



Calidad del agua y niveles guía para la protección de la biodiversidad acuática. Interacción entre ciencia y gestión

MIRTA L. MENONE^{1,✉}; FERNANDO G. ITURBURU²; PABLO M. DEMETRIO³; ANDRÉS VENTURINO³; FERNANDO L. PEDROZO⁴; PEDRO F. TEMPORETTI⁴; ALEJANDRA RODRÍGUEZ⁵; MARÍA V. AMÉ⁶; KARINA P. QUAIN⁷ & PABLO A. COLLINS⁸

¹ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), CONICET, UNMdP. Mar del Plata, Argentina. ² Centro de Investigaciones del Medioambiente (CIM), CONICET, UNLP. La Plata, Argentina. ³ Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue (CITAAC), CONICET, UNComa. Neuquén, Argentina. ⁴ Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), CONICET, UNComa. San Carlos de Bariloche, Argentina. ⁵ Instituto Nacional del Agua. Ezeiza, Argentina. ⁶ Centro de Investigación en Bioquímica Clínica e Inmunología, CONICET, UNC. Córdoba, Argentina. ⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. CABA, Argentina. ⁸ Instituto Nacional de Limnología (INALI), CONICET, UNL. Santa Fe, Argentina.

RESUMEN. La Argentina posee una gran diversidad de ambientes acuáticos asociada a la variedad de regiones climáticas que determinan características únicas de las cuencas hidrológicas. Esta diversidad está dada por condiciones morfológicas, por características físico-químicas y por la presencia de sustancias naturales y xenobióticas derivadas de la actividad antrópica. La toxicidad que pueden ejercer diferentes sustancias en la biota acuática genera modificaciones en la calidad de los sistemas acuáticos. Por ello, para mantener los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen los ambientes se necesita una gestión efectiva a largo plazo basada en su manejo integral. Las estrategias apropiadas de protección de la biodiversidad acuática demandan la definición de umbrales o niveles guía (NG) de calidad de agua. En línea con políticas hídricas y ambientales de la Argentina, quienes gestionan el recurso hídrico consideran a estos NG como un marco de referencia para definir su aptitud en relación con los usos asignados. Es incumbencia de la autoridad hídrica nacional definir NG, y para tal fin, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS) se vinculó con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) para desarrollar y establecer NG para proteger la biodiversidad acuática (NG-PBA). Los objetivos del trabajo fueron obtener una metodología robusta que permita establecer NG-PBA, establecer criterios para seleccionar y priorizar sustancias a derivar y discutir la adaptación regional de dichos NG-PBA. La metodología consensuada se basó en la desarrollada previamente por la ex- Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH), actualizada en términos de secuencia operativa, método estadístico y cantidad y priorización de especies. Generamos una lista preliminar de sustancias para las cuales establecer sus NG. Este estudio destaca los beneficios de la interacción de saberes científicos y de gestión de recursos naturales como herramienta sinérgica y mecanismo superador en la protección de la biodiversidad acuática.

[Palabras clave: ecosistemas acuáticos; conservación; contaminación; gobierno; ciencia; construcción de relaciones]

ABSTRACT. Water quality and guide levels for the protection of aquatic biodiversity: Interaction between science and management. Argentina has a great diversity of aquatic environments associated with the variety of climatic regions that determine unique characteristics of hydrological basins. This diversity is given by morphological conditions, physicochemical characteristics and the presence of natural and xenobiotic substances derived from anthropic activity. The toxicity of different substances on aquatic biota produces modifications in the quality of the aquatic systems. To maintain the benefits and services that the ecosystems offer, a long time effective management based on its integral management is necessary. Strategies for protection of aquatic biodiversity demand definition of guide levels (NG) for water quality. According to the environmental policy of Argentina, those who manage the water resource consider the NG of water quality as a reference framework for the definition of its aptitude in relation to their uses. The definition of NG is among the incumbencies of the hydrological national authority. With this objective, the Ministry of Environment and Sustainable Development (MAyDS) was linked with the National Scientific and Technical Research Council - Argentina (CONICET) to work in the water quality and to establish NG for the protection of aquatic biodiversity (NG-PBA). Considering the demand from the government sector, the aims of this work were: to obtain a robust methodology that allows determining NG-PBA, to establish criteria for selection and prioritization of substances, and to discuss the regional adaptation of the NG-PBA. The agreed methodology was based on the NG-PBA previously developed by the ex- Secretary of Water Resources (SSRH), updated in terms of the operative sequences, statistic method, and amount and prioritization of species. A preliminary list of substances for which establishing the corresponding NG to derivate was determined. It was recognized the interaction between scientific knowledge and management of natural resources as a synergic tool, and as superlative mechanism for the protection of aquatic biodiversity.

[Keywords: aquatic ecosystems; conservation; pollution; government; science; relationship building]

Editora asociada: Claudia Feijoo

✉ mirta.menone@gmail.com

Recibido: 16 de Marzo de 2021

Aceptado: 9 de Junio de 2021

INTRODUCCIÓN

Los sistemas acuáticos continentales constituyen ambientes de relevancia para el ser humano debido a los diferentes beneficios y servicios que prestan a la sociedad (Millennium Ecosystem Assessment 2005). En la Argentina existe una gran diversidad de sistemas acuáticos ubicados en cuencas endorreicas (i.e., sin salida al océano) y exorreicas (i.e., que desembocan en el océano), y diferenciados según las dimensiones, la dinámica y la energía que presentan. De acuerdo con la direccionalidad del flujo y el volumen, se pueden reconocer sistemas lóticos (i.e., ríos y arroyos) y lénticos (i.e., lagos, lagunas y embalses). Cada uno de ellos tiene una estructura o morfología que lo caracteriza, y en su funcionamiento interactúan variables físicas y químicas junto a las biológicas, definiendo la condición de estado del sistema (Wetzel 2001).

La extensión de la República Argentina determina marcadas diferencias latitudinales, altitudinales y climáticas que favorecen la

diversidad y la abundancia de ambientes acuáticos (Figura 1), que no están distribuidos de manera regular en esta región de América del Sur (Drago and Quirós 1996). En el noreste del país abundan los ambientes acuáticos que se agrupan en la segunda cuenca más grande de América del Sur, la Cuenca del Plata. En esta región se hallan las principales actividades antrópicas de la Argentina, desde urbanísticas hasta industriales, incluyendo las agropecuarias. La región se caracteriza por grandes ríos de llanura, como el Paraná (Metcalfé et al. 2020) y el Uruguay. El noroeste de la Cuenca del Plata se describe por una gran planicie que comienza en el sector oriental de la cordillera de los Andes. Está dominada por bosques xerófilos y sabanas húmedas y semiáridas, con algunas regiones de selva de montaña en el flanco oriental de los Andes. Las precipitaciones disminuyen de este a oeste y tienen un régimen estacional, con mayores lluvias en verano y un período seco en invierno (Metcalfé et al. 2020). En ella hay un gran número de arroyos de montaña y depresiones naturales que originan lagunas

