aguas, particularmente en el mar, sugiere una plausibilidad biológica limitada (WHO, 2003). Adicionalmente, se han utilizado enterovirus con fines regulatorios, sin embargo, son costosos de analizar y requieren métodos especializados. Aunque los enterovirus siempre están presentes en las aguas residuales y existen métodos estándar, su número es variable y no está relacionado con los resultados de salud (Fleisher *et al.*, 1996a, b, *vide in* WHO, 2003). Por tanto, no hay datos suficientes para desarrollar valores de referencia.

En cuanto a las metodologías para la determinación de organismos indicadores fecales, cabe destacar que se incluyen en este informe aquellas recomendadas por Organización Internacional para la Estandarización (ISO), sin embargo, se debe considerar que se debe apuntar a la aplicación conjunta de métodos estándar no basados en cultivos (qPCR) llevadas a cabo por laboratorios acreditados para determinar enterococos intestinales y *E.coli* (WHO, 2021) sin embargo, por el momento solo se ha utilizado para enterococos en

estudios epidemiológicos en aguas marinas y dulces (Wade *et al.*, 2010; *fide in* WHO, 2021), mientras que para *E. coli* se encuentra menos desarrollada (WHO, 2021). Adicionalmente, cabe destacar que en Chile existen laboratorios acreditados para la determinación de enterococos intestinales y *E. coli* en agua de mar y agua dulce.

6.3.2 Microorganismos patógenos de vida libre

Se han descrito varias especies y géneros de microorganismos de vida libre y virus presentes en aguas con uso recreacional que pueden afectar la salud humana, sin embargo, aunque existe evidencia de estar relacionados con la producción de enfermedades infecciosas, algunas de ellas muy graves (**Tabla 27**), su incidencia es baja y no se han recomendado valores límites específicos para causar daño a la salud humana (WHO, 2003; 2021).

6.3.3 Algas y cianobacterias

Las algas y cianobacterias tóxicas se encuentran en todo el mundo, tanto en aguas continentales como marinas, sin embargo, su regulación en Chile está solamente asociada al consumo de mariscos contaminados con “mareas rojas” o proliferaciones algales nocivas (FAN). En aguas marinas chilenas las FAN más recurrentes se manifiestan regularmente desde Chiloé hacia el sur y los microorganismos causantes son dinoflagelados como *Alexandrium catenella* y *Alexandrium ostenfeldii* que producen el veneno paralizante de marisco (VPM), *Dinophysis acuta* que produce el veneno diarreico de marisco (VDM), las diatomeas *Pseudo-nitzschia australis* y *P. pseudodelicatissima* productoras de veneno amnésico de marisco (VAM), el dinoflagelado *Gymnodinium breve*, productor de toxina neurotóxica, entre otros. Aunque los principales problemas están asociados a toxinas que son consumidas por humanos, existen riesgos reportados asociados con actividades recreativas en aguas marinas costeras y estuarinas, así como en agua dulce, ocasionadas por contacto dérmico, inhalación de aerosoles marinos e ingestión de agua o espumas de algas (WHO, 2021).

Las cianobacterias, también conocidas como algas verde-azules, pueden ser dañinas si se ingieren y pueden causar erupciones cutáneas. Las proliferaciones de cianobacterias pueden ocurrir cuando las condiciones ambientales son favorables, como cuando hay altos niveles de nutrientes en el agua, la columna de agua es muy estable y las temperaturas y la luz son favorables y las condiciones son tranquilas y sin viento como las que se presentan durante los meses de verano, que coincide con la temporada de baño y la mayor demanda de aguas recreativas. Las actividades humanas pueden acelerar este proceso mediante, por ejemplo, un tratamiento inadecuado de aguas residuales, escorrentías agrícolas y escorrentías de carreteras (WHO, 2021, EEA, 2020).

El contacto con la piel y la ingestión de agua durante el baño se encuentran entre las razones más frecuentes de intoxicación humana causada por cianotoxinas, entre las cuales las microcistinas son las más recurrentes (WHO, 2021), incluso en Chile (Almanza *et al.*, 2016). Los síntomas asociados suelen variar desde dolor de cabeza intenso hasta fiebre, parálisis respiratoria, náuseas, vómitos, fiebre y, en casos raros, la muerte (Sanseverino *et al.*, 2017 *fide in* EEA, 2020).

En varios países y organizaciones se han establecido límites, ya sea como densidad concentración de pigmentos y concentración toxinas (**Tabla 29** y **Tabla 30**). La recomendación es mantener una observación permanente de las áreas de recreacionales durante la temporada de baño y si se observan indicios como cambios en el color del agua, presencia de espuma y $> 75 \text{ ug /L}$ de ficocianina o $> 15 \text{ mm}^3 /\text{L}$ o dominancia de más del 80% de géneros $> 75 \text{ ug /L}$ de ficocianina o $> 15 \text{ mm}^3 /\text{L}$ o dominancia de más del 80% de géneros potenciales productores de microcistina, realizar mediciones de la concentración de las microcistinas siguiendo los límites establecidos por la OMS (WHO, 2021).

