



INDICADOR 6.3.2 DE LOS ODS.

DOCUMENTO DE ORIENTACIÓN TÉCNICA N.º

2: VALORES DE META



Este documento se centra en el concepto de valor objetivo, que es fundamental para la metodología del indicador 6.3.2 de los ODS. Es un documento complementario a la [Introducción al indicador 6.3.2 de los ODS](#) y forma parte de una serie que ofrece orientación técnica detallada sobre aspectos específicos de la metodología del indicador. Estos documentos técnicos se crearon en respuesta a los comentarios recibidos de quienes informan sobre el indicador para su país. Estos y otros recursos están disponibles en la [Plataforma de apoyo al indicador 6.3.2 de los ODS](#)¹, accesible a través del [Centro de calidad del agua de los ODS](#)².

Este documento está dirigido a profesionales que buscan una mayor aclaración sobre cómo implementar la metodología en su propio país. Este documento:

1. amplía el concepto de valor objetivo presentado en el documento [Introducción al indicador 6.3.2 de los ODS](#);
2. describe los retos que plantea el establecimiento de valores objetivo significativos;
3. sugiere enfoques para establecer y/o adaptar valores objetivo existentes de otras jurisdicciones para su uso nacional; y
4. proporciona ejemplos de metas utilizadas en diferentes regiones del mundo.

¿QUÉ SON LOS VALORES OBJETIVO?

La medición de parámetros físico-químicos, como las concentraciones de nutrientes u oxígeno, es una forma de comprobar si la calidad del agua puede clasificarse como buena o no. Esto se logra comparando el valor medido con un límite de concentración numérico que representa agua de buena calidad ambiental.

Los valores objetivo son específicos para cada parámetro de calidad del agua y representan concentraciones que tienen como objetivo preservar estos ecosistemas o devolverlos a su estado natural o casi natural. Los objetivos también deben garantizar que la salud humana no se vea directamente amenazada por el consumo o el uso del agua.

Los valores objetivo pueden ser normas de calidad del agua definidas por la legislación nacional o pueden ser menos vinculantes y derivarse de la información sobre el estado natural o de referencia de una masa de agua. El establecimiento de un enfoque armonizado y la aplicación de una estrategia común para fijar los objetivos contribuyen a garantizar la comparabilidad global del indicador.

ASPECTOS ESENCIALES DE LOS VALORES OBJETIVO

A continuación se explican los conceptos clave del enfoque basado en objetivos utilizado en el indicador 6.3.2 de los ODS. Este documento se centra en los cinco grupos de parámetros fundamentales del monitoreo de nivel 1 (oxígeno, salinidad, nitrógeno, fósforo y acidificación).

¹ <https://wwqa.info/knowledge-center/sdg632/>

² <https://www.sdg632hub.org>

³ Este documento fue elaborado por Stuart Warner, del PNUMA GEMS/Water. Marzo de 2026. Este documento ha sido traducido del inglés con la ayuda de una IA lingüística.



¿SALUD HUMANA O DEL ECOSISTEMA?

El proceso para definir los valores objetivo para la clasificación de las masas de agua debe tener en cuenta tanto el ecosistema como la salud humana. La calidad del agua dulce se ve influida por las características naturales de la cuenca hidrográfica, tales como la geología, el clima y la topografía. Un ecosistema acuático en su estado natural está adaptado a la calidad del agua de ese lugar, pero esto no significa necesariamente que dicha calidad sea adecuada para preservar la salud humana. En ciertos casos, la calidad del agua en su estado natural puede ser nociva y no apta para el uso humano directo sin tratamiento previo. Por ejemplo, las concentraciones de nitrato de las fuentes de agua subterránea pueden superar naturalmente la concentración de referencia de $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3\text{L}$ recomendada por la Organización Mundial de la Salud para el suministro de agua potable (OMS, 2017). Además, el agua puede contener de forma natural concentraciones de compuestos que se sabe que son tóxicos en niveles bajos, como el arsénico (Herath *et al.*, 2016) y el flúor (OMS, 2017). En estos casos, la calidad natural del agua puede ser perfectamente adecuada para el ecosistema, pero la salud humana puede estar en riesgo.

Consejo: si se pueden aplicar valores objetivo basados tanto en el ecosistema como en la salud humana, se debe utilizar el más estricto

Lo contrario también puede ser cierto. Los objetivos basados únicamente en la salud humana pueden pasar por alto los requisitos de la salud del ecosistema. Volviendo al ejemplo de la OMS sobre el nitrato en el agua potable, las concentraciones de nitrato por debajo de este umbral son seguras para el consumo humano, pero pueden tener consecuencias para la salud del ecosistema. Si este valor se aplicara como objetivo para una masa de agua que tiene una concentración natural de fondo de nitrato muy baja, un ligero aumento podría provocar un deterioro de la función del ecosistema. En esta situación, sería preferible establecer un valor objetivo basado en el ecosistema mucho más bajo que refleje el nivel de fondo de nitratos naturalmente bajo. Este concepto se ilustra en la Figura 1 a continuación. El objetivo relacionado con la salud del ecosistema habría identificado la tendencia al alza en la concentración de nitratos mucho antes que el objetivo relacionado con la salud humana y, posiblemente, a tiempo para iniciar una acción de gestión eficaz que revierta dicha tendencia. Como principio general, debe utilizarse el valor objetivo que proteja los requisitos más sensibles (el ecosistema o la salud humana). En situaciones en las que los valores objetivo tanto para el ecosistema como para la salud humana sean relevantes para una masa de agua concreta, debe aplicarse el más estricto para el indicador 6.3.2. Hay algunas masas de agua que quizá nunca alcancen la clasificación de «buena calidad ambiental del agua», ya que es posible que la calidad natural del agua nunca sea apta para el uso humano sin un tratamiento previo.