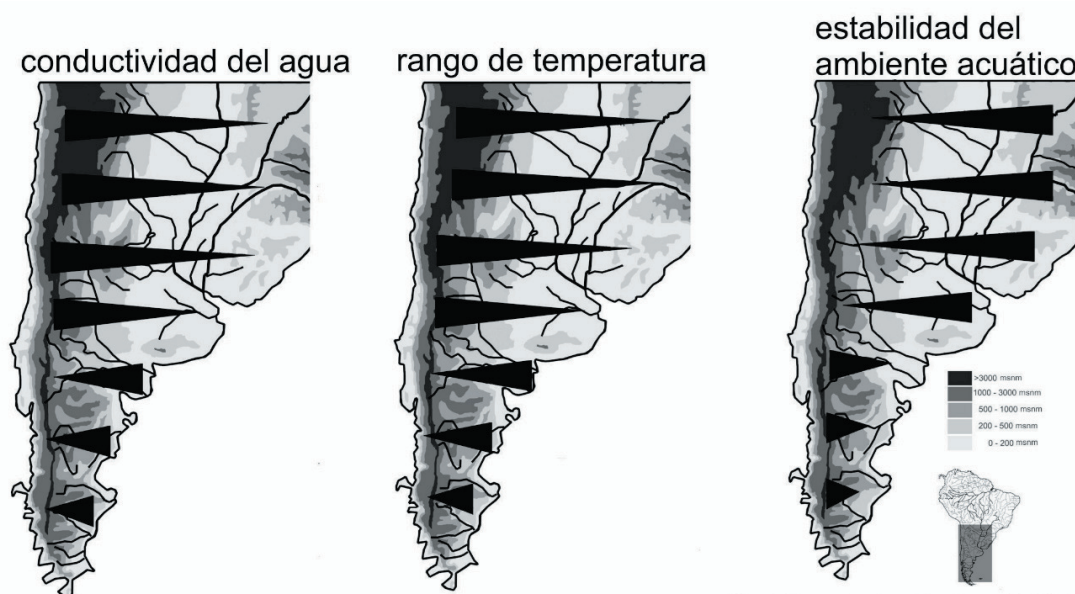


Figura 1. Modificado de Collins, 2020. Características ambientales determinantes de la diversidad de ambientes acuáticos. Los triángulos indican regiones con mayor (base del triángulo) y menor (vértice) variación del parámetro ejemplificado para mostrar la variabilidad de las condiciones en la Argentina. La conductividad del agua se tomó como medida de sales disueltas; el rango de temperatura, como diferencia entre máximos y mínimos de temperatura del agua en ciclos diarios y estacionales, y la estabilidad del ambiente acuático, como cantidad de días con presencia de agua en el ambiente. La comparación se hizo a un mismo grado latitudinal.

Figure 1. Modified from Collins, 2020. Environmental characteristics that determine the diversity of aquatic environments. The triangles indicate regions with greater (triangle base) and less (vertex) variation of the parameter indicated as example to show the variability of the conditions in Argentina. The conductivity of the water was taken as a measure of dissolved salts; the temperature range, as the difference between maximum and minimum of water temperature in daily and seasonal cycles, and the stability of the aquatic environment, as the amount of days with the presence of water in the environment. The comparison is made to the same latitudinal degree.

temporarias y permanentes. Hacia el oeste de la Argentina, y desde el centro hacia el norte, existen numerosas cuencas endorreicas que forman lagos y salares de diversos tamaños, conformando parches de hábitats acuáticos en una matriz desértica alimentadas de agua por aportes de deshielo (Quirós and Drago 1999; Alonso 2006). Estos humedales son muy variables espacial y temporalmente, y tienen una alta fragilidad ecológica. La región pampeana está constituida por una extensa planicie con lagunas de agua dulce y salobre, de escasa profundidad. Los cuerpos temporarios caracterizan la región, con una activa función en la recarga de napas freáticas y distribución de nutrientes (Quirós et al. 2002). Al sur de la Argentina se hallan extensas regiones áridas, como la estepa patagónica, y áreas con altas precipitaciones, como los bosques andino-patagónicos (Matteucci 2012). Entre los ambientes acuáticos de esta región se destacan los grandes lagos de origen glaciar, ríos (varios con embalses) y arroyos de deshielo, lagunas de estepa, mallines, vegas y turberas (Quirós and Drago 1999; Miserendino 2001).

Alrededor de los ecosistemas acuáticos de la Argentina se desarrollan diferentes actividades socio-económicas dependiendo de la aptitud del terreno, el clima y las condiciones del ambiente que caracterizan a cada una de las regiones, incluyendo actividades agropecuarias, mineras, petroleras, industriales, turísticas y urbanas (INTA 2019; CEPAL 2015). En las regiones Litoral y Pampeana, al haber mayor actividad agropecuaria, industrial y urbana, se registra la presencia de determinadas sustancias xenobióticas derivadas de esas actividades, así como de otras en exceso, de origen natural, capaces de alterar la calidad del agua. Mientras tanto, otras regiones pueden estar más impactadas por metales pesados, hidrocarburos o descargas de líquidos cloacales parcialmente tratados o sin tratar. Esto obliga a reconocer diferentes aspectos involucrados en la percepción —que la ciencia y los gestores tienen— de la calidad de los sistemas acuáticos continentales, así como también a detectar el estrés al que pueden estar sometidos, y definir posibles soluciones para su mejor manejo o recuperación. En este sentido, considerando la visión geomorfológica e hidrológica de la cuenca junto a la dinámica de los procesos y características paleolimnológicas, se podrán generar herramientas integrales para

estudiar estos ecosistemas. Además, este conocimiento permitirá proponer posibles acciones que dependen de su estado. Gestionar eficientemente los ecosistemas requiere vincular el desarrollo social y económico con la protección de los ecosistemas (Thorp et al. 2010). El aumento de la población mundial, el crecimiento económico, los cambios en los usos del suelo y el cambio climático —individualmente o combinados— son procesos que incrementan las presiones sobre los ambientes acuáticos. Estos factores resultan una amenaza para los sistemas acuáticos continentales y para los ecosistemas en general (UNEP 2016). Tal es así que en los Objetivos para el Desarrollo Sostenible planteados por la Organización de las Naciones Unidas se establece entre las metas del Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento”, que para el 2030 se debe “mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos”, así como “proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua” (ONU 2015).

Como se mencionó antes, las actividades antrópicas incorporan en los cuerpos de agua sustancias contaminantes que cambian las condiciones físico-químicas naturales del sistema y, por lo tanto, desencadenan una cascada de reacciones que terminan alterando el funcionamiento del ecosistema. La calidad del agua es una condición necesaria, pero no suficiente, para garantizar la buena salud de cualquier ecosistema acuático, y también se deben considerar otros factores como, por ejemplo, la cantidad de agua, la presencia y la diversidad de hábitats físicos y la conectividad.