6.3.4 Contaminación química

Existen muchos contaminantes químicos que pueden afectar la salud humana cuando se encuentran en aguas de uso recreativo con contacto directo y dentro de los que no se encuentran normados por los D.S. 143/2008 y 144/2008 MINSEGPRES se encuentran las sustancias per- y poli- fluoroalquilo (PFAS), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), microplásticos, residuos farmacéuticos, halogenuros orgánicos absorbibles (AOX), microcontaminantes usados en el tratamiento de aguas residuales (EEA, 2020, EPA, National Health and Medical Research Council, 2019). Sin embargo, solamente se encontraron valores de referencia para el mínimo presente en aguas con uso recreacional para los PFAS y los PAH (**Tabla 31** y **Tabla 32**).

6.4 Determinación de los percentiles en relación al número de puntos de muestreo y mediciones anuales

Tal como se observa en las normas primarias de calidad de primaria para la protección de las aguas aptas para actividades de recreación con contacto directo, la frecuencia de monitoreo es diferente a lo largo del año, con mayor frecuencia durante los tres meses que dura la temporada de baño. Sin embargo, al calcular la cantidad de muestras que se pueden alcanzar por parámetro al año son bastante bajas para la aplicación de la determinación del percentil fijado, de modo que para la Norma que fija el D.S. 143/2008 de MINSEGPRES va desde entre 2 y 21 mediciones anuales, mientras que para la Norma que fija el D.S. 144/2008 de MINSEGPRES va entre 4 y 21 muestras anuales. La determinación de un percentil se basa en la idea de dividir la muestra en 100 partes de frecuencias similares, tal como los cuartiles las dividen en 4 partes, los quintiles la dividen en 5 partes, y los deciles lo hacen 10 partes. Por lo que ya se entiende que para utilizar la técnica del percentil se requiere de un gran número de muestras, de lo contrario se podrían utilizar las otras mencionadas. Adicionalmente, la determinación de los percentiles presenta supuestos paramétricos de distribución normal de las muestras, lo cual es más fácilmente alcanzar con un mayor número de ellas. No obstante, existen alternativas no paramétricas para su determinación, entre las cuales se menciona acá el estimador de Hazen. Un problema adicional que tiene realizar estimaciones en base a percentiles con un bajo número de muestras es el sesgo introducido debido a que el error estándar de la estimación aumenta mientras menor es el número de datos. Por ello es que varios autores, entre ellos la OMS (WHO, 2021; 2009) recomiendan fuertemente no usar pocos datos para determinar la calidad de las aguas utilizadas con fines recreativos. Como una forma de aumentar la cantidad de muestras disponibles al año por parámetro, se consideró aumentar la cantidad de puntos de muestreo por balneario, los cuales fueron agrupados en los casos de balnearios muy cercanos e influenciados por el mismo tipo de calidad del agua. Estos puntos de muestreo por área de muestreo, serán entonces, considerados en conjunto para

determinar los máximos permitidos en torno al percentil fijado por cada una de las normas ambientales mencionadas anteriormente. La segunda estrategia consistió en aumentar las frecuencias de muestreo, especialmente, en aquellas áreas de muestreo con mala calidad ambiental o con altas perturbaciones urbanas e industriales. Se espera entonces, alcanzar un número adecuado de muestras que no sesguen la determinación de la calidad del agua, lo cual es particularmente frecuente en lugares con buena calidad ambiental. En esta misma línea, se recomienda no eliminar las mediciones bajo el límite de detección, si no que reemplazarlas por el valor de este, a fin de no sesgar las determinaciones.

6.5 Reuniones de trabajo con profesionales de SEREMI de salud y Medio Ambiente

En las reuniones sostenidas con los profesionales de las SEREMI de Salud y Medio Ambiente de las tres áreas PRAS, hubo diversas opiniones respecto de la cantidad de balnearios aptos para baño, la extensión de los balnearios y la cantidad de puntos de monitoreo propuestos, sin embargo, no hubo reparos respecto de la definición de las áreas de vigilancia. El principal problema al que nos enfrentamos al momento de definir los balnearios aptos para baño es que estos son definidos por DIRECTEMAR en base a condiciones físicas de las playas y no en relación a condiciones de calidad del agua. Las personas se bañan o entran en contacto con el agua en zonas no habilitadas para baño, sin embargo, la normativa hace referencia directa a que la reglamentación aplica a balnearios aptos para baño, lo cual deja sin regulación a otras áreas utilizadas por bañistas. Por otro lado, determinar la verdadera extensión de los balnearios y su capacidad de carga debería ser corroborados *in situ* en temporada de baño, ya que es realmente en ese momento cuando se puede definir correctamente el uso de las playas y balnearios. También se presentó el caso de balnearios que fueron informados por los municipios que es posible que en realidad solamente sean aptos para camping pero que no existan las condiciones sanitarias para ser habilitados para uso del agua con fines de recreación con contacto directo.

