

ENSAYOS

Normas de calidad ambiental de sistemas acuáticos en Chile. Un análisis técnico-jurídico comparado

Environmental quality standards for aquatic systems in Chile.

A comparative technical-legal analysis

Jorge Valdés Saavedra 

Universidad de Antofagasta, Chile

RESUMEN

Las normas de calidad ambiental, cuyo propósito es proteger la salud de las personas y de los ecosistemas ocupados por la sociedad, presentan un retraso en su formulación debido, en parte, a la falta de conocimiento científico sobre los ecosistemas nacionales, responsabilidad compartida entre los científicos y los organismos responsables de financiar la ciencia nacional. Adicionalmente, los reglamentos que establecen los procedimientos para la formulación de estas normas presentan deficiencias técnico-científicas que pueden repercutir en la efectividad de las normas para alcanzar los objetivos que persiguen. No obstante, existe abundante conocimiento científico nacional e internacional sobre métodos de muestreo, técnicas de laboratorio y procedimientos de análisis de datos que deben ser incorporados en dichos procedimientos y que pueden sustentar en forma más robusta las normas ambientales que se busca formular. La experiencia internacional en la formulación de este tipo de normas muestra que hay conocimiento científico ineludible que debe sustentar dicha norma, tales como los estudios ecotoxicológicos y el establecimiento de los niveles preindustriales de las sustancias que serán parte de la norma de calidad ambiental. Adicionalmente, se requiere generar nuevo conocimiento sobre los ecosistemas que serán protegidos y no solamente utilizar conocimientos de ecosistemas similares, como lo plantea la reglamentación nacional. Es necesario incorporar procedimientos técnico-científicos y una participación más efectiva de instituciones y expertos en la materia. No obstante, dichos expertos

deben ser profesionales con experiencia demostrable, mediante su actividad científica (publicaciones, proyectos) en las materias propias de la norma.

PALABRAS CLAVE

Norma de calidad ambiental, legislación chilena, ecosistemas acuáticos.

ABSTRACT

Environmental quality standards, whose purpose is to protect the health of people and the ecosystems occupied by society, are experiencing a delay in their formulation due, in part, to the lack of scientific knowledge about national ecosystems, a responsibility shared between scientists and the agencies responsible for financing national science. Additionally, the regulations that establish the procedures for the formulation of these standards present technical-scientific deficiencies that may impact the effectiveness of the standards to achieve the objectives they pursue. However, there is abundant national and international scientific knowledge on sampling methods, laboratory techniques and data analysis procedures that must be incorporated into these procedures and that can more robustly support the environmental standards that are sought to be formulated. International experience in the formulation of this type of standards shows that there is unavoidable scientific knowledge that must support said standard, such as ecotoxicological studies and the establishment of pre-industrial levels of the substances that will be part of the environmental quality standard. Additionally, it is necessary to generate new knowledge about the ecosystems that will be protected and not just use knowledge from similar ecosystems, as proposed by national regulations. It is necessary to incorporate technical-scientific procedures and a more effective participation of institutions and experts in the field. However, these experts must be professionals with demonstrable experience, through their scientific activity (publications, projects), in the subjects of the standard.

KEYWORDS

Environmental quality standard, chilean legislation, aquatic ecosystems.

El marco jurídico nacional

La Ley 19300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) en su artículo 1 establece:

El derecho a vivir en un medioambiente libre de contaminación, la protección del medioambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

Los compromisos ambientales adquiridos a propósito de la promulgación de esta ley consideran la formulación de diferentes reglamentos y normativas que permitan la aplicación adecuada de lo establecido en dicho documento. Esto, con el propósito de cumplir con los objetivos de cuidado del ambiente bajo los principios, entre otros, de realismo y gradualidad.

A propósito de estos compromisos, en 2012 se promulgó el Decreto Supremo 38, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS 38/2012 del MMA)¹, que estableció los procedimientos y criterios para la dictación de normas ambientales primarias y secundarias, y normas de emisión, el cual tuvo como objetivo actualizar y complementar el Decreto Supremo 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, sobre la misma materia.

Tanto el DS 38/2012 como el DS 6 de 2024, ambos del MMA, diferencian dos tipos de normas de calidad ambiental: una norma primaria cuyo objetivo es proteger la vida o salud de los habitantes del territorio nacional (artículo 2 del DS 38/2012 del MMA, actual artículo 2 del DS 6/2024 del MMA), y una norma secundaria cuyo objetivo es proteger la salud de los ecosistemas (artículo 3 del DS 38/2012 del MMA, actual artículo 3 del DS 6/2024 del MMA). En ambos casos, se deben establecer los «valores de las concentraciones y periodos, máximos o mínimos, permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, luminosidad artificial, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo» para la población humana o para los ecosistemas naturales. Así establecido, la norma primaria tiene una aplicación a todo el territorio nacional, mientras que la norma secundaria debe ser formulada para cada ecosistema que se pretende conservar.

Respecto de los sistemas acuáticos, la Norma Primaria de Calidad Ambiental de las Aguas Continentales, Decreto Supremo 143 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, fue publicada el 27 de marzo de 2009, mientras que la Norma de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas y Estuarinas, Decreto Supremo 144 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, fue publicada el 7 de abril del mismo año. Por el contrario, poco se ha avanzado en lo relativo a la norma secundaria.

En este contexto, y debido a la falta de normas de calidad ambiental, conforme a lo dispuesto en el artículo 11 inciso final de la Ley 19300,² la legislación nacio-

1. Nota de actualización normativa: el 26 de septiembre de 2025, durante el periodo de evaluación de este trabajo, el DS 38/2012 del MMA fue derogado con la entrada en vigencia del Decreto Supremo 6 de 2024, del MMA, que estableció un nuevo Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (publicado en el *Diario Oficial* el 26 de junio de 2025).

2. Ley 19300, artículo 11, inciso final: «Para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a)

nal ha incorporado directrices de legislaciones internacionales. Así, el artículo 11 del Reglamento del Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), DS 40/2012 del MMA, plantea:

Las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar si se genera o presenta el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), ambas del artículo 11 de la Ley, serán aquellas vigentes en los siguientes Estados: República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América, Nueva Zelanda, Reino de los Países Bajos, República Italiana, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local, lo que será justificado razonablemente por el proponente.

El último párrafo plantea un desafío mayor, toda vez que para aplicar este criterio se debe contar con suficiente información científica sobre climatología, oceanografía, ecología, aspectos sociales y/o culturales, etcétera, de los ambientes a comparar, los que muchas veces no están disponibles para la realidad chilena.