Contar con estrategias apropiadas de protección de la biodiversidad acuática demanda definir umbrales o NG-PBA, entendiéndose al nivel guía como un valor numérico que resulta de datos ecotoxicológicos de especies representativas del ecosistema acuático en cuestión frente a la exposición experimental a un contaminante en particular. El objeto de definir un NG-PBA es proteger la biodiversidad en todas sus formas (i.e., genética, de especies y de hábitats) y la integridad del ecosistema acuático.

Por todo lo mencionado, y de acuerdo con la demanda del sector gubernamental de generar conocimiento y herramientas de síntesis para orientar a la gestión de los ecosistemas acuáticos

y asegurar su conservación, se conformó una red que integra a los sectores científico y de gestión, la Red de Evaluación y Monitoreo de los Ecosistemas Acuáticos (REM.AQUA). En el marco de esta red se creó el Grupo de Trabajo de Calidad del Agua y Niveles Guía para la Protección de la Biodiversidad Acuática (de aquí en adelante GT), que tiene por objetivos: a) evaluar los antecedentes de las metodologías desarrolladas para derivar NG-PBA, considerando antecedentes nacionales e internacionales. Entre las nacionales, evaluar la pertinencia y, de ser pertinente, actualizar la metodología desarrollada en 2005 por la ex- Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) para el establecimiento de niveles guía de calidad del agua para la protección de la biodiversidad acuática; b) fundamentar la elección de los puntos finales (*endpoints*) que se establezcan para la derivación de dichos NG-PBA; c) fundamentar las ventajas y desventajas del uso de especies autóctonas de la Argentina respecto de especies estandarizadas o de otros países del hemisferio norte; d) establecer los criterios para la selección y priorización de las sustancias para las cuales se establecerán los NG-PBA; e) derivar algunas sustancias implementando la metodología desarrollada por el GT; f) identificar y proponer trabajos a realizar para la generación de información para la adaptación regional/ambiental de los NG; g) mantener actualizado el sistema de información sobre valores guía para la protección de la biodiversidad acuática en la Argentina, y h) presentar el trabajo a las autoridades hídricas provinciales, comités de cuencas y otras entidades afines interesadas para su análisis y discusión.

En diferentes gobiernos nacionales y organismos internacionales existe una variedad de estructuras e instituciones para el asesoramiento científico. Éstas reflejan culturas y tradiciones distintivas de la toma de decisiones, pero dentro de esta diversidad, cuatro estructuras se destacan como las más utilizadas, a menudo en combinación. Las estructuras son (Wilsdon et al. 2014): 1) Consejos consultivos. Muchos países tienen un consejo de alto nivel para la política científica (o ciencia e innovación). Los miembros suelen incluir científicos de alto nivel, junto con representantes de la industria, la educación superior y la sociedad civil. Los ejemplos incluyen el Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Japón y el Consejo de Asesores de Ciencia y Tecnología del presidente de los

Estados Unidos de América (de ahora en más, EE.UU.). Sin embargo, en la mayoría de los sistemas, el enfoque de tales entidades sigue siendo el asesoramiento sobre políticas en relación con el sistema científico, que es distinto del asesoramiento científico para políticas públicas (Wilsdon et al. 2014). 2) Comités asesores. La mayoría de los gobiernos también confían en una variedad de comités científicos y expertos especializados, que pueden abordar cuestiones técnicas y normativas detalladas en áreas como la salud, el ambiente y la seguridad alimentaria. Por ejemplo, EE.UU. y Japón tienen cientos de comités de este tipo, y El Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (de ahora en más, Reino Unido) tiene más de setenta. 3) Academias nacionales, sociedades y redes. Un número creciente de academias nacionales están activas en este sentido. En países como Canadá, China, Alemania, Países Bajos, Sudáfrica, EE.UU. y el Reino Unido, las academias son una fuente importante de asesoramiento científico. Además, a nivel internacional, actúan las redes de academias nacionales como el Consejo Internacional para la Ciencia (www.council.science), actualmente con una membresía de 40 asociaciones y uniones científicas, y más de 140 organizaciones científicas nacionales y regionales participando activamente en ciencia para procesos políticos. 4) Asesores científicos principales. Desde la década del '60, países como EE.UU. y el Reino Unido han nombrado asesores científicos presidenciales, que al presente también están en Australia y en la Comisión Europea, entre otros. Desde inicios de los años 2000, en el Reino Unido hay un asesor científico por cada departamento de gobierno.

La estructura de la REM.AQUA contiene, en particular, investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) como componente académico principal, y en el caso del GT, también integrantes técnicos de otros organismos gubernamentales. Esta estructura no se ajusta exactamente a ninguna de las identificadas por Wilsdon et al. (2014), pero se asimila a un comité asesor dada la participación preponderante de expertos especializados en disciplinas referidas al ambiente. Este trabajo tiene como objetivo presentar las distintas etapas del desarrollo de NG-PBA por el GT mostrando la interacción entre los sectores científico y de gestión.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con Gluckman (2016), existen cinco clases de asesoramiento científico: 1) técnico, 2) normativo, 3) deliberativo, 4) informal y 5) de crisis o en emergencias. El presente trabajo se enmarca en la clase 3. En este enfoque, un gobierno solicita a la comunidad científica, a menudo a través de una academia nacional (en este caso a través del CONICET), que convoque a un panel de expertos para responder una pregunta o un conjunto de preguntas. Estos procesos son los más adecuados para problemas crónicos y requieren un tiempo considerable en su proceso de resolución, que involucra realizar talleres, consultas u otros mecanismos para estudiar un tema determinado.

En este sentido, a las Reuniones de Coordinación General de la REM.AQUA asistieron los coordinadores científicos del GT y el enlace del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). Luego, se elaboró un plan operativo que fue aprobado por la Comisión Directiva de la REM.AQUA y se conformó el GT con la inclusión de un grupo de expertos. La conformación del GT incluyó técnicos de organismos gubernamentales de gestión como el Instituto Nacional del Agua y la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, además del propio MAyDS, así como expertos en distintas áreas de calidad de aguas, ecotoxicología y evaluación de riesgo ambiental provenientes de distintas regiones del país. En estas reuniones, se fijaron objetivos concernientes a la actualización/obtención de NG nacionales, una de las necesidades solicitadas por el gobierno al sector científico. A continuación se detallan las actividades desarrolladas por el GT.

2019 - Año I de funcionamiento del GT.

Actividad I. Reunión de los coordinadores y establecimiento de la dinámica de los talleres.