La cantidad de puntos de muestreo, tanto para la red de control como para la red de observación, así como la frecuencia de monitoreo propuestas para cada compuesto o elemento, por área de vigilancia, afectan en la cantidad total de muestras anuales que se utilizarán para determinar la calidad del agua. Al respecto, los profesionales de la región del Biobío manifestaron que la propuesta podría ser muy alta, mientras que los profesionales de la región de Valparaíso lo encontraron adecuado y los profesionales de la región de Atacama no realizaron comentarios, sin embargo, todos quedaron en enviar comentarios una vez analizado el primer informe junto a sus equipos de trabajo. Por lo tanto, se incorporó una propuesta reducida en cantidad de puntos de muestreo y/o frecuencias de muestreo que disminuyeron la cantidad total de muestras anuales que se recomienda tomar para cada elemento o compuesto normados en los DS 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se establecieron 12 áreas de vigilancia, 3 en la cuenca del río Huasco; 3 en el borde costero de la comuna de Huasco; 1 área de vigilancia en la bahía de Quintero Puchuncaví; y 5 para el Golfo de Arauco.
- Se determinaron 22 balnearios en las zonas PRAS de los cuales 8 se encuentran en la cuenca del río Huasco, 3 en el borde costero de la comuna de Huasco, 6 en la bahía de Quintero y 5 en el Golfo de Arauco.
- Se determinaron 64 puntos para toma de muestras, 11 en la cuenca del río Huasco y 53 en aguas marinas, de estos 9 en el borde costero de la comuna de Huasco, 18 en la bahía de Quintero y 26 en el golfo de Arauco.
- Los parámetros que serán objeto de monitoreo para cada estación son los normados en los D.S. N°143/2008 y D.S. N° 144/2008, MINSEGPRES.
- Para aquellos parámetros regulados en DS 144/2008 se debe realizar un pretratamiento a la muestra, dependiendo del analito en cuestión.
- En todas las áreas PRAS se encontraron valores históricos de parámetros que sobrepasan las normas de calidad primaria para la protección de la salud humana.
- En el área de Quintero-Punchuncaví, se encontraron valores históricos sobre la norma 144/2008 MINSEGPRES de pH, arsénico, cadmio, mercurio y plomo.
- En el área del golfo de Arauco se encontraron valores históricos sobre la norma 144/2008 MINSEGPRES de coliformes fecales y pH.
- Para la cuenca del río Huasco se encontraron valores históricos sobre la norma 143/2008 MINSEGPRES de pH, arsénico y mercurio.
- Para la red de observación se propone evaluar como organismo bioindicador de contaminación fecal la bacteria *Escherichia coli* en aguas continentales y a los enterococos intestinales como bioindicador en aguas marinas y estuarinas.
- Para la red de observación en aguas continentales se propone evaluar la presencia de proliferaciones cianobacterias productoras de cianotoxinas, especialmente de microcistinas en la red de observación. Cuando la biomasa de estas cianobacterias se encuentre en la categoría II de la **Tabla 38**, se recomienda evaluar la concentración de microcistinas.
- Los compuestos químicos que se proponen monitorear en la red de observación son las sustancias per- y poli- fluoroalquilo (PFAS) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH). Estos compuestos cuentan con referencias internacionales de límites permitidos para aguas con contacto directo.
- De acuerdo a la revisión bibliográfica y a la naturaleza estadística del cálculo del percentil, se concluye que el número de muestras anual debe maximizarse respecto a las frecuencias de monitoreo propuestas en los DS 143/2008 y 144/2008 de MINSEGPRES, y tomando en consideración la extensión del balneario, capacidad de carga de bañistas, calidad ambiental del balneario y la presencia de fuentes emisoras de contaminación.

- Se aumentó la frecuencia de muestreo anual respecto de las normas primarias de calidad de agua con contacto directo (143/2008 y 144/2008 MINSEGPRESS) para cada área de muestreo por parámetro considerando variables como la cercanía a fuentes de emisión (perturbaciones industriales), poblados, capacidad de carga de bañistas, época del año, calidad ambiental y número de puntos de muestreo por área. Esto último a fin de maximizar el número de muestras lo más posible para evitar sesgos en los cálculos de los percentiles fijados para cada muestra.

- La frecuencia mínima de monitoreo para organismos indicadores de contaminación fecal para la red de observación es mensualmente en temporada de no baño, un muestreo una semana antes del comienzo de esta y dos muestreos al mes en temporada de baño.

- Se recomienda evaluar la presencia de microalgas productoras de microcistinas, solamente durante la temporada de baño. En primer lugar, esta evaluación será visual para determinar discoloración del agua y/o presencia de espumas o "scum". En caso de que esta evaluación quede en la categoría III de la **Tabla 38** se recomienda evaluar la concentración de microcistinas.