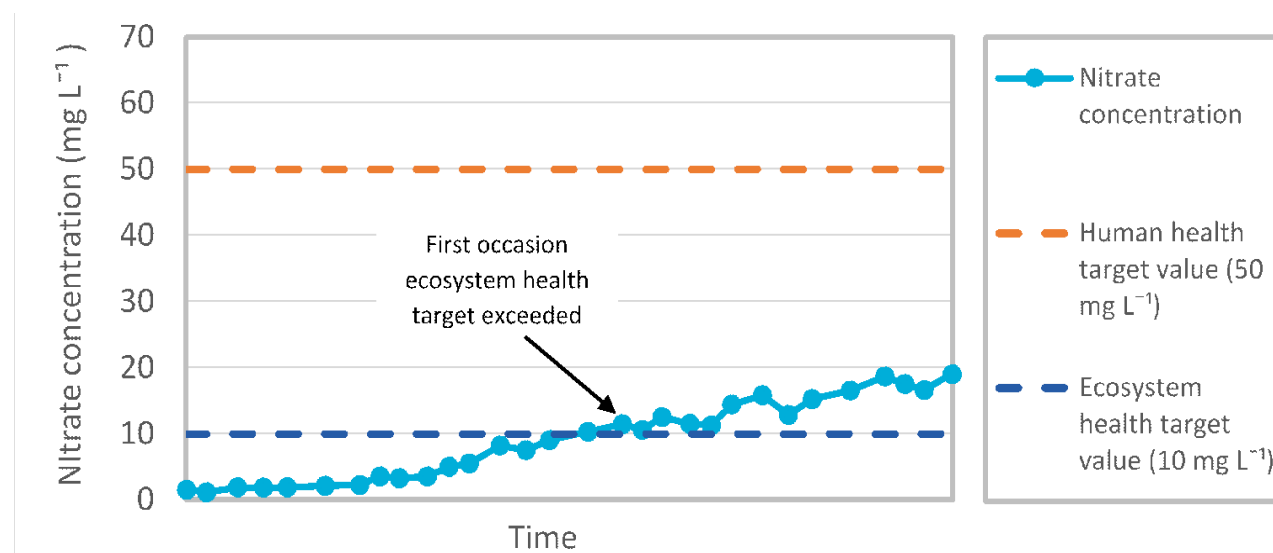


Figura 1: Ejemplo de un valor objetivo basado en la salud humana que resulta demasiado alto para detectar una tendencia al alza de los nitratos a lo largo del tiempo, mientras que dicha tendencia sí se pondría de manifiesto con un valor objetivo basado en el ecosistema.



CONDICIONES DE REFERENCIA

Las mediciones de la calidad del agua para masas de agua en condiciones naturales o casi naturales, que no sufren perturbaciones o están expuestas a perturbaciones mínimas, deben situarse dentro de rangos que reflejen *las condiciones de referencia*. Por ejemplo, algunos ríos pueden tener una alta concentración de oxígeno disuelto, bajos niveles de nutrientes y valores de pH y conductividad eléctrica relacionados con la geología subyacente y la proximidad a la costa. Realizar mediciones repetidas en el mismo lugar a lo largo del tiempo producirá un *rango* para cada parámetro que puede definirse estadísticamente y dentro del cual debería situarse la mayoría de las mediciones para ese lugar. También podría haber patrones diarios o estacionales en los datos, por ejemplo, una disminución del oxígeno disuelto durante la noche cuando cesa la fotosíntesis, o una disminución de las concentraciones de fósforo disuelto en los lagos templados durante la temporada de crecimiento de verano, pero no debería haber ninguna tendencia al alza o a la baja a lo largo del tiempo. Todas las mediciones deben estar dentro del rango esperado.

Los valores objetivo no son lo mismo que las condiciones de referencia, pero están estrechamente relacionados. Un valor objetivo puede derivarse de una condición de referencia conocida o estimada, suponiendo que una ligera desviación de la condición de referencia no perjudique el funcionamiento del ecosistema.

Cada masa de agua es única y difiere en cuanto a ubicación, geología, clima, topografía y biología. La forma en que estos factores afectan a las condiciones naturales se enumera en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 1: Descripción de las principales influencias naturales en la calidad del agua que pueden definir las condiciones de referencia.

Característica	Descripción	Ejemplo de mecanismo de influencia
Ubicación	latitud/longitud; elevación; profundidad bajo tierra (para aguas subterráneas) y proximidad a la costa	Latitud: define la estacionalidad con diferencias observadas entre las aguas superficiales tropicales y templadas.
Geología	la estructura y litología de la matriz rocosa subyacente a la cuenca hidrográfica	Intemperismo químico: la geología subyacente con alta solubilidad puede dar lugar a aguas superficiales y subterráneas con concentraciones más altas de compuestos disueltos en comparación con litologías menos solubles.
Clima	tendencias a largo plazo de la precipitación, la temperatura, el viento y la humedad de una zona	Temperatura: la solubilidad de los gases en el agua disminuye al aumentar la temperatura. Esto es especialmente relevante para el oxígeno disuelto, que es necesario para la respiración de los animales y plantas acuáticos.
Topografía	la disposición y la forma del paisaje físico	Pendiente y longitud del talud: determinan la velocidad del flujo del río. El agua que fluye a mayor velocidad también tiene mayores concentraciones de oxígeno disuelto, debido a la turbulencia en la superficie.
Biología	los ecosistemas de la cuenca hidrográfica y las interacciones biológicas dentro de la masa de agua	Humedales: estos ecosistemas pueden afectar directamente la calidad del agua al retener sedimentos, absorber nutrientes, reducir la velocidad del flujo de agua y liberar carbono orgánico disuelto aguas abajo.

Es posible que no siempre se disponga de información sobre las condiciones de referencia para las masas de agua en las que los registros de datos sobre la calidad del agua «antes de la perturbación» sean escasos. En estas circunstancias, se recomienda estimar las condiciones de referencia utilizando datos de lugares no perturbados que tengan características similares, o basándose en la opinión de expertos.