Actividad II. Primer taller. Se realizó en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras CONICET- UNMdP, en la ciudad de Mar del Plata. Los objetivos de este encuentro fueron: a) compartir la experiencia académica de los integrantes, b) organizar el trabajo del GT del primer año, y c) comparar las metodologías usadas a nivel nacional e internacional para la derivación de los niveles guía para la protección de la biota acuática. Se analizaron

las metodologías utilizadas tanto en el ámbito nacional como internacional, mediante la lectura previa y la presentación de los puntos más destacados de cada una de ellas (Tabla 1). Los siguientes ítems/preguntas orientaron las presentaciones de las metodologías, tanto en la preparación de éstas como en la etapa de exposición en el taller: 1) ¿Qué criterio se usó para llegar al valor del NG? 2) ¿Qué punto final (*endpoint*) se utilizó para determinar el NG? Por ejemplo, la concentración letal 50 (LC_{50}), la concentración mayor de la sustancia para la que no se observa efecto (NOEC), u otros. 3) Diagrama de flujo que sintetice la derivación. 4) Explicación simple del cálculo del NG. 5) ¿Cuál fue el criterio de selección de los taxones para el cálculo y cuántos taxones se utilizaron? ¿Se eligieron por su sensibilidad o por su representatividad en el ambiente?

Actividad III. Segundo taller. Se realizó en el Instituto Nacional de Limnología (INALI, CONICET-UNL), en la ciudad de Santa Fe. Los objetivos de este encuentro fueron: a) consensuar una metodología de derivación de NG, y b) establecer los criterios de selección de sustancias a derivar. Se expusieron y discutieron las ventajas y desventajas de cada metodología mediante la elaboración de un cuadro comparativo. Por otra parte, se comenzaron a discutir los criterios de selección de sustancias a derivar, teniendo en cuenta si eran naturales o xenobióticos.

Actividad IV. Los coordinadores y un miembro del grupo de expertos del GT, el enlace con MAyDS, autoridades de la REM.AQUA y del MAyDS realizaron una visita a la sede del Consejo Hídrico Federal (COHIFE), en la ciudad de Buenos Aires. En la visita se realizó una presentación del GT y sus incumbencias a fin de dialogar con los representantes de las provincias acerca de la revisión de los NG nacionales y su eventual adaptación regional, así como de la posibilidad de poder contar con su participación y colaboración en el citado proceso.

Actividad V. Trabajo de gabinete. Se buscaron datos toxicológicos y de concentraciones ambientales en bases de datos internacionales para la derivación de 12 sustancias implementando la metodología consensuada.

Actividad VI. Desarrollo de herramientas informáticas (*script* en lenguaje R) para el uso de la metodología de derivación consensuada previamente.

Tabla 1. Metodologías de derivación de niveles guía analizadas por el Grupo de Trabajo (GT).
Table 1. Methodologies for deriving guide level values analyzed by the working group.

País	Región	Alcance	Nombre	Elaborado por	Año
Argentina	Todo el territorio	Nacional	Metodología para el Establecimiento de los Niveles Guía de Calidad de Agua Ambiente para la Protección de la Biota Acuática	SSRH	2005
	Cuenca del Plata	Cuenca	Niveles Guía para la Cuenca del Plata	HYTSA Estudios y Proyectos S.A.	1996
	Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC)	Cuenca	Propuesta de Niveles Guías de Calidad para las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro	Secretaría de Gestión Ambiental, AIC	1996
Internacional/otros países	Brasil	Nacional	Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para proteção da Vida Aquática no Brasil	UNICAMP y SBMCTA	2011
	EE.UU.	Nacional	Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses	US-EPA	2010
	EE.UU. - Estado de Mississippi	Estatal	State of Mississippi - Water Quality Criteria for Intrastate, Interstate and Coastal Waters	Mississippi Dept. of Environmental Quality Office of Pollution Control	2007
	EE.UU. - Estado de Ohio	Estatal	State of Ohio - Water Quality Standards. Chapter 3745-1 of The Administrative Code	Ohio Environm. Prot. Agency - Division of Surface Water Standards and Technical Support Section	2018
Internacional/Otros países	Canadá (CCME)	Nacional	Canadian Council of Ministers of the Environment	CCME	2007
	Sudáfrica	Nacional	South African Water Quality Guidelines. Volume 8 - Field Guide	Department of Water Affairs and Forestry	1996
	Australia y Nueva Zelanda (ANZECC)	Nacional	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality	Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand	2000
	Australia - Estado de Queensland	Estatal	Queensland Water Quality Guidelines	Environmental Policy and Planning, Department of Environment and Heritage Protection	2009
	Irlanda	Nacional	Statutory Instruments. S.I. No. 272 of 2009	Ireland Environmental Protection Agency	2009
	Italia	Nacional	Norme in materia ambientale. Decreto Legislativo n. 152		2006
	Unión Europea	Regional	Manual of the Methodological Framework Used to Derive Quality Standards for Priority Substances of the Water Framework Directive.		2004
	Naciones Unidas	Regional	International Water Quality Guidelines for Ecosystems (IWQGES)	UNEP, UNU-EHS and UN University	2016

2020 - Año II de funcionamiento del GT.

Actividad I. Primer taller virtual. El objetivo de este encuentro fue seleccionar las sustancias a actualizar o derivar, en base a los criterios previamente discutidos y la metodología definida en el primer año de trabajo. Se retomó la discusión de los criterios de selección de sustancias a derivar, considerando si eran naturales o xenobióticos, y se elaboró una lista preliminar.

RESULTADOS

Interacción entre los miembros del GT

Tomando como objetivo técnico la definición de una metodología apropiada para establecer NG-PBA para sustancias con posible impacto en la calidad del agua, se marcaron una serie de etapas a cumplir durante dos años de trabajo. En una primera etapa (de conformación del equipo de trabajo) se dedicó un tiempo a las presentaciones de las experticias de cada integrante y se acordaron definiciones de conceptos claves, necesarias para el trabajo *a posteriori*; se destaca el buen grado de asimilación de las terminologías de uso técnico y académico por parte de todos los integrantes del GT. Esto facilitó la elaboración y redacción de informes técnicos solicitados por el MAYDS. Durante el trabajo en los talleres se relevaron y analizaron las principales metodologías de derivación de NG-PBA a nivel nacional e internacional, lo que permitió obtener un panorama amplio de las bases y fundamentos de cada una de ellas. En la segunda etapa de producción del GT, y en base a los consensos alcanzados, se establecieron los criterios que debería cumplimentar la metodología de derivación de NG-PBA para que resulte la más adecuada para su aplicación a nivel nacional, y actualizada respecto a los abordajes sugeridos a nivel mundial. Los integrantes de las distintas disciplinas tuvieron visiones complementarias. Por cuestiones operativas y amplitud de rangos naturales, el GT se centró en el estudio de ambientes dulceacuícolas continentales y en la preparación de una lista preliminar de contaminantes para probar el desempeño de la metodología propuesta.

Metodología de derivación

En la Tabla 2 se muestran las ventajas y desventajas de las diferentes metodologías de derivación de NG-PBA analizadas en el primer taller realizado en la ciudad de Mar del Plata

en 2019. En base al trabajo realizado por el GT y al análisis de gabinete complementario del primer año se obtuvo una metodología que tomó como punto de partida la establecida por la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH 2002). Esta metodología se mejoró y actualizó mediante: a) la implementación de la curva SSD (Distribución de Sensibilidad de Especies, del inglés *Species Sensitivity Distributions*) cuando la cantidad y calidad de datos lo permite, b) la incorporación de una mayor cantidad de datos toxicológicos provenientes de bases de datos de otros países, y c) una secuencia operativa diferente.