Actualmente existen ocho normas secundarias vigentes sobre calidad de las aguas, solo una de sistemas marinos (Quintero-Puchuncaví), y nueve en diferentes estados de elaboración, dos de ellas correspondientes a sistemas marinos³ (Golfo de Arauco y la bahía de Mejillones).⁴

Considerando que Chile tiene 72 puertos en operación —13 puertos públicos de uso público, 15 puertos privados de uso público y 44 puertos privados de uso privado (Subsecretaría de Transportes, 2023: 7)—, 1.251 ríos y 12.784 lagos y lagunas, localizadas en 101 cuencas hidrográficas (DGA, Dirección General de Aguas, 2016: 8), el porcentaje de sistemas protegidos es mínimo. Si bien las normas de calidad ambiental deben ser establecidas para aquellos sistemas influenciados por actividad antrópica, el conocimiento científico sobre todos ellos debe ser una prioridad, toda vez que este conocimiento será particularmente importante en un eventual escenario en donde el hombre ocupe nuevos territorios.

y los efectos adversos señalados en la letra b), se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que señale el reglamento».

3. Véanse los expedientes electrónicos, disponibles en <https://tipg.link/IY2r>.

4. Chile, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Resolución Exenta 1059, 30 de septiembre de 2021.

En un país marítimo como Chile, las normas de calidad ambiental son una prioridad que, luego de 30 años de promulgada la LBGMA, se han transformado en una urgencia, debido a los múltiples conflictos ambientales —muchos de ellos judicializados— que enfrentan las comunidades que habitan alrededor de los diferentes sistemas acuáticos.

Parte de esta tardanza en la formulación de las normas de calidad se explica por la falta de conocimiento científico sobre nuestros propios ecosistemas acuáticos, ya que no se puede proteger aquello que no se sabe cómo funciona. En este punto, hay una responsabilidad compartida entre el mundo científico, que muchas veces renuncia a la investigación básica y de escala local por no resultar atractiva para el crecimiento profesional, y los organismos nacionales responsables de financiar la investigación, que fuerzan el sistema con estándares internacionales que no siempre resuelven las necesidades de generación de conocimiento local.

En este punto la LBGMA tampoco es clara, ya que si bien promueve el establecimiento de normas de calidad ambiental y define las responsabilidades en esta materia, no profundiza en los detalles técnico-científicos necesarios para que dichas normas sean formuladas e implementadas sobre la base de un conocimiento generado con metodologías apropiadas para el tipo de ecosistema, componente ambiental y parámetro a normar.

Desde el punto de vista legal, el inciso tercero del artículo 32 de la Ley 19300 indica:

Un reglamento establecerá el procedimiento a seguir para la dictación de normas de calidad ambiental, que considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad. Establecerá además los plazos y formalidades que se requieran para dar cumplimiento a lo dispuesto en este artículo y los criterios para revisar las normas vigentes.

El antiguo Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS 38/2012 del MMA) en su artículo 6 define la forma en que se debe proceder para la elaboración de una norma de calidad o emisión ambiental. Las etapas consideradas en este Reglamento son: desarrollo de estudios científicos, análisis técnico y económico, consulta a organismos competentes, públicos y privados, y análisis de las observaciones formuladas, todas las cuales deberán considerar una adecuada publicidad y socialización (**figura 1**). Este proceso considera

una secuencia de pasos e intervinientes que buscan una amplia participación de entidades del Estado y la ciudadanía⁵.

Desde una perspectiva científica, los antecedentes y estudios para la elaboración de la norma de calidad ambiental o de emisión, tanto en la regulación del antiguo reglamento (artículo 13 del Decreto Supremo 38/2012) como en el actual reglamento (artículo 22 del Decreto Supremo 6/2024)⁶ son los que presenta las mayores falencias, las cuales repercuten en el resultado final de la norma a dictar y su efectividad de aplicación.

Como indica el Decreto Supremo 38/2012 del MMA en su artículo 13:

Una vez iniciada la elaboración de la norma, el ministro encargará estudios científicos y solicitará los antecedentes que sean necesarios para la formulación de la norma y establecerá para cada caso una fecha límite para su presentación. La exigencia de contar con estudios científicos se podrá cumplir con estudios científicos o técnicos existentes sobre la materia a normar, así como aquellos existentes en otros estados u organismos internacionales.

Esto se sustenta en que en ningún caso se especifica a qué entidades se encargarán dichos estudios científicos. Dada la naturaleza de los estudios que se requieren para estas materias, se debe asegurar que dichas acciones sean desarrolladas por instituciones o equipos con demostrable experiencia, la que en el campo de la investigación científica solamente se puede acreditar con proyectos de investigación y publicaciones en revistas especializadas en los temas a que hace referencia la norma en cuestión.

Además, plantear la posibilidad de que el conocimiento sobre la materia a normar sea tomado de estudios ya existentes o formulados por otros Estados u

5. Por su parte, el artículo 7 del Decreto Supremo 6/2024 del MMA regula las siguientes etapas del procedimiento para la dictación de las normas de calidad ambiental y de emisión: 1) Elaboración de anteproyecto; en la que se contempla la recepción de antecedentes, desarrollo de estudios científicos complementarios, elaboración de informe técnico y análisis general de impacto económico y social, conformación de comité operativo y comité operativo ampliado y subcomités operativos, consulta y coordinación con organismos competentes, públicos y privados, según corresponda; 2) Consulta ciudadana; en la que se contempla consulta a toda la ciudadanía y a los consejos; 3) Elaboración de proyecto definitivo; en la que se contempla el análisis de las observaciones formuladas en la etapa de consulta ciudadana y de todos los demás antecedentes levantados durante el procedimiento de dictación de norma.

6. Chile, Ministerio del Medio Ambiente, Decreto Supremo 6/2024, artículo 22: «Antecedentes y estudios para elaboración de anteproyecto. La elaboración del anteproyecto se sustentará en estudios y antecedentes de carácter científico, técnico, económico y jurídico existentes y levantados de manera previa al inicio del procedimiento, así como aquellos existentes en otros Estados u organismos internacionales, que sean aplicables de acuerdo a la materia a normar».