Puede que no sea posible que ciertas masas de agua que han estado expuestas a la actividad humana durante siglos alcancen un estado natural o casi natural. Para estas masas de agua, los países pueden decidir si establecen objetivos utilizando una condición de referencia y aceptan que siempre se clasificarán como «no buenas», o bien, aplicar el enfoque de la «mejor condición alcanzable» (ONU Medio Ambiente 2017). Este enfoque reconoce que estas masas de agua están afectadas y que, con una buena gestión, podrían alcanzar un estado mucho mejor, pero nunca alcanzarían un estado natural o de referencia. Los objetivos aplicados a dichas masas de agua deben reflejar esto y ser menos estrictos que para las masas de agua en las que el objetivo a largo plazo es alcanzar un estado de calidad del agua mucho más alto. Los países que elijan esta opción deben informar de ello junto con la presentación de sus indicadores, de modo que se puedan tomar nota de estos objetivos menos estrictos.

Consejo: si los países deciden que no es viable en la práctica alcanzar el estado natural o casi natural, pueden optar por seguir el enfoque de la «mejor condición alcanzable».

Este enfoque fomenta los esfuerzos para mejorar la calidad del agua, pero reconoce que ciertas masas de agua tal vez nunca alcancen un estado natural o casi natural.

VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS O DE RANGO

Los valores objetivo pueden ser de tres tipos, dependiendo del parámetro que se mida. Algunos parámetros tendrán valores objetivo **máximos**, lo que significa que no se debe superar ese valor. Por ejemplo, se puede definir un valor objetivo de $20 \mu\text{g P L}^{-1}$ para el fósforo total de I, y las mediciones superiores a este valor no cumplirían con el objetivo. Otros tendrán valores objetivo **mínimos**, lo que significa que el valor medido no debe ser inferior al objetivo. Por ejemplo, se puede aplicar un valor objetivo de 80 % de saturación al oxígeno disuelto en los ríos. Por último, algunos parámetros tendrán un **rango** objetivo que representa los límites de medición superiores e inferiores normales aceptables. Por ejemplo, un rango de pH entre 6 y 9 puede reflejar la variación normal de un río durante diferentes condiciones de caudal, pero una desviación de este rango puede ser sintomática de un problema de calidad del agua que podría requerir una investigación más profunda.

VALORES OBJETIVO TRANSFRONTERIZOS

Se alienta a los países que comparten aguas transfronterizas a colaborar para establecer valores objetivo. La existencia de valores objetivo diferentes en países vecinos puede dar lugar a clasificaciones diferentes de la misma masa de agua, por ejemplo, si el país A establece valores objetivo más permisivos que el país B. Esto puede llevar a que el agua de la misma calidad se clasifique como buena a un lado de una frontera internacional y como no buena al otro.

La calidad y la cantidad del agua de las aguas transfronterizas están indisolublemente vinculadas. Los esfuerzos de colaboración para establecer valores objetivo para las aguas transfronterizas suelen reconocerse en acuerdos bilaterales y multilaterales, u otros arreglos formales, entre los países ribereños. Dichos esfuerzos proporcionan un marco para la cooperación y forman parte del informe para el indicador 6.5.2 de los ODS sobre la cooperación en materia de aguas transfronterizas. Los acuerdos transfronterizos existentes, como las organizaciones de cuencas fluviales y los marcos regionales de presentación de informes, proporcionan una plataforma para ayudar a armonizar las unidades de presentación de informes hidrológicos y coordinar los esfuerzos de establecimiento de metas. La consulta con estas organizaciones y organismos podría proporcionar una orientación y una perspectiva útiles para garantizar la armonización del establecimiento de metas transfronterizas.

ESPECIFICIDAD DE LOS VALORES DE LAS METAS

Durante la recopilación de datos de referencia de 2017, muchos países optaron por aplicar valores objetivo que se aplicaban a todas las masas de agua de un mismo tipo en el país. Este enfoque es más sencillo de aplicar que establecer metas específicas para masas de agua individuales y puede ser útil para ciertos parámetros, como el oxígeno disuelto o el pH. Sin embargo, estas metas tan amplias no tienen en cuenta la diversidad natural de las masas de agua y, por lo tanto, pueden no proteger la calidad del agua, lo que obstaculiza el progreso hacia la meta 6.3 de los ODS.

Se alienta a los países a establecer metas específicas cuando se disponga de recursos e información. La figura 2 muestra los distintos niveles de detalle de las metas específicas. Estos se resumen de la siguiente manera:



- El nivel nacional: un único valor numérico (o rango) para cada tipo de masa de agua, para cada parámetro notificado. Por ejemplo, un valor único para los ríos, otro para los lagos y un tercero para las aguas subterráneas.
- Nivel de Distrito de Cuenca de Notificación (RBD): un conjunto de objetivos definidos específicamente para cada RBD. Un país puede decidir que los RBD son lo suficientemente diferentes como para justificar sus propios valores objetivo.
- Nivel de tipología⁴ : un conjunto de objetivos para cada tipo de masa de agua identificada en el país. Por ejemplo, un río de montaña en una zona de alta precipitación anual, o un acuífero de una litología particular.
- Nivel de masa de agua: un conjunto de objetivos para cada masa de agua específica.
- Nivel de estación de monitoreo: valores objetivo específicos para las estaciones de monitoreo. Esto solo sería necesario en casos en los que la calidad natural del agua sea muy variable espacialmente. En estos casos, se recomienda dividir la masa de agua en más unidades con calidad de agua homogénea.

En la realidad, puede ser apropiada una combinación de niveles dentro de un país. En algunos casos, puede resultar más eficaz definir un objetivo nacional para ciertos parámetros, mientras que para otros, pueden ser preferibles objetivos específicos para garantizar la protección de la calidad del agua. En la práctica, el nivel más específico que se aplica suele ser el tipo de masa de agua, pero puede haber casos en los que se necesite una mayor especificidad.