A continuación se mencionan algunos aspectos. Esta metodología de derivación se detalla en el trabajo titulado Metodología para derivar niveles guía para la protección de la biodiversidad acuática, publicado en este mismo número. Se propuso utilizar dos procedimientos de derivación, dependiendo de si la sustancia a derivar se encuentra naturalmente en el ecosistema acuático (e.g., parámetros generales de calidad del agua) o si es un xenobiótico (e.g., plaguicidas, fármacos). Para el primer caso se propuso adoptar criterios de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) y del Consejo de Ambiente y Conservación de Australia y Nueva Zelanda (ANZECC), que consisten en usar sitios de referencia de acuerdo con la regionalización y la tipificación de ambientes, estableciendo rangos de valores que contemplen mínimos y máximos. Por otro lado, para derivar xenobióticos se definió una secuencia operativa que, dependiendo de la disponibilidad de datos, utiliza dos abordajes diferentes: uno, mediante la curva SSD; el otro, mediante el uso de Factores de Seguridad. El método basado en SSD utiliza una cierta cantidad de datos de toxicidad de la sustancia a derivar, LC50 o NOEC, considerando el mayor número de especies posible. Esos datos ajustan a un modelo de distribución estadística y permiten establecer la concentración de la sustancia que afecta a una proporción determinada del 5% de especies, y en consecuencia, protege al 95% restante de la comunidad (Posthuma et al. 2001). El supuesto básico es que la sensibilidad de un conjunto de especies frente a un tóxico puede ser descripto por una distribución (teórica o empírica). Por otra parte, el uso de Factores de Seguridad se aplica cuando los datos de toxicidad crónica disponibles no cumplen con requisitos preestablecidos (los datos son insuficientes o inadecuados para la

Tabla 2. Ventajas y desventajas de las principales metodologías analizadas.

Table 2. Advantages and disadvantages of the most relevant analyzed methodologies.

País (Institución/organismo)	Ventajas	Desventajas
Argentina (SSRH)	Se basa en procedimientos aceptados internacionalmente. De fácil interpretación	En la selección de especies para calcular los NG se derivan valores tomando los datos de animales y plantas por separado. Se usa una regresión en lugar de métodos estadísticos de Distribución de Sensibilidad de Especies, que es lo que actualmente usan varias agencias ambientales
Brasil	Es rápido, permite derivar NG con pocos datos ecotoxicológicos (método empírico) o utilizando QSARs* (método teórico)	Utilizan muy pocos datos provenientes de ensayos de laboratorio
EE.UU. (US-EPA)	La metodología es muy completa, varios países copian esta metodología por sus ventajas	Necesitan mucha información formal para la derivación
Canadá (CCME)	Protocolo muy claro en cada una de sus etapas. El requisito mínimo de especies no difiere mucho de lo establecido por la SSRH. No hay un criterio establecido para la selección de especies, sólo se adiciona una cláusula de protección al final para alguna especie en particular. Permite establecer varios NG para diferentes escenarios	Los requisitos que deben cumplir los ensayos de toxicidad para ser admisibles para su consideración como Tipo A o B** son numerosos y muy estrictos. Es posible que sea muy difícil conseguir este tipo de datos para especies autóctonas
Sudáfrica	No tiene	No es muy clara
Australia y Nueva Zelanda (ANZECC)	Método de gestión integral que a la vez permite la flexibilidad de ser adaptado a distintas realidades locales. Interesante en nuestro país con un Régimen Federal. Distingue como derivar en caso de estresores físico-químicos y en caso de tóxicos	No detalla especies tenidas en cuenta. Por momentos resulta ambigua. Deja planteado el cambio de ciertas pautas que todavía no se pudieron reemplazar (e.g., dejar de usar NOEC)
Unión Europea	Están contempladas distintas situaciones en forma completa, de acuerdo con compartimientos, tipos de agua incluyendo costeras y marinas, tipos de contaminantes. El método es robusto en base a la derivación estadística, si se dispone de datos suficientes	Al aplicar a nuestra situación, puede ser difícil conseguir información ecotoxicológica en especies locales y reunir el número suficiente de datos

*: QSAR: Relación cuantitativa estructura-actividad (de su sigla en inglés: *Quantitative structure-activity relationship*)

** : Tipo A: Nivel guía robusto, proveniente de datos de toxicidad que cumplen con los requisitos preestablecidos en la metodología de derivación SSD. Tipo B: Nivel guía proveniente de datos insuficientes o inadecuados para la SSD y que por ende se generan utilizando Factores de Seguridad

SSD), y se basa en una extrapolación a partir del valor del parámetro de toxicidad para la especie más sensible. El abordaje mediante SSD es el deseable porque permite obtener un NG-PBA de mayor potencia estadística (o de menor incertidumbre), dado que involucra el ajuste de un modelo a una serie mayor de datos. En cuanto a la elección de los puntos finales (*endpoints*) utiliza puntos finales letales y subletales, así como tiempos de exposición asociados de forma prioritaria con bioensayos crónicos. De no haber una cantidad suficiente de estos, se usarán datos de bioensayos agudos.

Sustancias a derivar. Criterios para definir las

Los experiencia previa en reuniones técnicas con organismos nacionales de gestión para la Reglamentación de la Ley de Presupuestos Mínimos (Ley N° 25688 Régimen de Gestión Ambiental de Aguas) permitió complementar mejor los criterios aquí propuestos. En el marco de esta Ley, se analizaron otras experiencias de priorización de sustancias peligrosas (e.g., Comisión de Medio Ambiente de la Unión Europea, Comisión de Oslo y París para la Protección del Ambiente Marino del NE Atlántico, OSPAR) y se convino en utilizar un procedimiento que combinara ambas, la de la Unión Europea y la de la Comisión OSPAR (15 países de la costa NE Atlántico) (Wiandt and Poremski 2002). El procedimiento consideraba: a) agrupar sustancias que aparecen como mezclas, b) considerar todas las sustancias que aparecían nombradas en listas de monitoreo en estados de Europa, c) eliminar sustancias de uso restringido o prohibido en Europa, d) incluir todas aquellas que aparecían en monitoreos (conforme a la magnitud de su ocurrencia), y e) incluir aquellas sustancias por su peligrosidad intrínseca considerando su ecotoxicidad acuática, toxicidad humana, bioacumulación y persistencia. Esta metodología de priorización se basa en la evaluación de riesgo, entendiendo a R (riesgo) = ocurrencia (por monitoreo) x toxicidad (efecto). Sin embargo, uno de los puntos más débiles para poder aplicar esta metodología en forma estricta residió en la falta de información concentrada y unificada sobre los estudios de monitoreo ambiental de las sustancias disponibles. Por ello, se planteó recurrir a fuentes alternativas de información como datos de uso, importación, producción, comercialización, denuncias de accidentes con sustancias involucradas, normativas locales, entre otros. Si bien dichas reuniones técnicas

cesaron, el trabajo llevado a cabo allí ha sido tomado como experiencia por el GT en el marco actual de la REM.AQUA.