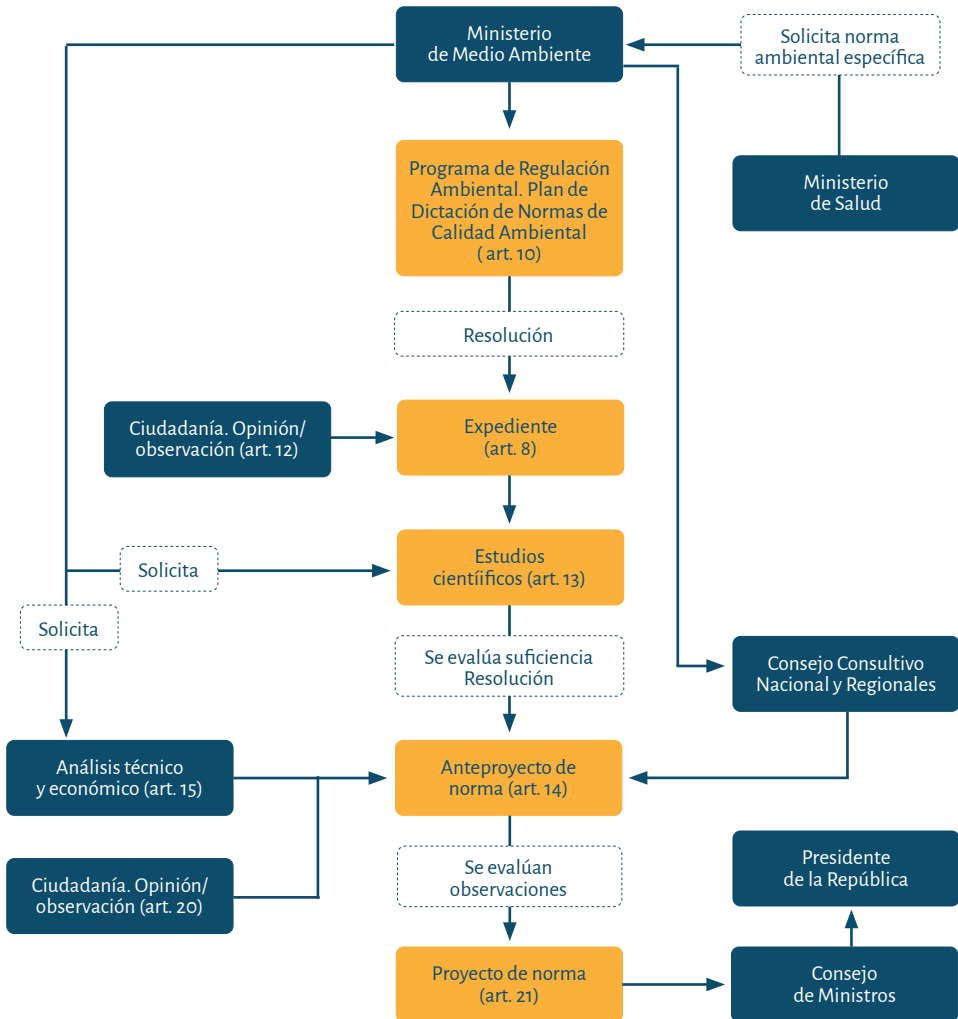


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de formulación de la norma secundaria de calidad ambiental en Chile. Adaptado del Decreto Supremo 38/2012 (artículo 6) y del Decreto Supremo 6/2024.

organismos internacionales, deja fuera la necesidad ineludible de generar nuevo conocimiento sobre el ecosistema que se busca proteger, el que, en la mayoría de los casos en nuestro país, es prácticamente inexistente. Se debe entender que el conocimiento científico sobre los sistemas naturales debe ser la base que sustente las exigencias que se impondrán a determinadas actividades humanas que tengan un impacto significativo en la naturaleza.

Desde un punto de vista jurídico, la modernización estructural de la institucionalidad ambiental, particularmente con la creación del Ministerio de Medio Am-

biente y los tribunales ambientales, «han elevado los estándares en la elaboración y fundamentación técnica de este tipo de normas» (Mondragón Fischer, 2017: 176). Sin embargo, desde un punto de vista científico aún persisten aspectos que requieren ser revisados para una correcta formulación de normas de calidad ambiental, adecuadas a la realidad e historia ambiental de los ecosistemas que se pretende administrar bajo el principio de desarrollo sostenible.

En este sentido, ni el artículo 13 del DS 38/2012 del MMA ni el artículo 22 del DS 6/2024 del MMA abordan los aspectos técnico-científicos necesarios para que dicha norma tenga fundamentos sólidos que aseguren una correcta aplicación. Al respecto, la responsabilidad de orientar el trabajo en cuestiones de normas ambientales quedó establecido en la *Guía Conama para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas* (Conama, Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2003),⁷ la que posteriormente ha sido complementada y profundizada con la *Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en aguas continentales y marinas* (Ministerio del Medio Ambiente, 2017), la *Guía metodológica para la descripción de ecosistemas marinos* (SEA, 2022), la *Guía áreas de influencia en ecosistemas marinos* (SEA, 2023) y la *Guía para la predicción y evaluación de impactos en ecosistemas marinos* (SEA, 2024), entre otras. Las dos primeras guías son un buen punto de partida respecto de procedimientos, formas de trabajo, metodologías y aplicaciones técnico-científicas, lo que puede enriquecerse con la experiencia internacional, la que es una fuente de información que se debe revisar y considerar.

Otros aspectos legales que deben ser considerados al momento de evaluar los procedimientos de dictación de las normas de calidad ambiental han sido expuestos en un informe comparativo de la legislación ambiental nacional e internacional (Harris Moya, 2019: 2). El autor concluye que, tal como está establecido en la Ley 19300, la dictación de normas de calidad ambiental carece de rango legal y solamente corresponde a una regulación de carácter administrativo. Adicionalmente, en cuanto a los tiempos para alcanzar los objetivos relativos a la dictación de normas de calidad ambiental, el autor señala que la regulación nacional carece de un plazo general para alcanzar el objetivo de protección propuesto, sin perjuicio de que el plazo pueda ser fijado en los planes de prevención y de descontaminación aplicables en los casos que los contaminantes se aproximen o superen el umbral admitido por el reglamento. El artículo 32 de la Ley 19300 solamente indica que una norma de calidad primaria que haya sido propuesta por el Ministerio de Salud debe ser dictada dentro de un plazo que no podrá exceder de cuatro años, a menos

7. La Comisión Nacional de Medio Ambiente (Conama) funcionó de 1994 a 2010. Sus funciones son ahora competencia del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

que dentro de tal lapso indique las razones técnicas para no acoger la solicitud. El mismo artículo, en su inciso cuarto, establece que «toda norma de calidad ambiental será revisada por el Ministerio del Medio Ambiente a lo menos cada cuatro años, aplicando el mismo procedimiento». Sin embargo, respecto del objetivo último de la norma, cual es la protección ambiental, no hay plazos establecidos.

Respecto del impacto económico y social de la dictación de una norma de calidad ambiental, si bien los Análisis Generales de Impacto Económico y Social (AGIES) de una norma varían según el tipo de norma de que se trate, la nueva tendencia jurisprudencial obliga y restringe al órgano regulador a utilizar un análisis económico basado en criterios de costo-beneficio, que resulta incompatible con las circunstancias específicas de estas normas y sus objetos de protección, lo que implica «en gran parte desnaturalizar la función de una norma de calidad ambiental, subyugando la protección de la salud de las personas y la conservación del medioambiente al cálculo de beneficios, que en muchos casos son de difícil apreciación pecuniaria» (Currie Ríos y Pérez González, 2018: 70).

Esto desconoce, en parte, el mandato legal de proteger la salud de las personas y la integridad del ambiente, objetivo que no debe estar supeditado al análisis económico.