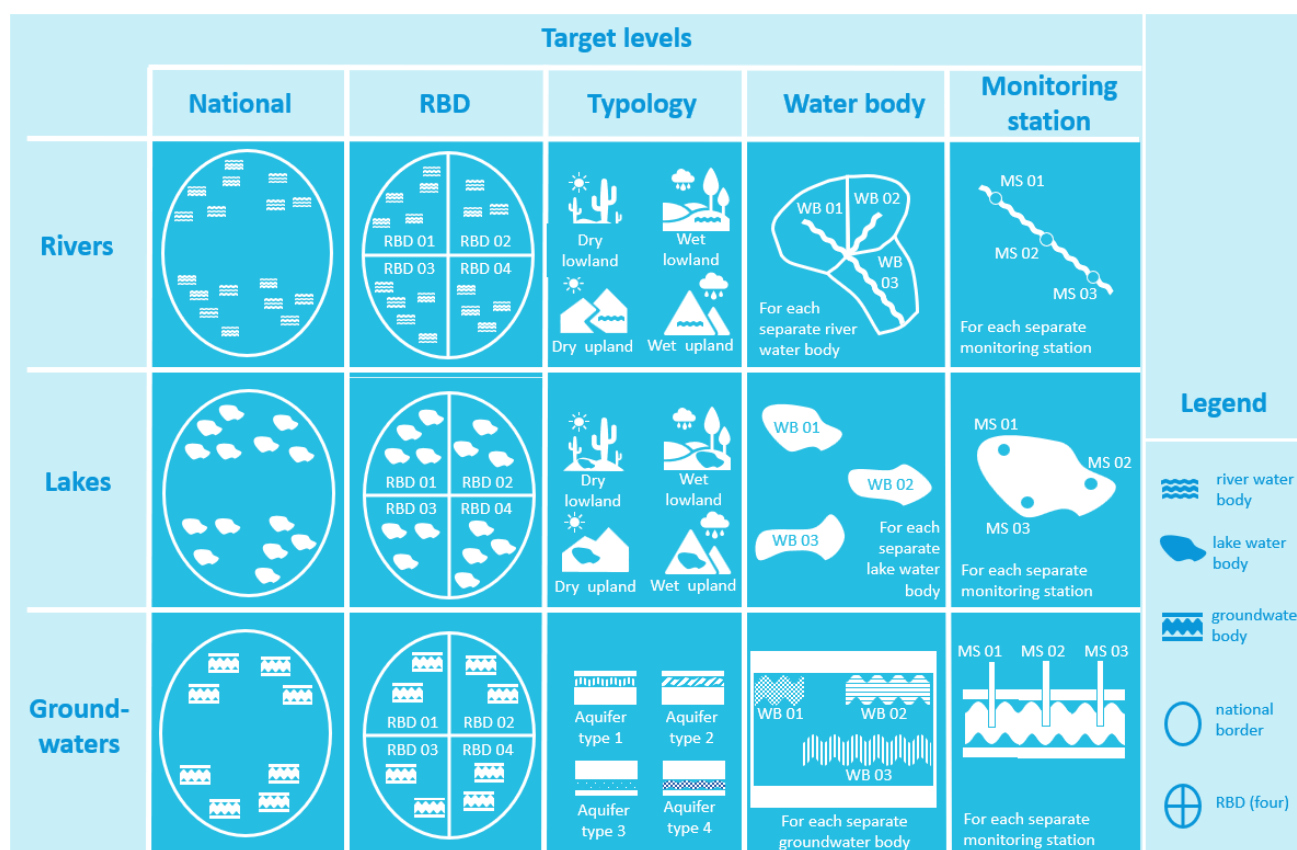


Figura 2 : Ejemplo de los diferentes niveles de valores objetivo específicos en masas de agua que pueden aplicarse a los niveles de monitoreo, desde los más genéricos a nivel nacional hasta los más específicos a nivel de estación de monitoreo

La variación natural de las masas de agua implica que los valores objetivo locales, más específicos, son más eficaces para proteger la calidad del agua que los objetivos generales a nivel nacional. Los objetivos específicos son más sensibles a las diferencias locales en la calidad del agua. Por ejemplo, si la geología subyacente cambia a lo largo del curso de un río, esto puede reflejarse en un aumento de las mediciones de conductividad eléctrica (CE) a medida que el río pasa de las

⁴ Un sistema de clasificación de las masas de agua basado en características tales como el tamaño de la cuenca, la geología subyacente, la altitud, el clima y la pendiente. El Marco para la Gestión de los Ecosistemas de Agua Dulce (ONU Medio Ambiente, 2017) ofrece orientación específica para definir las tipologías.



tierras altas a las tierras bajas. Un valor objetivo de CE alto que sea relevante para los sitios de las tierras bajas puede no ser apropiado para los de las tierras altas. El mejor enfoque en esta circunstancia sería establecer dos valores objetivo separados que reflejen los valores de referencia de CE naturalmente diferentes: uno bajo para las masas de agua y las estaciones de monitoreo de las tierras altas, y otro más alto para los sitios de las tierras bajas. Un buen ejemplo de este enfoque se muestra en Tabla2 . Este ejemplo del Consejo de Medio Ambiente y Conservación de Australia y Nueva Zelanda es un extracto de las directrices de calidad del agua elaboradas en 2000 (ANZECC/ARMCANZ, 2000). Los dos países se dividieron en amplias regiones geográficas y, posteriormente, se subdividieron en función de las zonas climáticas y las áreas administrativas. Dentro de cada área definida, se elaboró un conjunto de valores de referencia predeterminados que pueden utilizarse en lugar de la información local específica. Tabla2 muestra los valores definidos para el sureste de Australia.

Tabla 2 : Valores umbral predeterminados de calidad del agua para el sureste de Australia para los cinco grupos de parámetros principales (Fuente: ANZECC/ARMCANZ, 2000).