Con el fin de definir las sustancias a derivar, se consideraron inicialmente aquellas derivadas previamente por la SSRH (2002). Dentro de esa lista se encontraron algunas familias de sustancias como los plaguicidas organoclorados, que hoy día están prohibidos, y a los cuales se les asigna actualmente un NG=0. Por otra parte, encontramos que grupos de sustancias como los fármacos de uso humano, actualmente considerados de preocupación emergente, no estaban derivados previamente y deberían ser considerados. Otro aspecto interesante y de suma importancia a considerar son aquellas sustancias que incluyen algunas provincias de nuestro país en sus reglamentaciones, tanto para calidad de aguas superficiales como para vertidos o efluentes en general. Además, se discutió acerca de los NG-PBA de países limítrofes, dado que la presencia de algunas sustancias en los cuerpos de agua de nuestro país podría atribuirse a una fuente de un país vecino.

En términos generales, los criterios adoptados para la selección de sustancias priorizaron la toxicidad de las sustancias y su detección en los ambientes acuáticos. También se tuvo en cuenta si una sustancia se encontraba acotada en algún acuerdo internacional del que la Argentina sea parte. Particularmente para el caso de los plaguicidas, se consideró en primer lugar si estaban o no aprobados por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), dejando asentado un NG=0 para aquellos que antiguamente estuvieran en uso y ahora están prohibidos. Entre aquellos de uso permitido, se tomaron como criterios iniciales los volúmenes de importación de principios activos y si era posible el nivel de consumo nacional.

En todos los casos, se identificaron y eligieron representantes de grupos de sustancias (e.g., dentro de los insecticidas piretroides, la cipermetrina y la lambda- cialotrina). Así, en primera instancia, se confeccionó una lista preliminar de sustancias prioritarias a derivar (Tabla 1. Material Suplementario). Se reconoció la importancia de derivar también otros parámetros generales, tales como temperatura, pH, conductividad, alcalinidad, dureza, sodio, oxígeno disuelto, transparencia, turbidez, sulfuro, cloruro, aquellos que afectan el balance de oxígeno (DBO, DQO, TOC) e indicadores de eutrofización (clorofila). Todos

ellos quedaron sujetos a la tipificación previa de los ecosistemas argentinos, que permitirá establecer los sitios de referencia requeridos y por ende los valores de referencia de estos parámetros.

Todas las sustancias a derivar deberán ser analizadas junto con representantes de las provincias (COHIFE y Consejo Federal de Medio Ambiente COFEMA) y revisadas periódicamente por el MAyDS. En este sentido, como se mencionó en la sección anterior, se ha comenzado con una presentación de la REM.AQUA en el COHIFE, con quien se prevé la realización de un taller en 2021 para analizar la metodología de derivación consensuada por el GT. Por otro lado, también se prevé la presentación de la Red en COFEMA.

Comparación de las metodologías REM.AQUA y SSRH

Mediante la metodología de derivación desarrollada por el GT y a partir de los datos de toxicidad y presencia en aguas superficiales de 12 sustancias que fueran seleccionadas como modelo para evaluar la metodología se obtuvieron los valores de NG-PBA (Tabla 3). De las 12 sustancias seleccionadas se lograron derivar 11 NG-PBA. De estos 11 valores, los datos disponibles de dos sustancias (atrazina y clorpirifós) permitieron obtener NG-PBA tipo A (e.g., aplicando la SSD con datos de exposición crónica), en tanto que para los nueve restantes se obtuvieron NG-PBA tipo B (mediante Factores de Seguridad). Para el fungicida tebuconazol, la cantidad y calidad de

los datos no permitió la obtención de un NG-PBA. Por otro lado, siete de los 11 derivados fueron plausibles de ser comparados con NG-PBA calculados con la metodología previamente establecida por la SSRH, mientras que los otros cuatro no poseían valores anteriores. Dos de las sustancias (carbendazim y cromo) presentaron NG-PBA semejantes, mientras que el resto arrojó valores menores con la metodología propuesta respecto a la de SSRH, llegando al caso extremo del vanadio, para el que se obtuvo un NG casi 400 veces menor.

DISCUSIÓN

Objetivos propuestos y logros del GT

El presente trabajo logró completar el objetivo inicial consistente en consensuar la metodología para el establecimiento de los NG-PBA para sustancias presentes en los ecosistemas dulceacuícolas de la Argentina. En cuanto a la metodología definida para la derivación de xenobióticos, cabe resaltar que el método estadístico de regresión lineal previamente utilizado por la SSRH (SSRH 2002) fue reemplazado por la derivación mediante SSD. Este enfoque sugerido resulta ser más actual y de mejor implementación (Hose and van den Brink 2004). La SSD genera un NG-PBA más robusto, dado que usa más datos toxicológicos que los que usaba la regresión de la SSRH, y considera para cada sustancia a derivar la distribución estadística que mejor ajusta a los datos disponibles. La aplicación de la SSD hoy día

Tabla 3. Comparación de los niveles guía (NG-PBA) calculados por la REM.AQUA para algunas sustancias seleccionadas con los informados por la SSRH.

Table 3. Comparison of guide level values from REM.AQUA and SSRH.

Tipo de sustancia	Sustancia	Nivel Guía SSRH (µg/L)	Nivel Guía REM.AQUA (µg/L)	Tipo de NG
Herbicida	2,4-D	3.4	0.5	B
	Atrazina	3	0.413*	A
Fungicida	Carbendazim	1	0.14	B
Insecticida	Clorpirifós	0.006	0.00005**	A
Metal Pesado	Cromo	2.5	2	B
Hidrocarburo	Naftaleno	12.1	2.2	B

*: HC5

**valor correspondiente al límite inferior de confianza al 95% de la HC5

Tipo de Nivel Guía A: Nivel guía robusto, proveniente de datos de toxicidad que cumplen con los requisitos preestablecidos en la metodología de derivación SSD; Tipo de Nivel Guía B: Nivel guía proveniente de datos insuficientes o inadecuados para la SSD y que por ende se generan utilizando Factores de Seguridad

se ve favorecida por el creciente interés de los investigadores del sistema científico nacional que generan publicaciones, por un lado, sobre concentraciones ambientales de xenobióticos en diferentes cuerpos de agua del país, como así también datos ecotoxicológicos de especies autóctonas; estos valores son insumos necesarios para abordar esta metodología. Sin embargo, entre las dificultades y limitaciones que el GT encontró para aplicar la metodología propuesta, podemos mencionar dos aspectos negativos: la información ecotoxicológica sobre especies autóctonas aún es insuficiente, y no todos los datos contenidos en las publicaciones cumplen con los requisitos o condiciones experimentales consideradas como necesarias para validar la información y ser incorporados a la metodología. Estas limitaciones se aplican a varias sustancias como, por ejemplo, los grupos de biocidas de última generación, fármacos y otros contaminantes emergentes. Desde el GT se recomendó encomendar a distintos grupos de investigación del país estudios ecotoxicológicos en especies autóctonas para aquellas sustancias, que se consideren prioritarias y aplicando todos los requisitos experimentales para que la información sea incorporada al proceso de obtención de los NG-PBA. Además, el GT se encuentra desarrollando un protocolo general de bioensayos que contempla los pasos adecuados para cumplir con los requisitos para obtener la información aplicable a la derivación consensuada previamente.