- Respecto de la reunión realizada con las SEREMIS de Salud y Medio Ambiente, de la región de Valparaíso, muestran gran preocupación por el monitoreo de los balnearios no aptos para el baño, ubicados en la península de Quintero, esto balnearios mencionados se encuentran más al norte, de la península, que los identificados para este estudio. Su preocupación es porque, aunque no son aptos para el baño, son utilizados de igual forma y estos se encuentran más cerca al emisario de la PTAS de ESVAL, por lo que solicitan la posibilidad de ampliar la zona de control.

- De acuerdo a las observaciones que realizarán los equipos de trabajos de las SEREMIS de Salud y Medio Ambiente y del Ministerio de Medio Ambiente, se realizaron ajustes de los puntos de monitoreo y/o de las frecuencias de muestreo de algunos o todos los parámetros en las áreas de vigilancia donde consideró necesario, esto para disminuir el número de muestras totales anuales que deban ser tomadas para evaluar el cumplimiento de las NPCA.

- Se anexan tres minutas técnicas, una para cada área PRAS, con los contenidos requeridos como insumos para elaborar los PMCCA correspondientes.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almanza, V., Parra, O., Bicudo, C., Sant'Anna, C., Figueroa, R. Urrutia, R., Lara, F., Beltrán, J., Baeza, C. & González, P. (2016). Guía para el estudio de cianobacterias en el sistema lacustre del gran Concepción: Aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Cátedra UNESCO/EOLSS. Gestión de Recursos Naturales, Planificación Territorial y Protección Ambiental.

APHA/AWWA/WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th Ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

Australian & New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. 2000. Toxicant default guideline values for protecting aquatic ecosystems.

Atlantic Regions' Coastal Pollution Response (ARCOPOL). 2011. Guía para la toma de muestras de vertidos en el mar.

Biblioteca del Congreso Nacional. 2021. Reportes estadísticos comunales. Disponible en línea en: <https://bit.ly/2X9bs1C>. Visitado el 04-06-2021.

Büdel B. 2001. Biological Soil Crusts of South America. In: Belnap J., Lange O.L. (eds) Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 150. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56475-8_3.

CEA-MMA. 2020. Sistematización de información de calidad de agua, sedimentos, objetos de valoración ambiental y fuentes de emisión, como insumos para la elaboración de una Norma Secundaria de Calidad de Aguas en la Bahía de Quintero. http://medidasgestionambiental.intendenciavalparaiso.gob.cl/wp-content/uploads/2020/05/IF_CEA_Insumos_NSCA_Quintero.pdf

CEA-MMA. 2016. Diagnóstico medioambiental y evaluación preliminar de riesgo ecológico de la bahía de Coronel. <https://sqi.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/E7-Evaluacion-Riesgo-Ecologico-Bahia-Coronel.pdf>

CEA-MMA. 2013. Análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en el aire, suelo y agua, en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. https://sqi.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/E4-Estudio-Riesgo-Ecologico-Quintero_Puchuncavi.pdf

CEA-MMA. 2010. Programa de apoyo para la elaboración y seguimiento de normas de calidad ambiental del agua. Guía técnica para la elaboración e implementación de programas de vigilancia de normas ambientales de calidad de agua. <http://www.cenma.cl/Pagina%20web-LQA/6-Apoyo%20a%20la%20dictación%20de%20normas%20ambientales/2010%20Guia%20Programas%20de%20Vigilancia%20para%20Normas%20de%20Calidad%20Ambiental%20de%20Agua.pdf>

Cifuentes, M., Mesquita, C., Meéndez, J., Morales, M., Aguilar, N., Cancino, D., Gallo, M., Jolón, M., Ramírez, C., Ribeiro, N., Sandoval, E., Turcios, M. 1999. Capacidad de carga

turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica. WWF Centroamérica.

COFREPIS. 2019. Manual operativo: monitoreo de agua de contacto primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce. Secretaria de salud. Estados Unidos Mexicanos.

Contreras, J. 2017. Circulación del Golfo de Arauco y patrones de dispersión y residencia de contaminantes asociados a emisarios submarinos. Universidad de Concepción.

Dirección General de Aguas – CADE-IDEPE. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Huasco. Gobierno de Chile. Ministerio de Obras Públicas.

The Environmental Technology Verification Program. 2010. Microcystin Test Kit. Recreational Water Microcystin Detection. <https://nepis.epa.gov/Exe/tiff2png.exe/P100DZKV.PNG?-r+75+g+7+D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C06THRU10%5CTIFF%5C00001393%5CP100DZKV.TIF>

European Environmental Agency, EEA. 2020. Bathing water management in Europe: Successes and challenges. EEA Report No 11/2020. ISSN 1977-8449.

Gian, T.X. 2001. Analysis and estimation of trace metals in seawater and sediment in the South China Sea, Area IV: Vietnamese waters. In: SEAFDEC Seminar on Fishery Resources in the South China Sea, Area IV: Vietnamese Waters, Southeast Asian Fisheries Development Center, 18–20 September 2000, p 434.