Tipo de ecosistema	TP ($\mu\text{g L}^{-1}$)	TN ($\mu\text{g L}^{-1}$)	OD (% de saturación)		pH		CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
			límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior
Río de montaña (>150 m)	20	250	90	110	6,5	7,5	30 ^a	350 ^a
Río de llanura	50	500	85	110	6,5	8,0	125 ^b	2200 ^b
Lagos y embalses	10	350	80	110	7	8,5	20 ^c	30 ^c

^a La conductividad en los arroyos de las zonas altas variará en función de la geología de la cuenca. Se observan valores bajos en las regiones alpinas de Victoria ($30 \mu\text{S cm}^{-1}$) y en las tierras altas orientales ($55 \mu\text{S cm}^{-1}$), y valores altos ($350 \mu\text{S cm}^{-1}$) en los ríos de Nueva Gales del Sur. Los ríos de Tasmania se sitúan en un rango medio ($90 \mu\text{S cm}^{-1}$).

^b Los ríos de las tierras bajas pueden presentar una conductividad más alta durante los períodos de bajo caudal y si el sistema recibe aportes de agua subterránea salina. Se observan valores bajos en las tierras altas orientales de Victoria ($125 \mu\text{S cm}^{-1}$) y valores más altos en las tierras bajas occidentales y las llanuras del norte de Victoria ($2200 \mu\text{S cm}^{-1}$). Los ríos costeros de Nueva Gales del Sur suelen estar en el rango de $200\text{--}300 \mu\text{S cm}^{-1}$.

^c La conductividad en lagos y embalses es generalmente baja, pero variará dependiendo de la geología de la cuenca. Los valores proporcionados son típicos de los lagos y embalses de Tasmania.

El enfoque utilizó la distribución estadística de los datos de referencia recopilados en cada una de las cinco regiones geográficas para ecosistemas con perturbaciones de leves a moderadas para cada uno de los parámetros mostrados. Se utilizaron los percentiles 80 y/o 20 de los datos de referencia para definir los valores enumerados. Se pueden encontrar más detalles y una discusión completa de los métodos en ANZECC/ARMCANZ (2000).

El estado trófico natural de las aguas superficiales (Thomas *et al.*, 1996) es otra consideración importante a la hora de establecer valores objetivo. La eutrofización natural es un proceso que lleva siglos en los lagos y se caracteriza por un cambio lento en la productividad y el aumento asociado de la biomasa y los sedimentos. Esto no debe confundirse con la eutrofización artificial o cultural inducida por las actividades humanas. Muy pocos lagos del mundo están libres de aportes antropogénicos y, a falta de datos sobre la calidad del agua previos a la perturbación, el mejor enfoque es recurrir a la opinión de expertos sobre el estado trófico natural de un lago. Para demostrar el rango de valores objetivo que podrían aplicarse a las aguas superficiales de diferente estado trófico, La Tabla3 enumera los diferentes rangos de fósforo total asociados a cada estado trófico en lagos y ríos canadienses (CCME, 2004).

Tabla 3 : Ejemplo de clasificación de las aguas superficiales canadienses basada en las concentraciones de fósforo total (CCME, 2004)

Estado trófico	Fósforo total ($\mu\text{g P L}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	< 4
Oligotrófico	4-10
Mesotrófico	10-20
Mesoeutrófico	20-35
Eutrófico	35-100
Hiper-eutrófico	> 100

VALORES OBJETIVO OPCIONALES



Esta sección se ha elaborado en respuesta a las solicitudes de los países de contar con una orientación más completa sobre los valores objetivo globales para cada uno de los grupos de parámetros fundamentales. En ella se reconoce que, si bien es posible definir valores numéricos que reflejen una buena calidad del agua a nivel mundial, es poco probable que dichos valores sean los más adecuados y podrían no proteger la salud humana y la de los ecosistemas a nivel nacional o local. La adopción de un enfoque «*único para todos*» no reconoce la variación natural de la calidad del agua descrita anteriormente, pero los objetivos opcionales que se ofrecen aquí pueden utilizarse a corto plazo, en ausencia de objetivos nacionales. Proporcionan un punto de referencia con el que se pueden comparar los valores objetivo nacionales.

En esta sección se recomiendan *rangos* de valores objetivo para cada uno de los grupos de parámetros fundamentales. Estos rangos se derivan de varias fuentes: el FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017), los utilizados en otras jurisdicciones y artículos de revistas científicas. Se alienta a los países que cuentan con valores objetivo a comparar los suyos con estos rangos para ver si coinciden en general o en qué medida se desvían. Los países que actualmente no cuentan con objetivos establecidos pueden adoptar estos valores a corto plazo hasta que se disponga de datos suficientes para generar objetivos más relevantes y, por lo tanto, más apropiados.

La proximidad de los objetivos comunicados por los países a estos valores de referencia opcionales ofrecerá una visión más clara de los diferentes enfoques adoptados por los países y del grado de flexibilidad de su clasificación de las masas de agua. Se espera que la mayoría de los valores de referencia comunicados por los países se sitúen dentro de estos valores opcionales, o estén próximos a ellos, pero también se reconoce que, naturalmente, habrá excepciones. Es posible que se solicite a los países que proporcionen información adicional sobre su elección de valores objetivo durante el período de evaluación posterior a la recopilación de datos en 2021, con el fin de ofrecer una visión más detallada de los enfoques adoptados.

Tabla 4: Valores objetivo opcionales para los diferentes tipos de masas de agua

Grupo de parámetros	Parámetro	Tipo de objetivo	Ríos	Lagos	Aguas subterráneas
Oxigenación	Oxígeno disuelto	rango	80 – 120 (% sat)	80 – 120 (% sat)	-
Salinidad	Conductividad eléctrica	superior	500 $\mu\text{S cm}^{-1}$	500 $\mu\text{S cm}^{-1}$	500 $\mu\text{S cm}^{-1}$
Nitrógeno	Nitrógeno total	máximo	700 $\mu\text{g N l}^{-1}$	500 $\mu\text{g N l}^{-1}$	-
	Nitrógeno oxidado	máximo	250 $\mu\text{g N l}^{-1}$	250 $\mu\text{g N l}^{-1}$	250 $\mu\text{g N l}^{-1}$
Fósforo	Fósforo total	máximo	20 $\mu\text{g P l}^{-1}$	10 $\mu\text{g P l}^{-1}$	-
	Ortofosfato	máximo	10 $\mu\text{g P l}^{-1}$	5 $\mu\text{g P l}^{-1}$	-
Acidificación	pH	rango	6 – 9	6 – 9	6 – 9