Alcances del GT con relación al asesoramiento

El asesoramiento científico a los gobiernos es importante porque éstos tienen que adoptar políticas y tomar decisiones en temas controversiales en los que es necesario conocer las evidencias que sustentan las distintas alternativas. Ejemplo de ello son los temas ambientales asociados a actividades humanas, como los impactos de la industria, la agricultura y la urbanización (Abeledo 2019). Particularmente, en la gestión de los recursos naturales y su afectación por las actividades antrópicas, el carácter de Gobierno Federal de la Argentina implica que los estados provinciales conservan su autonomía a pesar de estar reunidos bajo un gobierno común. En este sentido, las provincias conservan para sí la gestión de sus recursos hídricos (Petri 2012). Es incumbencia de la autoridad hídrica nacional la definición de NG-PBA y, sobre la base de esa referencia, las autoridades hídricas provinciales tendrán los cometidos de

establecer objetivos y estándares locales de calidad de agua, y diseñar e implementar las acciones de evaluación y control tendientes a proteger o restaurar la calidad de sus cuerpos de agua en correspondencia a los destinos que le asignen a los mismos (principio N°6) (COHIFE 2003). En este contexto, finalmente, el asesoramiento del GT será útil para la generación de los NG-PBA a cargo del MAYDS, quien los recomendará a las provincias en el marco de los principios rectores de la política hídrica de la República Argentina, definidos por el COHIFE (COHIFE 2003; Dardis 2013).

Se identificaron algunos riesgos en el asesoramiento científico. Cuando un gobierno establece un panel de expertos para el asesoramiento científico sin un intermediario (e.g., un asesor científico o una academia), existe el peligro de que la membresía inapropiada del comité conduzca a lo que se ha llamado coloquialmente 'evidencia basada en política' (Gluckman 2016). Alternativamente, el asesoramiento deliberativo ofrecido de manera unilateral por una academia a veces puede fallar en responder a la pregunta formulada por el gobierno o se brinda en una forma muy académica que, si bien refleja las necesidades y la opinión de la comunidad científica, puede no satisfacer las necesidades del gobierno (Gluckman 2016). En este sentido, ante la necesidad de contar con NG-PBA, el MAYDS se vinculó formalmente con la academia por medio de un convenio interadministrativo (CONVE-2018-66771906-APN-SGAYDS#SGP) con el CONICET. Los científicos ofrecieron un asesoramiento deliberativo en el marco del trabajo del GT inmerso en la REM.AQUA, consolidando lazos de cooperación entre ambos sectores (gobierno y academia) y alcanzando una sinergia que permitió el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Como se mencionó antes en este trabajo, el asesoramiento científico puede provenir de academias nacionales y sociedades (Wilsdon et al. 2014). En la Argentina existen iniciativas o experiencias previas de asesoramiento científico dentro de las cuales podemos mencionar aquellas circunscriptas a proyectos sobre orientación y financiamiento de la ciencia. En este sentido, existe un Encuentro Permanente de Asociaciones Científicas (EPAC) desde marzo de 2015. El EPAC surgió como fruto del trabajo de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), una organización no gubernamental sin fines de lucro fundada en

1933 por Bernardo A. Houssay, dedicada a fomentar el avance y la difusión de la ciencia y la tecnología (aargentnapciencias.org). Esta asociación fue convocada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, llevando la voz de EPAC, para participar en la Comisión Asesora del Plan de Ciencia y Tecnología Argentina 2030 que está actualmente en discusión (Susana Hernández comunicación personal). Desde 2017, la AAPC también ha participado en reuniones de las comisiones de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados y del Senado de la Nación, como expositora en reuniones informativas sobre los proyectos de ley de financiamiento del sector Ciencia y Tecnología. Así, estas interacciones entre AAPC o EPAC con diferentes órganos del gobierno o decisores es de corta data, pero en los últimos años ha comenzado a afianzarse (Susana Hernández comunicación personal).

En el contexto global, el asesoramiento científico al gobierno es un área de trabajo incipiente. Robert Doubleday y James Wilsdon (2012) advirtieron acerca de la necesidad de crear redes internacionales que permitan a los asesores científicos de diferentes países aprender unos de otros. Este artículo funcionó como disparador de la primera conferencia mundial de Asesoramiento Científico a los Gobiernos llevada a cabo hace tan sólo seis años atrás (Wilsdon et al. 2014). Recientemente, una de las misiones de la Red Internacional de Asesoramiento Científico Gubernamental (INGSA) fue extender el conocimiento y las complejidades del asesoramiento científico hacia los países de desarrollo intermedio, organizando capítulos de INGSA en África, Latinoamérica y el Caribe, Sudeste Asiático

y desarrollando divisiones específicas de diplomacia científica y de asesoramiento científico a legislaturas (Abeledo 2019).

En este marco, la presente experiencia de interacción nacional entre los sectores científico y de gestión es altamente relevante en tanto el CONICET conformó una Red Institucional Orientada a la Solución de Problemas (RIOSP) con el objeto de responder la demanda gubernamental (del MAyDS), y el GT trabajó en consecuencia. Desde el sector científico, siendo conscientes de que no podemos extrapolar el método científico a la política dado que los conocimientos científicos son sólo un componente en la toma de decisiones (King 2016), alentamos a mantener estas experiencias activas en el tiempo. En este trabajo demostramos que la interacción ha sido sinérgica, y que se han construido nuevos conocimientos que permitieron alcanzar los objetivos propuestos. Con el trabajo realizado se logró establecer una metodología robusta de derivación de NG-PBA así como una lista preliminar de sustancias prioritarias a derivar, como herramientas de gestión en la conservación de la biodiversidad acuática.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos a la Dra. Laura Pertusi (SlyPH - Min. Interior, Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica) por su aporte invaluable en el trabajo desarrollado, y al Ing. Rubén Goransky por su asesoramiento. Gracias a los institutos IIMYC CONICET, UNMDP e INALI CONICET-UNL por facilitar las instalaciones y por el apoyo brindado para la realización de los talleres. Gracias al CONICET, particularmente a las RIOSP, y al MAyDS por permitirnos desarrollar este trabajo conjunto.