La experiencia internacional: El caso de Canadá

En lo relativo a normas de calidad ambiental, países como Estados Unidos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda presentan un notable avance en la formulación de normas ambientales para los diferentes componentes de la naturaleza, las cuales además son periódicamente revisadas y actualizadas. El caso de Canadá resulta interesante de revisar, particularmente respecto de los protocolos y guías de trabajo para el establecimiento de normas secundarias de calidad de agua y sedimentos. La Norma Canadiense de Calidad de Agua para la Protección de la Vida Acuática (CWQGs-PAL, por sus siglas en inglés), establecida para sistemas acuáticos continentales y marinos (CCME, 2003, 2007), incluye dos niveles de aplicación (nacional y sitio-específico), y se sustenta en cinco principios fundamentales:

1. Las normas son recomendaciones genéricas para todo el territorio nacional y están basadas en información científica lo más actualizada posible, que esté disponible al momento de su formulación.
2. Las normas deben proteger a todas las formas de vida acuática y sus ciclos de los efectos negativos generados por la actividad antrópica.
3. Las normas para sistemas específicos deben considerar el análisis de todos los componentes del ecosistema acuático, en la medida en que la información esté disponible.

4. Las normas nacionales deben ser la base para la formulación de las normas para sistemas específicos.
5. La jurisdicción local (estatal, provincial, etcétera) puede establecer diferentes niveles de protección de los sistemas acuáticos.

Estos principios tienen como propósito la generación de normas de aplicación nacional (norma general) que sirvan como referencia para la formulación de normas para cada ecosistema acuático que se pretende manejar de forma ambientalmente sostenible. Para ello, distingue entre efectos tóxicos derivados de exposiciones de corta y larga duración, que pueden afectar a una fracción o a todas las especies que habitan dicho ecosistema, derivados de la presencia y/o incremento de parámetros y/o sustancias nocivas para la vida acuática. En ambos casos, es necesario identificar las concentraciones naturales (niveles basales naturales) de las variables a normar y las concentraciones que, al menos en parte, se deban a la acción humana. El nivel base natural debe establecerse para la norma específica de un sistema acuático y no se incorpora en la norma general.

En términos generales, este protocolo de trabajo se esquematiza en la **figura 2**. Este diagrama de flujo considera siete niveles que debe cumplir cualquier procedimiento tendiente a formular una norma de calidad de aguas. En este protocolo, resalta la importancia de los estudios y datos toxicológicos necesarios para el desarrollo del proceso, sin los cuales no es posible implementar una norma de calidad de agua. El segundo aspecto destacable de la norma canadiense es el hecho de que se pueden establecer diferentes límites máximos de una sustancia (paso 5 de la **figura 2**), dependiendo de la cantidad y calidad de la información existente. La norma tipo A es la más aceptable, ya que considera que la cantidad de datos disponible sobre las variables ambientales en estudio es suficiente, bajo criterios de un análisis estadístico, mientras que la norma tipo B es menos rigurosa, ya que se basa en una extrapolación de una menor cantidad de datos. Sin embargo, en ambos casos se define un mínimo de información necesaria para avanzar. De lo contrario, no es posible establecer la norma en estudio (**figura 2**). En todo este proceso, la autoridad canadiense recomienda recopilar toda la información referida a los niveles basales naturales de las sustancias presentes en los sistemas acuáticos y que representen un potencial riesgo para los organismos acuáticos (CCME 2003, 2007: Part II). Finalmente, las normas derivadas de este proceso deben ser aprobadas científicamente por un grupo de tareas de calidad de agua, que incluye a especialistas en diversas áreas de las ciencias asociadas a los sistemas acuáticos.

El Protocolo para la Derivación de la Norma de Calidad de Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática de Canadá sigue los mismos principios y protocolos que la de agua (CCME, 1999: 6). El procedimiento para establecerla se esque-

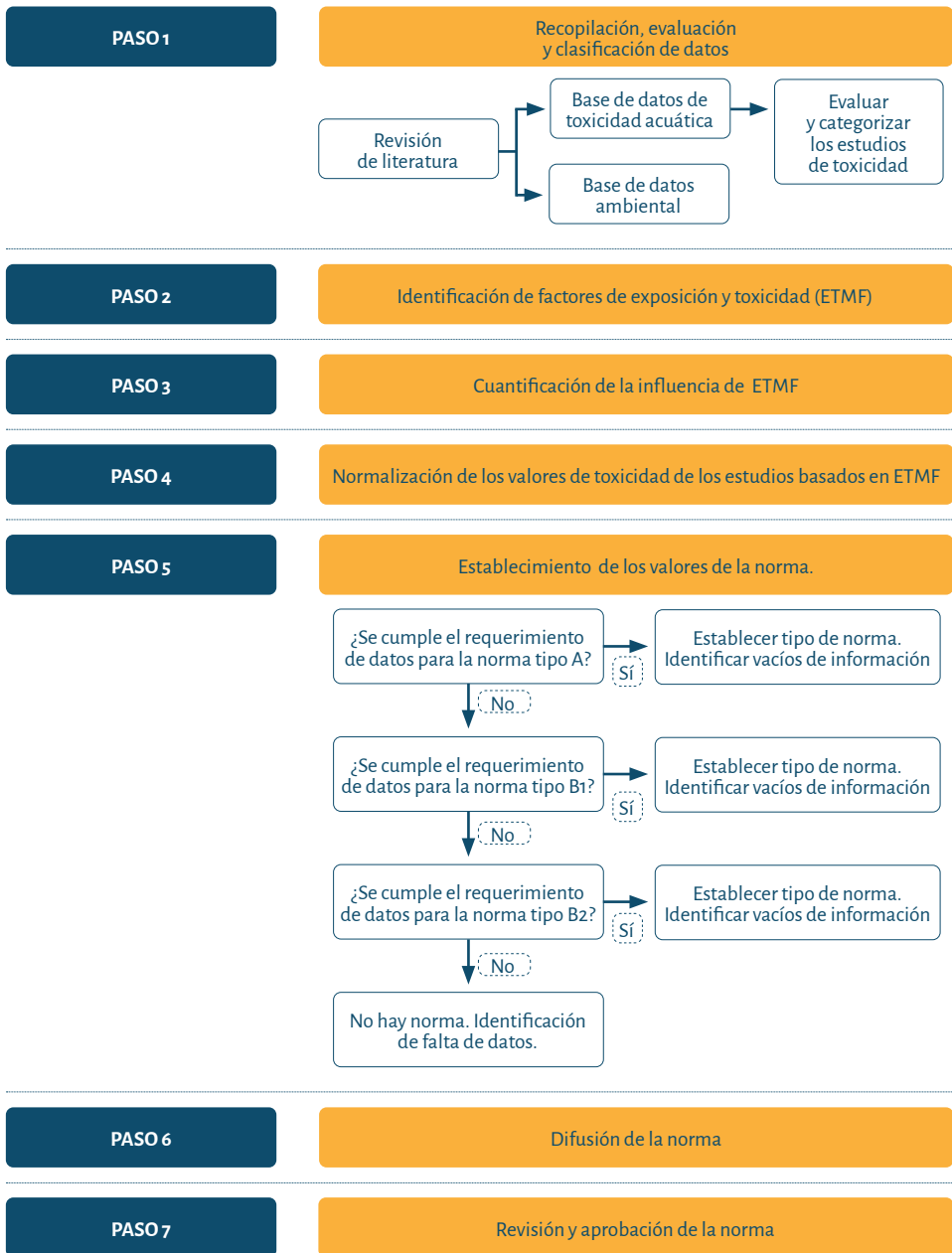


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de formulación de la norma de calidad ambiental de aguas en Canadá. Adaptado de CCME (2003, 2007).