González, R., N. Pino & I. Rueda. “Sin fecha”. Proyecto colaborativo: Mapa de riesgo microbiológico de la Bahía de Coronel y cursos de agua dulce (potencial áreas verdes).

Guajardo, A & Chavarri, R. 2018. Análisis Caso Quintero-Puchuncavi: Una Mirada desde la Sostenibilidad. Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile. <https://unegocios.uchile.cl/wp-content/uploads/2018/10/Analisis-caso-quinteros-y-puchuncabi.pdf>

Health Canada. 2012. Guidelines for Canadian Recreational Water Quality, Third Edition. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. (Catalogue No H129-15/2012E). <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-recreational-water-quality-third-edition.html>

Holon - Ministerio del Medio Ambiente. 2020. Actualización de la información disponible y propuesta de monitoreo para el diseño de la Norma Secundaria De Calidad Ambiental para el Golfo de Arauco. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

Holon - Ministerio del Medio Ambiente. 2019. Análisis crítico de los informes de seguimiento ambiental y de los Planes de Vigilancia Ambiental de los establecimientos que descargan residuos líquidos a la bahía de Quintero, región de Valparaíso. Resolución Exenta N° 0357/2019. Ministerio de Medio Ambiente

<https://ine.cl>. Visitado el 04-06-2021.

<https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>. Visitado el 29-07-2021.

<https://www.siss.gob.cl/586/w3-channel.html> Visitado el 29-07-2021.

https://www.atsdr.cdc.gov/csem/polycyclic-aromatic-hydrocarbons/standards_and_regulations_for_exposure.html. Visitado el 07-08-2021

INIA-MMA. 2019. Análisis Integral de calidad de agua para el aseguramiento de la competitividad del sector social y productivo y la sustentabilidad de ecosistemas acuáticos, en el marco de elaboración de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de las aguas superficiales de la cuenca del río Huasco. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Ley N° 20.417. Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente.

Minuta Técnica “Programa de vigilancia norma primaria de calidad agua apta para actividades recreacionales con contacto directo”. Seremi Salud Región de Valparaíso.

National Health and Medical Research Council. 2019. Guidance on Per and Polyfluoroalkyl (PFAS) in Recreational Water. Canberra.

National Health and Medical Research Council. 2008. Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. Commonwealth of Australia.

NCh 411/3. of 96. Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras. D.S. N° 501 de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.

NCh 411/9. of 97. Calidad del agua - Muestreo - Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas. Instituto Nacional de Normalización.

Pritt, J.W. and J.W. Raese. 1992. Quality assurance/quality control manual. National Water Quality Laboratory. U.S. Geological Survey. Denver, Colorado.

SEREMI Salud Valparaíso. 2008. Programa monitoreo aguas de uso recreativo. Región de Valparaíso. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud.

Smienk, H. G. F., Sevilla Mur, E., Peleato, M. L., Razquin, P., & Mata, L. 2007. Validación de un kit para la detección de microcistinas en agua. *Alimentaria: Revista de Tecnología E Higiene de Los Alimentos*, (385), 104–111. https://www.researchgate.net/publication/263584157_VALIDACION_DE_UN_KIT_PARA_LA_DETECCION_DE_MICROCISTINAS_EN_AGUA

Tiwari A, Hokajärvi A-M, Santo Domingo JW, Kauppinen A, Elk M, Ryu H, et al. 2018. Categorical performance characteristics of method ISO 7899-2 and indicator value of intestinal enterococci for bathing water quality monitoring. *J Water Health*. 27:wh2018293. doi: 10.2166/wh.2018.293. https://www.researchgate.net/publication/350557108_Categorical_performance_characteri

stics_of_method_ISO_7899-
2_and_indicator_value_of_intestinal_enterococci_for_bathing_water_quality_monitoring

UNESCO, 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Montevideo, Uruguay. 94 pp.

Unión Europea (UE). 2014. Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.

World Health Organization. 2021. Guidelines on recreational water quality. Volume 1. Coastal and Fresh Waters. 164 pp. ISBN 978-92-4-003130-2 (electronic version).

World Health Organization. 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters.

World Health Organization. 2009. Addendum to Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Vol 1.

World Health Organization. 1998. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Addendum to Volume 2. Health criteria and other supporting information. Geneva, World Health Organization.