REFERENCIAS

- Abeledo, C. 2019. Gobiernos deben considerar la evidencia científica en sus decisiones. *El Tiempo Digital*. Colombia. URL: tinyurl.com/e4xkd9v3.
- Alonso, R. N. 2006. Ambientes Evaporíticos Continentales de Argentina. *Serie Correlación Geológica* 21:155-170.
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. URL: tinyurl.com/k8uyjpbs.
- Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 1996. Propuesta de Niveles Guías de Calidad para las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2007. A Protocol for the Derivation of Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. CCME, Canada. URL: tinyurl.com/tjrapkcs.
- CEPAL. 2015. Complejos productivos y territorio en la Argentina. Aportes para el estudio de la geografía económica del país. Naciones Unidas. Santiago, Chile. URL: tinyurl.com/6p2kkude.
- Collins, P. 2020. Trophic Ecology. Pp. 97-131 *en* S. Santos and S. Bueno (eds.). *Aeglidae: life history and conservation status of unique freshwater anomuran decapods*. CRC/Taylor and Francis Group Publishing. <https://doi.org/10.1201/b22343-4>.
- Consejo Hídrico Federal (COHIFE). 2003. Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina. Fundamentos del Acuerdo Federal del Agua. CABA, Argentina. URL: tinyurl.com/tjrapkcs.
- Dardis, N. V. 2013. Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina: 10 años de participación y consenso. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina. URL: tinyurl.com/4zfvyzaz.

- Department of Environment and Heritage Protection. 2009. Queensland Water Quality Guidelines. Environmental Policy and Planning, Australia. URL: tinyurl.com/4cvhpyfe.
- Department of Water Affairs and Forestry. 1996. South African Water Quality Guidelines. Aquatic Ecosystems, Volume 8 Field Guide. First edition. Ciudad del Cabo, Sudáfrica. URL: tinyurl.com/wrc7ftjx.
- Doubleday, R., and J. Wilsdon. 2012. Beyond the great and good. *Nature* **485**:301-302. <https://doi.org/10.1038/485301a>.
- Drago, E., and R. Quirós. 1996. The hydrochemistry of the inland waters of Argentina: a Review. *Int J Salt Lake Res* **4**: 315-325. <https://doi.org/10.1007/BF01999115>.
- Estado de Mississippi. 2007. Water Quality Criteria for Intrastate and Interstate and Coastal Waters. Jackson, Mississippi, USA.
- European United Nations Environment Programme (UNEP). 2016. International Water Quality Guidelines for Ecosystems. How to develop guidelines for healthy freshwater ecosystems. A policy oriented approach. Technical Guidance Document on Risk Assessment in Support of Commission Directive 93/67/EEC, USA.
- Gluckman, P. D. 2016. Science advise to governments. *Science and Diplomacy*. URL: sciencediplomacy.org/print/225.
- Hose, G. C., and P. J. Van den Brink. 2004. Confirming the species-sensitivity distribution concept for endosulfan using laboratory, mesocosm, and field data. *Arch Environ Contam Toxicol* **47**:511- 520. <https://doi.org/10.1007/s00244-003-3212-5>.
- INTA. 2019. Mapa Nacional de Cultivos campaña 2018/2019. Colección 1 (Versión 1). Publicación N°1. PROYECTO MAPBIOMAS (Convenio 26121). RED JECAM-GEOGLAM, Argentina. URL: tinyurl.com/d5f97uhy.
- Ireland Environmental Protection Agency. 2009. European Communities Environmental objectives (Surface Waters) Regulations. Statutory Instruments S.I. No. 272 of 2009. URL: irishstatutebook.ie/eli/2009/si/272/made/en/pdf.
- King, A. 2016. Science, politics and policymaking. *EMBO Reports* **17**:1510-1512. <https://doi.org/10.15252/embr.201643381>.
- Matteucci, S. D. 2012. Ecorregión Estepa Patagónica. Pp. 549-654 *en* J. Morello, S. D. Matteucci, A. Rodríguez and M. Silva (eds.). *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*. Orientación Gráfica Editora S.R.L., Buenos Aires, Argentina.
- Matteucci, S. 2012. Ecorregión Bosques Patagónicos. Pp. 489-548 *en* J. Morello, S. D. Matteucci, A. Rodríguez and M. Silva (eds.). *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*. Orientación Gráfica Editora S.R.L., Buenos Aires, Argentina.
- Metcalfe, C. D., P. A. Collins, M. L. Menone, and J. Tundisi. 2020. The Paraná River Basin. Managing water resources to sustain ecosystem services. *Earthscan Series on Major River Basins of the World*. First edition. Routledge - Taylor and Francis Group, New York, USA. <https://doi.org/10.4324/9780429317729>.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Millennium Ecosystem Assessment (Synthesis Report). Island Press, Washington, DC. URL: millenniumassessment.org.
- Miserendino, M. A. 2001. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. *Hydrobiologia* **444**:147-158.
- Norme in materia ambientale. 2006. Decreto legislativo n. 152. URL: tinyurl.com/v3p5cdna.
- Niveles Guía (NG) para la Cuenca del Plata. 2001. HYTSA Estudios y Proyectos S.A.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2015. Asamblea General Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, A/RES/70/1. URL: undocs.org/es/A/RES/70/1.
- Petri, D. 2012. La Política Hídrica en la República Argentina. *Revista Voces en el Fénix* **3**:18-25.
- Posthuma, L., G. W. Suter II, and T. P. Traas. 2001. Species sensitivity distribution in ecotoxicology. First edition. CRC Press LLC, Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, USA. <https://doi.org/10.1201/9781420032314>.
- Quirós, R., and E. Drago. 1999. The environmental state of Argentinean lakes: An overview. *Lakes and Reservoirs. Res Manag* **4**:55-64.
- Quirós, R., A. Rennella, M. Boveri, J. J. Rosso, and A. Sosnovsky. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecol Austral* **12**:175-185. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.1999.00076.x>.
- State of Ohio. 2018. Water Quality Standards. Chapter 3745-1 of the Administrative Code. Ohio, USA. URL: tinyurl.com/2ejndw78.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH). 2002. Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para la protección de la biota acuática.
- Thorp, J. H., J. E. Flotemersch, M. D. Delong, A. F. Casper, M. C. Thoms, F. Ballantyne, B. S. Williams, B. J. O'Neill, and C. S. Haase. 2010. Linking Ecosystem Services, Rehabilitation, and River Hydrogeomorphology. *BioScience* **60**: 67-74. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.1.11>.
- United States Environmental Protection Agency. 2010. Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses. URL: tinyurl.com/ph9ty2hs.
- Water Quality Criteria (WQC). 2011. Protocol for Water Quality Criteria Derivation for the protection of Aquatic Life in Brazil, Brazil. URL: tinyurl.com/5de6bpa3.
- Wetzel, R. G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Third edition. Elsevier Academic Press, New York, USA.
- Wiandt, S., and H. J. Poremski. 2002. Selection and prioritization procedure of hazardous substances for the marine environment within OSPAR/DYNAMEC. *Ecotoxicología* **11**:393-399. <https://doi.org/10.1023/A:1020569608441>.