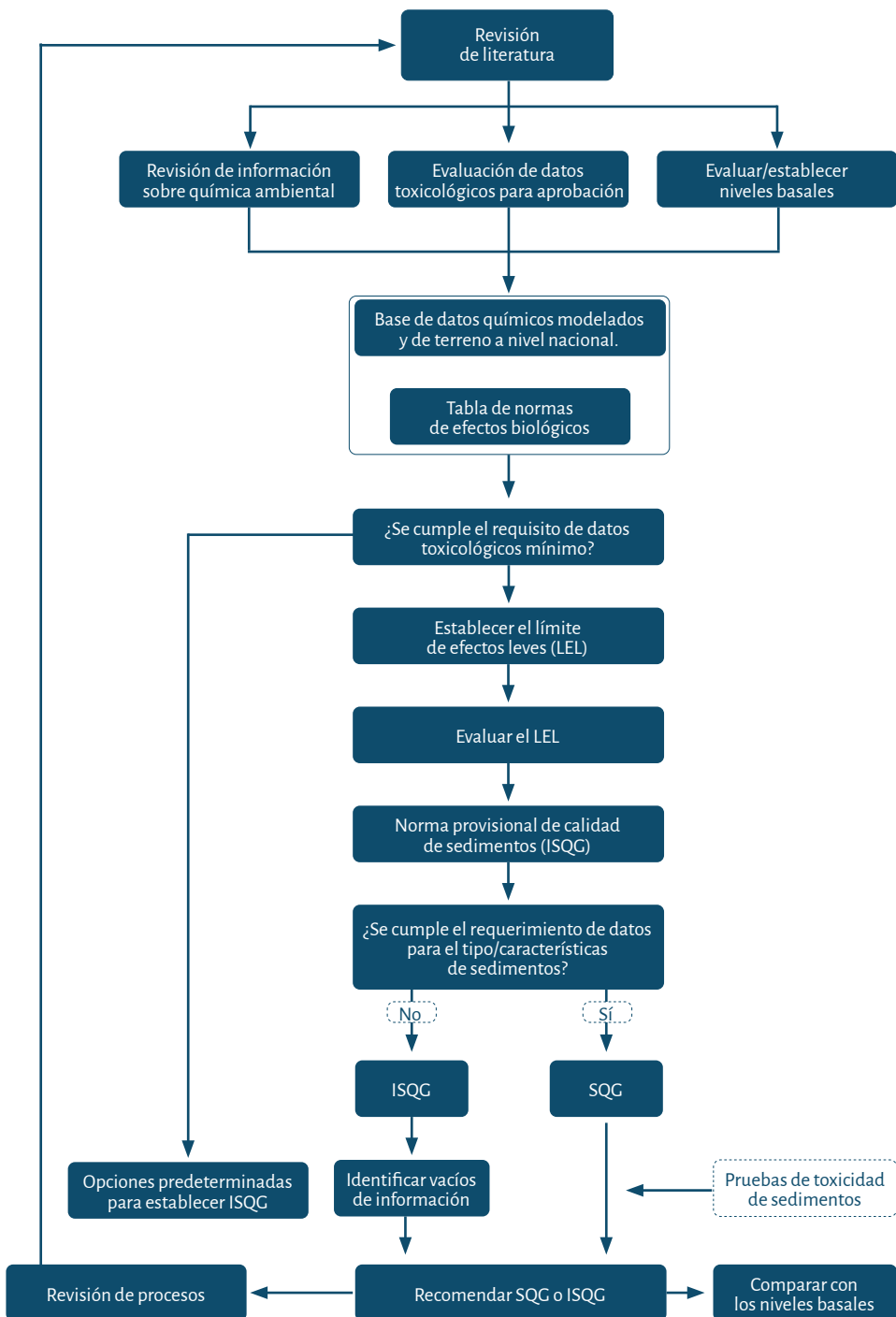


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de formulación de la norma de calidad ambiental de sedimentos en Canadá. Adaptado de CCME (1999).

matiza en la **figura 3**. Destacan en este procedimiento la necesidad de información acerca de estudios toxicológicos sobre organismos acuáticos y la identificación de los niveles basales de las sustancias que pretende normar. En el caso de la normativa para sedimentos, los niveles basales adquieren una importancia mayor y deben ser considerados como información de referencia en todo el procedimiento para la dictación de la norma, particularmente en el caso de las normativas para ecosistemas acuáticos específicos.

Es notorio el hecho de que en ambos tipos de norma los estudios toxicológicos son una prioridad, y sin los cuales es imposible avanzar. Al respecto, una comparación con los procedimientos técnicos establecidos en Chile demuestra que este aspecto está poco abordado (Conama, 2003: 4-6; Ministerio del Medio Ambiente, 2017: 41-56). Considerando que la norma secundaria tiene como objetivo proteger la salud de los organismos acuáticos del efecto de sustancias nocivas, es indudable que los estudios que establezcan los niveles máximos de estas sustancias, sobre los cuales se generaron estos efectos tóxicos, deben ser también una de las prioridades de la norma.

Tanto en el caso de la norma de calidad de agua como en la de sedimentos de Canadá, el protocolo de trabajo requiere del estricto cumplimiento de los criterios establecidos, particularmente los referidos a la calidad y cantidad de información utilizada y la participación de especialistas durante todo el proceso.

Así, en este y otros países la formulación de normas ambientales es un procedimiento complejo, que requiere de una correcta planificación de etapas, insumos, participantes y compromisos, los cuales se estructuran en un organigrama que permite avanzar hacia el objetivo final, dependiendo de la aprobación de cada una de las acciones y etapas previas, a veces con retrocesos necesarios cuando no se cumplen los requerimientos mínimos para asegurar la calidad de las acciones realizadas en cada nivel de evaluación. Por ello, la formulación de normas de calidad ambiental debe entenderse como un proceso participativo que no puede entregarse exclusivamente a una entidad independiente, sin la participación de científicos y expertos en la materia a tratar. Debido a que el conocimiento científico debe ser la base de toda acción humana relativa al medio natural, los especialistas en estas materias, con demostrable experiencia en estos temas, deben tener una participación preponderante en la formulación de dichas normas.

Si bien el acto administrativo para el establecimiento de las normas de calidad en Chile está bien definido en la ley, el procedimiento técnico-científico no ha sido abordado en detalle.