Fuente: datos extraídos de diversas fuentes (figuras 3 a 9); consulte el anexo 1 para obtener más detalles

ESTADO DEL OXÍGENO

Durante la recopilación de datos de 2017, el **estado del oxígeno** se midió y reportó con mayor frecuencia utilizando el oxígeno disuelto. Las altas concentraciones de oxígeno disuelto (OD) son esenciales para la buena salud de los ecosistemas acuáticos, a fin de sustentar la respiración de toda la biota aeróbica. La demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO y DQO, respectivamente) se sugieren como alternativas dentro de este grupo de parámetros, pero son más útiles para la clasificación de aguas que reciben efluentes. Lo ideal es medir el OD *in situ* utilizando un sensor de oxígeno, pero existen métodos en los que el oxígeno de la muestra de agua se fija químicamente para su análisis en el laboratorio (Ballance, 1996).

El rango objetivo opcional para el oxígeno disuelto está entre el 80 y el 120 por ciento de saturación.



Los niveles de OD fluctúan naturalmente con la temperatura, la salinidad y la actividad biológica. La turbulencia en la superficie de un río, en los rápidos o en las cascadas puede aumentar las concentraciones de oxígeno. La actividad fotosintética de la flora acuática y la respiración de los organismos acuáticos también pueden afectar las concentraciones de forma diurna y estacional. Incluso una caída a corto plazo del OD puede afectar el funcionamiento y la supervivencia de las comunidades acuáticas. Por ejemplo, una caída por debajo de 2 mg L^{-1} puede provocar la muerte de la mayoría de los peces (Chapman y Kimstach, 1996).

Rara vez se establecen objetivos de OD para uso o consumo humano, aunque los consumidores pueden reportar problemas de sabor y olor en los suministros de agua con bajas concentraciones. Por el contrario, el OD se incluye universalmente como una medida de la calidad del agua para la salud del ecosistema debido a su impacto en muchos procesos biológicos y químicos. Establecer objetivos de porcentaje de saturación puede ser más significativo que las concentraciones (mg L^{-1}) debido a la influencia de la salinidad, la temperatura y la presión atmosférica en la concentración medida.

Comprender la gran influencia que tiene la temperatura en la saturación de oxígeno en las aguas dulces es fundamental a la hora de establecer objetivos de OD. El impacto de la temperatura en la saturación de oxígeno se muestra en Tabla 5. La concentración de OD medida de $6,8 \text{ mg L}^{-1}$ en agua a 25°C equivale a un 82,4 % de saturación, mientras que en agua más fría, a 10°C , esta misma concentración equivaldría a una saturación del 60,3 %. En agua a 10°C , la concentración de OD medida tendría que ser de $9,3 \text{ mg L}^{-1}$ para superar el 80 % de saturación. El porcentaje de saturación indica el oxígeno disponible para la biota, más que la concentración.

Tabla 5 : La influencia de la temperatura en la saturación de oxígeno en aguas dulces

Concentración de OD medida (mg L^{-1}) *	Temperatura del agua ($^\circ\text{C}$)	Porcentaje de saturación (%)
6,8	25	82,4
6,8	10	60,3
9,3	10	82,5

* calculado utilizando una presión barométrica de 760 mm Hg y una conductividad eléctrica de $500 \mu\text{S cm}^{-1}$

Fuente: <https://water.usgs.gov/software/DOTABLES/>

La figura 3 muestra diversos valores objetivo de OD, en mg L^{-1} , de países de diferentes regiones del mundo. También resume los valores reportados durante la recopilación de datos de 2017, mostrados como la mediana de los valores objetivo más bajos reportados. Téngase en cuenta que Canadá aplica un objetivo de 6 mg L^{-1} para aguas cálidas y un objetivo de $9,5 \text{ mg L}^{-1}$ para aguas frías (no se proporciona la definición de cálido y frío).

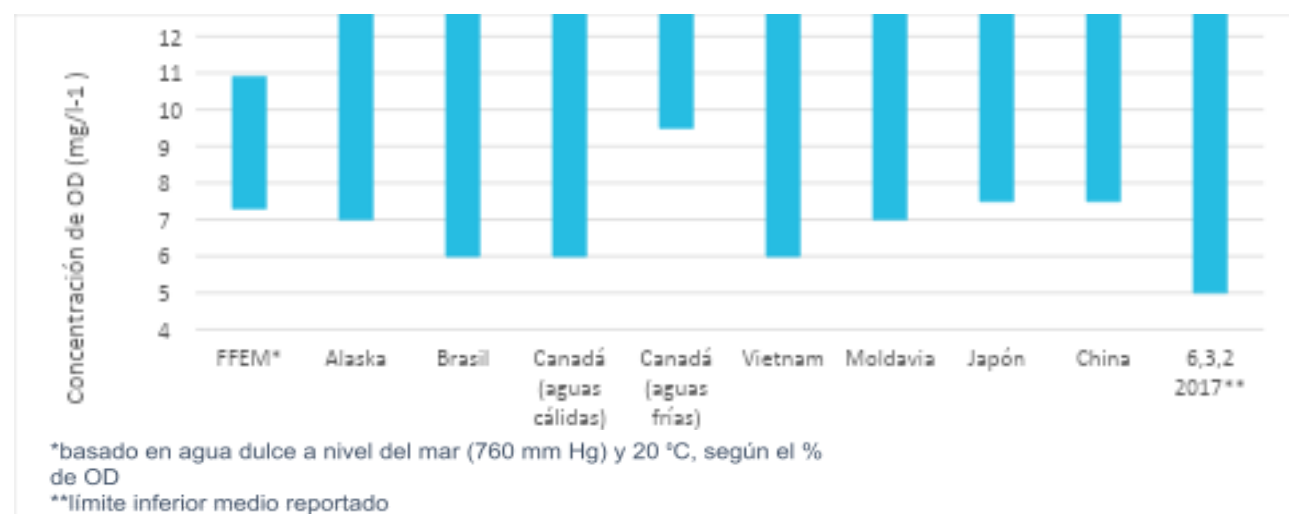


Figura 3 : Ejemplos de objetivos de concentración de oxígeno disuelto utilizados en varios países y un resumen de los comunicados durante la recopilación de datos de 2017 (Fuente: datos de múltiples fuentes, véase el anexo 1)



La figura4 muestra varios ejemplos de objetivos de porcentaje de saturación utilizados en diversas jurisdicciones y un resumen de los utilizados durante la recopilación de datos de 2017. La figura también muestra el rango de objetivos opcional de **80 a 120 por ciento de saturación**. Este rango de objetivos se alinea con el FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017).