9 ANEXOS

Tipo de anexo	Identificador	Nombre Anexo	Descripción	Formato
Anexos	ANEXO 01	Calidad Ambiental de las áreas PRAS	Archivo con registros de mediciones fuera de norma en las áreas PRAS encontrados en las fuentes bibliográficas y bases de datos.	xls
	ANEXO 02	Playas y Balnearios	Identificación en mapa de playas aptas para baño de acuerdo a DIRECTEMAR y zonas de baño de acuerdo a las Municipalidades de Vallenar y Freirina.	KMZ
	ANEXO 03	Solicitudes de información a DGTM y DGA sobre resoluciones de establecimiento de zonas de dilución de residuos líquidos	Informa por solicitud de información y respuestas de ambos organismos.	PDF
	ANEXO 04	Calculo de zonas de dilución según tabla 3.2 de la guía "Water Quality Monitoring. A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes, Isbn 0-419-21730-4" Para La Cuenca Del Río Huasco	Cálculo indirecto de la zona de dilución en el río Huasco	PDF
	ANEXO 05	Estaciones fluviométricas DGA	Estaciones DGA analizadas para determinar la zona de dilución en la cuenca del río Huasco.	PDF
	ANEXO 06	Tabla puntos de muestreo	Contiene el compilado con los puntos de muestreo que se determinaron al aplicar las metodologías.	xls

Tipo de anexo	Identificador	Nombre Anexo	Descripción	Formato
	ANEXO 07	Balnearios y Playas	Contiene los balnearios y playas identificadas para realizar el estudio.	xls
	ANEXO 08	Fechas de temporada de baño	Respuesta a solicitud de información realizada por MMA a DIRECTEMAR respecto a las fechas de inicio y término de temporada de baño en Chile.	PDF
	ANEXO 09	Respuesta Transparencia por balnearios	Contiene las respuestas dadas por los municipios a la consulta por balnearios existentes en la cuenca del río Huasco.	PDF - KMZ
	ANEXO 10	Frecuencias de muestreo sugeridas para red de control	Tablas en las cuales se indica la frecuencia de muestreo por parámetro y área de muestreo de la red de control	xls
	ANEXO 11	Anexo SIG_Insumos_Tecnicos	Descripción Sistema de Información Geográfica del proyecto	gdb – shp - JPG
	ANEXO 12	Calidad ambiental red de observación	Archivo con registros de HAPs con valores sobre el mínimo establecido por la Environmental Protection Agency's (EPA)	xls
	ANEXO 13	Puntos calidad ambiental	Carpeta con archivos de kmz con los puntos donde se encontraron valores que no cumplen con las normas primarias	KMZ
	ANEXO 14	Minuta reunión Biobío	Contiene la descripción del desarrollo de la reunión sostenida con los profesionales de la SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la región del Biobío	Word
	ANEXO 15	Minuta reunión Atacama	Contiene la descripción del desarrollo de la reunión sostenida con los profesionales de la SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la región de Atacama	Word

Tipo de anexo	Identificador	Nombre Anexo	Descripción	Formato
	ANEXO 16	Minuta reunión Valparaíso	Contiene la descripción del desarrollo de la reunión sostenida con los profesionales de la SEREMI de Salud y Medio Ambiente de la región de Valparaíso	Word
	ANEXO 17	Registro fotográfico reunión_Biobío	Archivo con selección de fotografías tomadas como captura de pantalla durante la reunión con profesionales de la región del Biobío	Word
	ANEXO 18	Registro fotográfico reunión_Atacama	Archivo con selección de fotografías tomadas como captura de pantalla durante la reunión con profesionales de la región de Atacama	Word
	ANEXO 19	Registro fotográfico reunión_Valparaíso	Archivo con selección de fotografías tomadas como captura de pantalla durante la reunión con profesionales de la región de Valparaíso	Word
	ANEXO 20	Minuta técnica_Golfo de Arauco	Minuta técnica con los contenidos necesarios para elaborar el PMCCA	Word
	ANEXO 21	Minuta técnica_Huasco	Minuta técnica con los contenidos necesarios para elaborar el PMCCA	Word
	ANEXO 22	Minuta técnica_Quintero Puchuncaví	Minuta técnica con los contenidos necesarios para elaborar el PMCCA	Word
	ANEXO 23	Tablas 46, 47 y 48	Resumen metodología de análisis y límite de detección por compuesto o elemento del DS 143/2008, 1447200 y red de observación.	Word. Ubicada al final de este documento
	ANEXO 24	Propuesta de puntos de muestreo reducida	Archivo con menor cantidad puntos de muestreo en algunas áreas de vigilancia	KMZ

Tipo de anexo	Identificador	Nombre Anexo	Descripción	Formato
	ANEXO 25	Frecuencias de muestreo red de control reducida	Archivo con propuesta ajustada con menor cantidad de puntos de muestreo y/o menor frecuencia de muestreo en algunas áreas de vigilancia	xls

ANEXO 23

Las **Tabla 46**, **Tabla 47** y **Tabla 48** entregan información sobre metodología de análisis y límites de detección por compuesto, elemento o microorganismo.

Tabla 46 Tabla resumen metodología de análisis y límite de detección por compuesto o elemento del DS 143/2008.