En el caso de normas primarias que buscan proteger la salud de las personas, la revisión de los estudios internacionales es efectiva y la mayoría de las veces suficiente, toda vez que el sujeto de protección es el ser humano, una misma especie independiente del lugar que habite. Pero en el caso de las normas secundarias, que

tienen como objetivo proteger la salud de los ecosistemas, entendidos estos como un conjunto de especies, componentes y procesos bióticos y abióticos, los estudios internacionales o de otras zonas geográficas solamente deben tomarse como referencia y modelos a seguir, ya que una norma de estas características no puede fundarse en realidades ajenas al ecosistema que se busca proteger.

Aspectos técnico-científicos fundamentales

Los estudios ambientales basados en procedimientos y metodologías científicas comprobadas deben ser la base de trabajo en los cuales se sustente cualquier norma de calidad ambiental.

Un estudio científico sobre cuestiones ambientales requiere de un adecuado diseño de muestreo, que permita evaluar la variabilidad espacial y temporal de un determinado ecosistema. Para ello, existen métodos de campo, laboratorio y de análisis de datos que son ampliamente utilizados por especialistas y que son publicados en revistas científicas de prestigio, tanto nacionales como internacionales. Todas estas consideraciones tienen su punto de partida en la definición del concepto de medioambiente, definido en el artículo 2 letra II) de la Ley 19300:

El sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

Así, el concepto de medioambiente debe entenderse como todo aquello que forma parte de la realidad que habitamos, tanto lo tangible como lo intangible. Si bien el ambiente, como un sistema que tiene estructura y funcionalidad, es un todo indivisible, para efectos de la Ley 19300 y otras aproximaciones técnico-científicas se divide de acuerdo a una visión reduccionista. Así, la LBGMA reconoce tres subsistemas que deben ser administrados con criterios propios, pero desde una aproximación similar. Estos subsistemas, para efectos de la normativa ambiental, son la atmósfera, el suelo y el agua. Respecto a este último, se reconoce un subsistema asociado, cual es el sedimento acumulado en el fondo de los ambientes acuáticos marinos y continentales. En consideración a esto, la norma secundaria de los sistemas acuáticos debe abarcar tanto la columna de agua como el sedimento.

Además de la necesidad de conocimiento sobre los sistemas que requieren del establecimiento de normas secundarias de calidad de agua y de sedimentos, es necesario establecer una metodología rigurosamente estructurada respecto de los estudios científicos a los que aluden los procedimientos y criterios para la dictación de normas ambientales primarias y secundarias, y normas de emisión establecidos por el artículo 22 del Decreto Supremo 6 de 2024 del MMA.

Esta metodología debe considerar la dimensión espacial y temporal de los sistemas que se desea administrar. En el primer caso, la etapa de levantamiento de información de campo sobre las características fisicoquímicas y biológicas de un ecosistema, debe supeditarse a un conocimiento significativo sobre el movimiento de las aguas, tanto en superficie como en profundidad. Esto requiere de estudios de hidrodinámica que establezcan los patrones de circulación en una bahía, lago o río, tanto en la escala espacial como temporal. Todos los cuerpos de agua, ya sea una laguna, un lago, una bahía, presentan variabilidad espacial producto de los diferentes factores que influyen en el movimiento de las aguas; viento, corrientes, topografía, etcétera, de manera que aun cuando las actividades humanas se localicen en sectores específicos del borde costero litoral, cualquier residuo puede dispersarse por todo el sistema producto de la dinámica de las aguas. Esta situación debe ser evaluada mediante estudios de hidrodinámica que cubran todo el sistema acuático, tanto en superficie como en profundidad. Particularmente en el caso de los sistemas acuáticos continentales, por lo general se considera que la unidad geográfica a evaluar corresponde únicamente a la superficie ocupada por el agua, desconociendo las múltiples conexiones existentes entre este sistema visible en superficie y los ambientes subterráneos que alimentan y drenan el cuerpo de agua superficial. Así, desde el punto de vista del análisis científico, la unidad geográfica y ambiental debe ser la cuenca hidrográfica en la cual se ubica el río, lago o laguna, delimitada por la divisoria de las aguas que se ubica en las altas cumbres. En el caso de los sistemas marinos, la unidad geográfica mínima de análisis debe ser la bahía y su cuenca continental aledaña, ya que dentro de ella se desarrollan procesos físicos y biogeoquímicos integrales que no pueden dividirse ni espacial ni temporalmente. El concepto de cuenca como la unidad geográfica correcta para la administración y protección de las aguas ha sido reivindicado en diferentes conferencias internacionales sobre el recurso hídrico (Mallea Álvarez, 2011).

En el caso de la dimensión temporal, es necesario considerar que los sistemas naturales tienen diferentes escalas de variabilidad (Yáñez y otros, 2008). Para el caso de la aplicación de normas de calidad ambiental es necesario considerar a lo menos la escala diaria, la estacional y la interanual. Por ello, los estudios tendientes a establecer normas de calidad ambiental deben realizar mediciones de las variables ambientales que expliquen el funcionamiento de estos sistemas, entre estos rangos de variación temporal. Por ejemplo, en la escala interanual, los sistemas marinos se ven afectados por la variabilidad ENOS (El Niño Oscilación del Sur), la cual presenta una fase fría y otra cálida, que no siempre tienen la misma intensidad y duración, pero que modifican significativamente el funcionamiento y la estructura física, química y biológica (y con esto el comportamiento de muchos parámetros considerados en la norma) de los sistemas costeros, principalmente del

norte y centro de Chile (Rutllant y otros, 2004). Esta dimensión de análisis de los sistemas naturales es la más difícil de abordar, ya que la urgencia legal, económica y política exigen respuestas casi inmediatas cuando se trata de implementar una norma de calidad ambiental, por lo que muchas veces se trabaja con la información existente, y con muestreos puntuales que no permiten capturar la variabilidad temporal de los sistemas naturales.

Desde el punto de vista científico, la correcta formulación de normas de calidad de ambientes acuáticos debe considerar, además de los aspectos antes descritos, el establecimiento de las condiciones previas a la instalación de las actividades humanas en la zona, las que en caso de las sustancias químicas corresponden a los niveles basales o preindustriales. Estas condiciones están representadas, principalmente, por variables químicas que finalmente serán consideradas en la elaboración de la normativa ambiental. Dado que prácticamente en todo el territorio nacional la actividad industrial ha ocupado los sistemas naturales con mayor celeridad que el avance del conocimiento científico, actualmente ocupamos un territorio desconocido para sus habitantes en cuanto a sus características ecológicas. Como resultado, disponemos de muy pocos antecedentes sobre las características ambientales de la mayoría de los sistemas acuáticos de Chile, correspondientes a épocas anteriores a la fundación de ciudades e instalación de centros industriales. Frente a esta realidad, surgen algunas alternativas que han sido utilizadas en otras latitudes. Por ejemplo, se han desarrollado herramientas interpretativas para identificar el origen natural o antrópico de diferentes sustancias químicas presentes en sedimentos marinos mediante el análisis de la concentración de estas sustancias en sitios no contaminados (Valdés y Tapia, 2019: 624-644) o, como en el caso de los metales, normalizando las concentraciones medidas respecto de elementos abundantes en la naturaleza como aluminio o hierro (ELTurk y otros, 2019: 1-7). Otras metodologías estadísticas permiten establecer concentraciones de sustancias químicas en agua y sedimentos, representativas de ambientes libres de contaminación, pero que requieren un gran número de datos para validar su utilidad (Valdés y otros, 2015: 544-554; Li y otros, 2020: 1-10).