El rango objetivo sugerido de saturación de OD del 80 al 120 por ciento puede ser demasiado amplio para proteger las aguas prístinas. Se pueden aplicar rangos objetivo más estrictos basándose en la revisión de datos históricos o a medida que se recopilen datos con el tiempo.

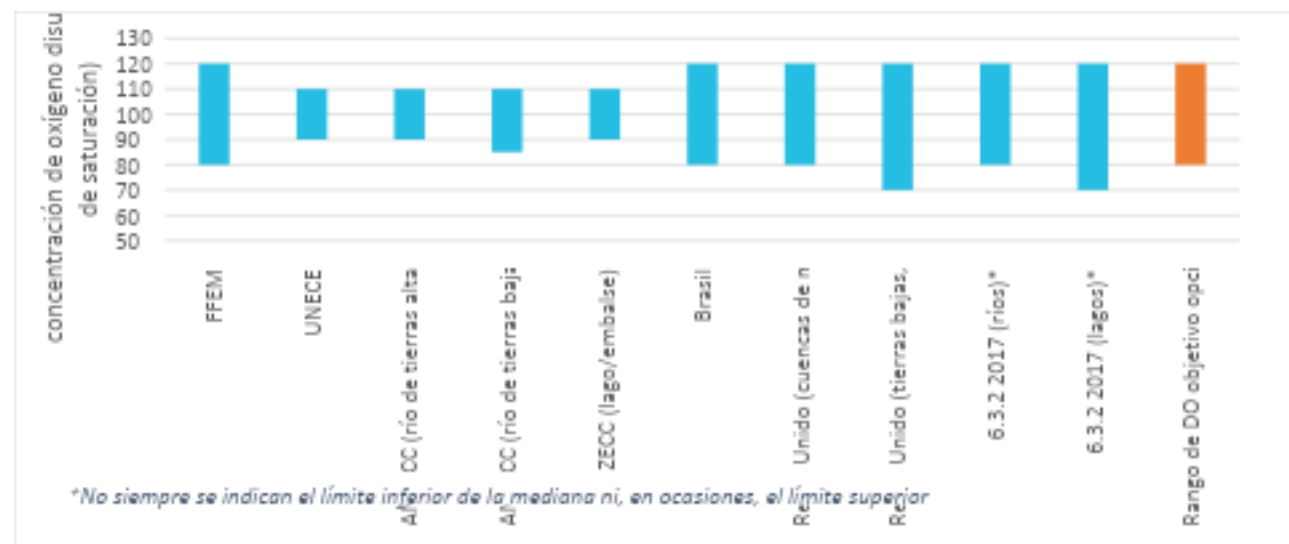


Figura 4 : Ejemplos de objetivos de porcentaje de saturación de oxígeno utilizados en varios países, un resumen de los reportados durante la recopilación de datos de 2017 y un rango sugerido (Fuente: datos de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

SALINIDAD

El parámetro más comúnmente reportado para el grupo de parámetros de salinidad en 2017 fue la conductividad eléctrica (CE). Los datos de conductividad eléctrica ayudan a caracterizar una masa de agua, y los datos a largo plazo proporcionan información sobre si la salinización es un problema. La salinización es particularmente relevante para las masas de agua subterráneas en zonas costeras, donde la extracción excesiva puede conducir a la intrusión de agua salada. Además, la CE puede servir como indicador de los vertidos de efluentes que contienen compuestos iónicos, así como de otros aportes antropogénicos de fuentes agrícolas.

Naturalmente, las concentraciones de EC en agua dulce pueden variar entre 10 y 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Chapman y Kimstach, 1996), pero hay excepciones. La litología del lecho rocoso subyacente de la cuenca y la proximidad a la costa son los principales determinantes e es de la CE. Un lecho rocoso más propenso a la meteorización provocará una mayor disolución de los minerales en las rocas, lo que dará lugar a concentraciones de CE más elevadas. Del mismo modo, las cuencas costeras pueden tener concentraciones de CE más elevadas porque están expuestas a una mayor deposición atmosférica de sal.

A falta de datos suficientes, se sugiere un objetivo de conductividad eléctrica inferior a 500 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Es preferible y recomendable definir objetivos más específicos utilizando un rango comprendido entre los percentiles 10 y 90 de un período o lugar de monitoreo de referencia.

Hay muy pocos ejemplos de concentraciones de CE en las normas nacionales de calidad ambiental para las aguas ambientales. Esto se explica por el amplio rango natural de las concentraciones de CE, donde los valores altos o bajos simplemente reflejan las características naturales de la cuenca. Esto no tiene relación con si una masa de agua está afectada o no. Por esta razón, no se recomienda establecer un valor objetivo nacional para la CE y, en su lugar, se insta a los países a establecer objetivos más específicos y a considerar una desviación de esta condición de referencia como un incumplimiento del objetivo. Este enfoque se ha utilizado en Sudáfrica, donde los objetivos se definen como *una desviación del 15 % respecto a la condición no afectada* (DWAf, 1996). Se encuentra disponible un estudio de caso más reciente y detallado en la Plataforma de Apoyo del Indicador 6.3.2.