COMPUESTO O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO	EXCEDENCIA	VALOR MÁXIMO DE EXCEDENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN
Color	Escala Pt-Co	80	100	200	50%	150	2120C: Spectrophotometric Single wavelength method. SM ed. 23, 2017.	Depende de la longitud de trayectoria
pH	Unidad de pH	95	6,0 - 8,5 ⁽¹⁾	5,5 - 9,0 ⁽¹⁾	-/+ 0,5	5,5 – 9,0	4500-H B: Electrometric method. SM Ed.23, 2017	-
Cianuro	mg/L	95	0,77	1,2	30%	1	4500 CN E: Colorimetric method. SM Ed.23, 2017	-
Bifenilos policlorados (PCBs)	mg/L	90	0,0055	0,005	50%	0,008	6431C Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017	1,9 - 16,5 µg/L
Diclorometano	mg/L	90	0,22	0,6	50%	0,33	6200 B: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method	0,5 µg/L
Benzo (a) pireno	mg/L	90	0,0022	0,06	50%	0,003	6640B: Micro Liquid-liquid extraction gas chromatographic method. SM Ed.23, 2017.	0,5 µg/L
Tetracloruro de carbono	mg/L	90	0,022	0,071	50%	0,033	6200 B: Purge and Trap Capillary-Column Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method	0,5 µg/L
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	mg/L	90	0,33	1	50%	0,5	6640B: Micro Liquid-liquid extraction gas chromatographic method. SM Ed.23, 2017.	0,5 µg/L
Aldrín* y Dieldrín*	mg/L	80	0,00033	0,01	50%	0,0005	6630B Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method.	20 ng/L
Atrazina	mg/L	90	0,022	0,05	50%	0,033	Method 619: The Determination of Triazine Pesticides in Municipal and Industrial Wastewater EPA Method 619, 1992	Dependiente de interferencia de muestra y de limitaciones instrumentales
Carbofurano	mg/L	90	0,055	0,167	50%	0,825	6610B: High-performance liquid chromatographic methods. SM Ed.23, 2017	0,026 - 0,063 µg/L
Clordano *	mg/L	80	0,0022	0,05	50%	0,033	6630B Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method.	20 ng/L
Clorotalonil	mg/L	90	1,21	3	30%	1,57	Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007	Dependiente de interferencia de muestra y de

COMPUESTO O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO	EXCEDENCIA	VALOR MÁXIMO DE EXCEDENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN
								limitaciones instrumentales
Cyanazina	mg/L	90	0,0066	0,02	50%	0,0099	Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007	Dependiente de interferencia de muestra y de limitaciones instrumentales
Heptaclor *	mg/L	80	0,00033	0,01	50%	0,0005	6630B Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method.	20 ng/L
Lindano *	mg/L	80	0,022	0,5	50%	0,033	6630B Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method.	20 ng/L
Simazina	mg/L	90	0,022	0,052	30%	0,0286	Method 1699: Pesticides in Water, Soil, Sediment, Biosolids, and Tissue by HRGC/HRMS. EPA Method, 2007	Dependiente de interferencia de muestra y de limitaciones instrumentales
Trifluralina	mg/L	90	0,22	0,75	50%	0,33	6630B Liquid-liquid Extracción Gas Chromatographic Method.	20 ng/L
Arsénico	mg/L	95	0,11	0,2	20%	0,132	3500-As B: Silver Diethyldithiocarbamate Method. 3114 B. B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017. 3114 B. B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017	2 µg/L
Cadmio	mg/L	95	0,033	0,1	50%	0,05	3113 B: Direct Air- Acetylene flame method by Atomic Absorption. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry. SM Ed.23, 2017	0,43 µg/L
Cromo Total	mg/L	95	0,55	1	20%	0,66	3500-Cr C: Ion Chromatographic Method. 3113 B: Direct Air- Acetylene flame method by Atomic Absorption. SM Ed.23, 2017	9,87 µg/L
Mercurio	mg/L	95	0,011	0,071	50%	0,0165	3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA). SM Ed.23, 2017. 3112 B: Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry (ICP/MS) Method. SM Ed.23, 2017	2 µg/L

COMPUESTO O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO	EXCEDENCIA	VALOR MÁXIMO DE EXCEDENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN
Plomo	mg/L	95	0,11	0,036	50%	0,165	3113 B: Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017 3125 B: Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method. SM Ed.23, 2017	10,4 µg/L
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	100	1.000	>1.000	---	---	9221: Membrane filter Technique for Members of the Coliform Group. SM Ed.23, 2017	1.8 NMP/100 ml

Tabla 47 Tabla resumen metodología de análisis y límite de detección por compuesto o elemento del DS 144/2008.