Entre todas estas metodologías, destaca el estudio de registros sedimentarios recolectados desde los fondos de diferentes sistemas acuáticos, los cuales contienen información sobre las características de dichos sistemas en el pasado —decenas, cientos, miles de años—, que puede ser recuperada y utilizada para establecer las condiciones previas a la instalación de la actividad industrial e incluso los asentamientos humanos (Universidad de Concepción, 2021: 24-42; Valdés y otros, 2023: 1-13).

Además del establecimiento de las condiciones preindustriales o basales, la información sobre la física y química de las aguas y sedimentos para el establecimiento de normas de calidad ambiental debe considerar criterios bien definidos,

con el propósito de asegurar la correcta comparación de datos provenientes de múltiples fuentes, ya sean informes técnicos o publicaciones científicas. Estos criterios incluyen la técnica e instrumental de colecta de muestras, los procedimientos analíticos utilizados para el tratamiento de las mismas, y los equipos utilizados para la medición de los diferentes parámetros ambientales de interés, como metales, coliformes fecales, temperatura, oxígeno disuelto, etcétera.

El método de muestreo es otro aspecto a considerar. El uso de instrumentos de medición de parámetros fisicoquímicos debe cumplir con características de resolución, límite de detección y certificación adecuados para aguas marinas y/o continentales, cuyas variaciones pueden ser de varios órdenes de magnitud en casos como la salinidad (agua dulce, agua de mar, agua de salar). Adicionalmente, el instrumento para coleccionar muestras de agua debe cumplir con características acordes a las exigencias de los parámetros que se medirán. Por ejemplo, muestras químicas para análisis de compuestos de hidrocarburos deben evitar el uso de instrumentos fabricados con determinados plásticos; muestras para análisis de metales deben ser coleccionadas con instrumentos libres de este material; y así para cada caso. Una detallada descripción de los métodos de colecta y análisis de muestras de agua ha sido desarrollada en publicaciones recientes aplicables a la realidad nacional (Salamanca, Chandía y Bermedo, 2021: 175-198; Chandía y otros, 2021: 199-218).

Los sedimentos constituyen una matriz ambiental que también tiene ciertas características que condicionan determinadas técnicas e instrumentos de muestreo. Los sedimentos acuáticos están constituidos por una mezcla de material de diferente origen y composición química. El material que se acumula en el fondo de los sistemas acuáticos está conformado por sustancias originadas en el propio sistema, como aquellos provenientes de los ambientes continentales circundantes a dicho sistema. Este material constituye un conjunto de partículas de diferente tamaño, lo que influye en su dinámica física y en la de las sustancias químicas que contienen. El diseño de muestreo debe considerar la variabilidad espacial, condicionada por los diferentes ambientes de depositación, así como las fuentes de aporte continental, tanto naturales como antrópicas. Por lo general, los sedimentos de menor tamaño tienden a depositarse en ambientes de baja energía hidrodinámica, en donde se ordenan relativamente bien en su estructura vertical, mientras que los sedimentos más gruesos se depositan en ambientes más dinámicos, en donde se mezclan con el material sobre el cual se depositan. En función de todos estos aspectos, el método de muestreo y el instrumental utilizado debe ser acorde al propósito de dicha actividad (Valdés, 2021: 151-174).

Un aspecto importante de abordar es el relacionado con la validez estadística de la información científica generada para efectos de las normas de calidad. Por lo general, los estudios tendientes a la generación de normas de calidad ambiental no consideran este aspecto, lo que se repite, por ejemplo, en el caso de los Programas

de Vigilancia Ambiental (PVA) que deben ejecutar las empresas sometidas al Sistema de Evaluación Ambiental. El número mínimo de muestras para asegurar una representatividad espacial adecuada, y la cantidad de réplicas necesarias para aplicar pruebas estadísticas que permitan comparar resultados, debe ser un aspecto definido en los procedimientos tendientes a generar información científica para el establecimiento de normas de calidad ambiental. Así, el diseño experimental para el levantamiento de información de campo debe cumplir con un mínimo de significancia estadística que valide los resultados obtenidos, para lo cual se requiere coleccionar a lo menos tres muestras en cada sector o zona de muestreo para efectos de una correcta comparación. Así, la estadística es una herramienta que debe ser considerada en el diseño experimental de todo estudio ambiental tendiente a caracterizar y comprender el funcionamiento de un determinado ecosistema (Guiñez y García-Bartolomei, 2021: 55-86).

Todos estos aspectos deben ser considerados en el diseño de muestreo tendiente a generar información que sirva para el establecimiento de las normas de calidad ambiental, o en su defecto, respecto de la información técnico-científica que se recopile regularmente para dicho propósito.

Conclusiones

En conclusión, si bien ha habido avances en materia de legislación ambiental, hay un retraso notorio en la formulación de normas secundarias de calidad ambiental en Chile, lo que se explica, en parte, por la falta de conocimiento científico sobre los sistemas que se pretenden gestionar. Adicionalmente, aún se observa una brecha entre la aproximación científica, con metodologías definidas y probadas, y los procedimientos propuestos para la formulación de normas de calidad. La experiencia internacional sugiere que es necesario incorporar mecanismos más rigurosos para garantizar la validez de la información utilizada en este procedimiento, así como la necesidad de generar conocimiento propio del sistema natural que se pretende administrar con una normativa ambiental.

Puntualmente, se requiere avanzar en la implementación de programas de monitoreos ambientales adaptados a las características de cada ecosistema e integrado respecto de todos los usuarios de los mismos, y en el fortalecimiento de las capacidades institucionales relacionadas con la conservación del medioambiente.

Así, con el propósito de que dichas normativas cumplan con los objetivos para las que deben ser formuladas, es necesaria una mayor participación de especialistas con probada experiencia científica en estudios ambientales, así como en la revisión y validación de los procedimientos desarrollados para dicho fin.


Referencias

- CHANDÍA VALLEJOS, Cristian, Marco Salamanca, Rodrigo Loyola-Sepúlveda y Verónica Pinto (2021). «Consideraciones para el muestreo y análisis de compuestos orgánicos en agua, sedimentos y organismos marinos». En Juan Carlos Castilla, José Miguel Fariña y Andrés Camaño (editores), *Programas de Monitoreo del medio marino costero: Diseños experimentales, muestreos, métodos de análisis y estadística asociada* (pp. 199-218). Santiago: Ediciones UC.
- CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente (2003). *Guía Conama para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas*. Disponible en <https://tipg.link/IY3H>.
- CURRIE RÍOS, Roberto y Gonzalo Pérez González (2018). «La desnaturalización del rol del Análisis General del Impacto Económico y Social en la generación de Normas de Calidad Ambiental». *Revista de Derecho Ambiental*, 9: 53-71. DOI: [10.5354/0719-4633.2018.49436](https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.49436).
- CCME, Canadian Council of Ministers of the Environment (1999). «Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life». Disponible en <https://tipg.link/IY3I>.
- . (2003) «Guidance on the Site-Specific Application of Water Quality Guidelines in Canada: Procedures for Deriving Numerical Water Quality Objectives. Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life». Disponible en <https://tipg.link/IY3M>.
- . (2007) «A Protocol for the Derivation of Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life». Disponible en <https://tipg.link/IY3N>.
- DGA, Dirección General de Aguas (2016). *Atlas del Agua. Chile 2016*. Disponible en <https://tipg.link/IY3R>.
- ELTURK, Mohammed, Rosazlin Abdullah, Rozainah Mohamad Zakaria, Nor Kartini Abu Bakar (2019). «Heavy metal contamination in mangrove sediments in Klang estuary, Malaysia: Implication of risk assessment». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 226, 106266. DOI: [10.1016/j.ecss.2019.106266](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106266).
- GUÍÑEZ, Ricardo y Enzo García-Bartolomei (2021). «Consideraciones estadísticas para el diseño de programas de monitoreo ambiental y aplicaciones para la industria desalinizadora». En Juan Carlos Castilla, José Miguel Fariña y Andrés Camaño (editores), *Programas de Monitoreo del medio marino costero: Diseños experimentales, muestreos, métodos de análisis y estadística asociada* (pp. 55-86). Santiago: Ediciones UC.
- HARRIS MOYA, Pedro (2019). «Los procedimientos para la fijación de normas de calidad ambiental en el Derecho comparado». Asesoría Parlamentaria, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Disponible en <https://tipg.link/IY3V>.

- LI, Mingyue, Qianggong Zhang, Xuejun Sun, Kabita Karki, Chen Zeng, Aastha Pandey, Bakhat Rawat y Fan Zhang (2020). «Heavy metals in surface sediments in the trans-Himalayan Koshi River catchment: Distribution source identification and pollution assessment». *Chemosphere*, 244, 125410. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.125410](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125410).
- MALLEA ÁLVAREZ, María Isabel (2011). «Protección ambiental de las aguas en Chile: Avances hacia una gestión integrada de los recursos hídricos». *Revista de Derecho* (Consejo de Defensa del Estado), 25: 35-63. Disponible en <https://tipg.link/IY3X>.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2017). *Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas*. Santiago: Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en <https://tipg.link/IY3b>.
- MONDRAGÓN FISCHER, Benjamín (2017). «Las Normas de Calidad Ambiental a la luz de los fallos de los Tribunales Ambientales». *Justicia Ambiental*, 9: 153-179. Disponible en <https://tipg.link/IY3c>.
- RUTLLANT, José A., Italo Masotti, Janette Calderón y Sergio A. Vega (2004). «A comparison of spring coastal upwelling off central Chile at the extremes of the 1996-1997 ENSO cycle», *Continental Shelf Research*, 24: 773-787. DOI: [10.1016/j.csr.2004.02.005](https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.02.005).
- SALAMANCA, Marco, Cristian Chandía y Luis Bermedo (2021). «Metodologías de muestreo y análisis de metales traza en agua y organismos marinos». En Juan Carlos Castilla, José Miguel Fariña y Andrés Camaño (editores), *Programas de Monitoreo del medio marino costero: Diseños experimentales, muestreos, métodos de análisis y estadística asociada* (pp. 175-198). Santiago: Ediciones UC.
- SEA, Servicio de Evaluación Ambiental (2022). *Guía Metodológica para la Descripción de Ecosistemas Marinos*. Disponible en <https://tipg.link/IY3f>.
- . (2023). *Guía Áreas de Influencia en Ecosistemas Marinos*. Disponible en <https://tipg.link/IY3j>.
- . (2024): *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos en Ecosistemas Marinos*. Disponible en <https://tipg.link/IY3l>.
- SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES (2023). Política Nacional. Logística portuaria. Consolidado de diagnóstico y propuestas. Programa de Desarrollo Logístico. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Primera edición, 60 pp.
- UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN (2021). *Informe final. Evaluación espacial y temporal del contenido de metales pesados en sedimentos de la bahía de Quintero-Puchuncaví*. Disponible en <https://tipg.link/IY3s>.
- VALDÉS, Jorge, Domingo Alfredo Roman, Marcos Guíñez y Lidia Rivera (2015). «Trace metal variability in coastal waters of San Jorge Bay, Antofagasta, Chile: An environmental evaluation and statistical approach to propose local

- background levels». *Marine Pollution Bulletin*, 100: 544-554. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2015.08.035](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.035).
- VALDÉS, Jorge y Joseline Tapia (2019). «Spatial monitoring of metals and As in coastal sediments of northern Chile: An evaluation of background values for the analysis of local environmental conditions», *Marine Pollution Bulletin*, 145: 624-640. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2019.06.036](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.036).
- VALDÉS, Jorge (2021). «Muestreo y análisis de metales pesados en sedimentos submareales marinos». En Juan Carlos Castilla, José Miguel Fariña y Andrés Camañaño (editores), *Programas de Monitoreo del medio marino costero: Diseños experimentales, muestreos, métodos de análisis y estadística asociada* (pp. 151-174). Santiago: Ediciones UC.
- VALDÉS, Jorge, Luc Ortlieb, Abdelfettah Sifeddine y Alexis Castillo (2023). «Human-induced metals accumulation in sediments of an industrialized bay of northern Chile. An enrichment and ecological risk assessment based on preindustrial values». *Marine Pollution Bulletin*, 189, 114723. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2023.114723](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114723).
- YÁÑEZ, Eleuterio, Samuel Hormazábal, Claudio Silva, Aldo Montecinos, M. Angela Barbieri, Alexander Valdenegro, Alejandra Órdenes y Fabián Gómez (2008). «Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off North Chile: ecosystem indicators and a conceptual model». *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36 (2): 159-181. DOI: [10.3856/vol36-issue2-fulltext-3](https://doi.org/10.3856/vol36-issue2-fulltext-3).

Sobre el autor

JORGE VALDÉS SAAVEDRA es doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción. Académico de la Universidad de Antofagasta, integrante del Grupo de Trabajo de Contaminación Marina del Comité Oceanográfico Nacional. Su correo electrónico es jorge.valdes.saavedra@uantof.cl.  [0000-0002-5249-8934](https://orcid.org/0000-0002-5249-8934).