COMPUESTO O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO	EXCEDENCIA	VALOR MÁXIMO DE EXCEDENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN
Color	Escala Pt-Co	80	100	200	50%	150	2120C: Spectrophotometric Single wavelength method. SM ed. 23, 2017.	Depende de la longitud de trayectoria
pH	Unidad de pH	95	6,0 - 8,5(*)	5,5 - 9,0 (*)	-/+ 0,5	5,5 – 9,0	4500-H B: Electrometric method. SM Ed.23, 2017	-
Cianuro	mg/L	95	0,77	1,2	30%	1	4500 CN E: Colorimetric method. SM Ed.23, 2017	-
Arsénico	mg/L	95	0,11	0,2	20%	0,132	3500-As B: Silver Diethyldithiocarbamate Method. 3114 B. B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017. 3114 B. B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA), SM Ed.23, 2017	2 µg/L
Cadmio	mg/L	95	0,033	0,1	50%	0,05	3113 B: Direct Air- Acetylene flame method by Atomic Absorption. 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass spectrometry. SM Ed.23, 2017	0,43 µg/L
Cromo	mg/L	95	0,55	1	20%	0,66	3500-Cr C: Ion Chromatographic Method. 3113 B: Direct Air- Acetylene flame method by Atomic Absorption. SM Ed.23, 2017	9,87 µg/L
Mercurio	mg/L	95	0,011	0,071	50%	0,0165	3114 B: Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA). SM Ed.23, 2017 3112 B: Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017 3125 B: Inductively coupled Plasma/Mass	2 µg/L

COMPUESTO O ELEMENTO	UNIDAD	PERCENTIL	VALOR MÁXIMO PERMITIDO	NIVEL DE EMERGENCIA DIARIO	EXCEDENCIA	VALOR MÁXIMO DE EXCEDENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN
							spectrometry (ICP/MS) Method.SM Ed.23, 2017	
Plomo	mg/L	95	0,11	0,36	50%	0,165	3113 B: Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method. SM Ed.23, 2017 3125 B: Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method. SM Ed.23, 2017	10,4 µg/L
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	100	1.000	> 1.000	---	---	9221: Membrane filter Technique for Members of the Coliform Group.SM Ed.23, 2017	1.8 NMP/100 ml

Tabla 48 Tabla resumen metodología de análisis y límite de detección por parámetro para red de observación.

COMPUESTO O ELEMENTO	MATRIZ	UNIDAD	VALOR MÁXIMO DE REFERENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN	REFERENCIA LD
Sulfonato de perfluorooctano (PFOS)	Agua marina y estuarinas y dulce	ug/L	2	Method 537: Determination of selected perfluorinated alkyl acids in drinking water by solid phase extraction and liquid chromatography mass spectrometry, EPA Method 2009	A determinar por laboratorio	Especificado en el método
Sulfonato de perfluorohexano (PFHxS)	Agua marina y estuarinas y dulce	ug/L	2	Method 537: Determination of selected perfluorinated alkyl acids in drinking water by solid phase extraction and liquid chromatography mass spectrometry, EPA Method 2009	A determinar por laboratorio	Especificado en el método
Ácido perfluorooctanoico (PFOA)	Agua marina y estuarinas y dulce	ug/L	10	Method 537: Determination of selected perfluorinated alkyl acids in drinking water by solid phase extraction and liquid chromatography mass spectrometry, EPA Method 2009	A determinar por laboratorio	Especificado en el método
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)	Agua marina y estuarinas y dulce	mg/L	0,0001	Method 6440 B: Liquid-Liquid Extraction Chromatographic Method.SM Ed.23, 2017	0,01726 y 2,3 µg/L	Especificado en el método
Enterococos intestinales	Agua marina y estuarinas	bacterias/ 100 mL	< 201	Método FM (ISO 7899-2) o NMP (ISO7899-1)	ISO 7899-2 no especifica LD, otros autores proponene usar para recuentos de entre 10 - 100 colonias por membrana.Para ISO 7899-1; > 15 recuentos /mL	Tiwari <i>et al.</i> , 2018, https://www.researchgate.net/publication/350557108_Categorical_performance_characteristics_of_method_ISO_7899-2_and_indicator_value_of_intestinal_enterococci_for_bathing_water_quality_monitoring ;

COMPUESTO O ELEMENTO	MATRIZ	UNIDAD	VALOR MÁXIMO DE REFERENCIA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN	REFERENCIA LD
						https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_7899-1.pdf
<i>Escherichia coli</i>	Agua dulce	bacterias/100 mL	< 900 al percentil 90	En caso de agua poco contaminada usar el método de FM (ISO 9308-1), de lo contrario usar el método MPN (ISO 9308-3)	ISO 9308-1 adecuado para muestras con menos de <100 CCA - ISO 9308-3 LD <15 recuentos/100 mL	https://www.iso.org/standard/55832.html , https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9308:-3:ed-1:v1:en
Cianobacterias	Agua marina y estuarinas y dulce	Cel/mL	N.A.	Metodología descrita en UNESCO, 2009; Almanza <i>et al.</i> , 2016	N.A.	UNESCO, 2009; Almanza <i>et al.</i> , 2016
Microcistinas	Agua marina y estuarinas y dulce	mg/L	20	bioensayos con ratón, ensayo inhibición proteína fosfatasa, inmunoensayos (kit ELISA), (HPLC), espectroscopía de masas (LC-MS), técnicas moleculares, tiras de microcistina Abraxis	HPLC, 1 mg/L; >10 ppb para tiras de microcistinas Abraxis.	Almanza <i>et al.</i> , 2016; ETV, 2010; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4796383/

N.A. = No aplica