Durante la recopilación de datos de 2017, los valores objetivo de la CE notificados variaron notablemente, y algunos países optaron por informar sobre el total de sólidos disueltos (TDS) en lugar de la CE. Estos dos parámetros están relacionados, y se puede derivar una correlación entre ambos multiplicando la CE por un valor comprendido entre 0,55 y 0,75, pero este factor es específico de cada masa de agua (Chapman y Kimstach, 1996).

Se propone un valor objetivo opcional de **500 $\mu\text{S cm}^{-1}$** a falta de información más específica que sirva de guía para los objetivos. Este valor es inferior a la mayoría de los registrados durante la recopilación de datos de 2017 (el objetivo mediano para las RBD de aguas superficiales fue de 800 $\mu\text{S cm}^{-1}$), pero, a falta de información más precisa sobre las condiciones de referencia de la masa de agua, puede utilizarse como valor objetivo provisional. Este valor objetivo concuerda con el sugerido por Carr y Rickwood (2008) y Srebotak *et al.* (2012), y también se alinea con la media global de CE de aproximadamente 220 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (convertida a partir de la concentración total de sólidos disueltos) reportada para los ríos a nivel mundial (Weber-Scannell y Duffy, 2007). Sin embargo, no es adecuado para masas de agua en las que las concentraciones naturales de CE sean mucho más altas o más bajas, pero, a falta de información histórica o de referencia, este valor sirve como objetivo provisional adecuado.

NITRÓGENO

El nitrógeno es un nutriente esencial para la vida acuática, pero las aportaciones de fuentes antropogénicas por encima de los niveles naturales pueden tener efectos perjudiciales en los ecosistemas de agua dulce. Ciertas formas de nitrógeno también pueden tener efectos tóxicos directos en las especies, como las concentraciones muy bajas de amoníaco no ionizado en los peces de agua dulce (Ip *et al.*, 2001)

El valor objetivo opcional para el TN es de **700 $\mu\text{g N L}^{-1}$** para los ríos y de **500 $\mu\text{g N L}^{-1}$** para los lagos. Para el TON es de **250 $\mu\text{g N L}^{-1}$** para ríos y

Para cumplir con los requisitos de notificación del grupo de parámetros de nitrógeno, los países pueden optar por notificar cualquier forma de nitrógeno que exista en las aguas dulces, como las formas inorgánicas, orgánicas, particuladas o disueltas. Todas estas formas pueden monitorearse individualmente o, alternativamente, notificarse como nitrógeno total (TN) u otras formas combinadas, como el nitrógeno Kjeldahl (TN menos nitrato y nitrito).

El nitrógeno inorgánico existe en una variedad de estados de oxidación que incluyen nitrato, nitrito, amoníaco y nitrógeno molecular, y sufre numerosas conversiones biológicas y no biológicas como parte del ciclo del nitrógeno. La forma de nitrógeno elegida para el monitoreo depende de los objetivos del programa de monitoreo, pero en la metodología se recomienda el nitrógeno oxidado total (TON) porque es más sencillo de medir analíticamente que otras formas, incluido el nitrato (NO_3) por sí solo. En la mayoría de los casos, la fracción de nitrito (NO_2) del TON en las aguas superficiales representa menos del uno por ciento del total, por lo que, a efectos prácticos, el TON y el nitrato son lo mismo. Existen kits disponibles para el monitoreo *in situ* del TON, pero el análisis de muestras en condiciones de laboratorio proporciona mayor exactitud y precisión.

El TN es monitoreado por muchas jurisdicciones y a menudo se incluye en las directrices de calidad del agua ambiental porque proporciona la concentración total de todas las formas de nitrógeno en una muestra. Esto brinda información sobre el balance general de nitrógeno de los sistemas acuáticos. El inconveniente es que el TN es más difícil de medir analíticamente que las formas inorgánicas disueltas.

Las Figuras 5 y 6 a continuación muestran las diversas concentraciones de TN y nitrógeno oxidado que se utilizan en determinados países.

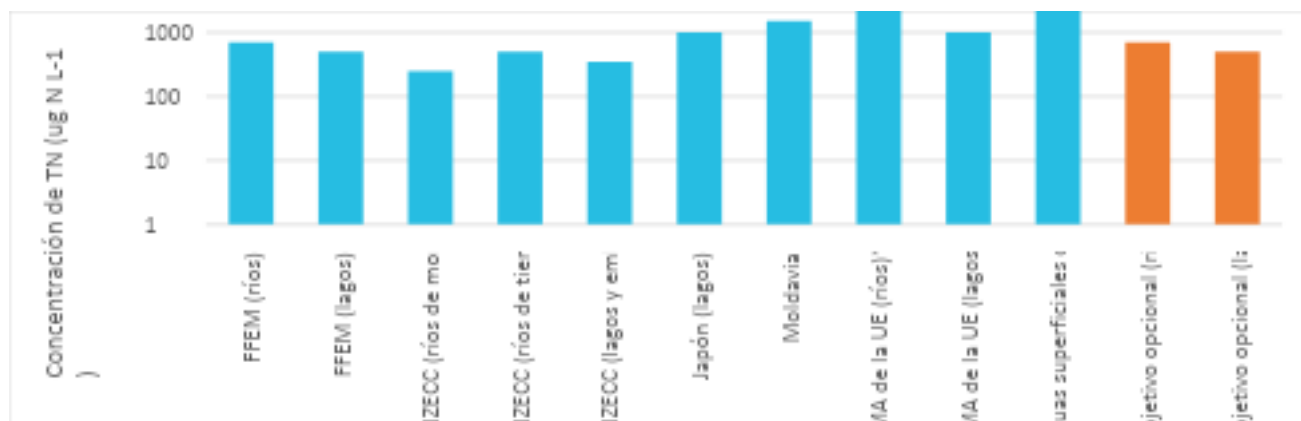


Figura 5 : Ejemplos de objetivos de concentración de nitrógeno total utilizados en distintos países (Fuente: datos de múltiples fuentes; véase el anexo 1)

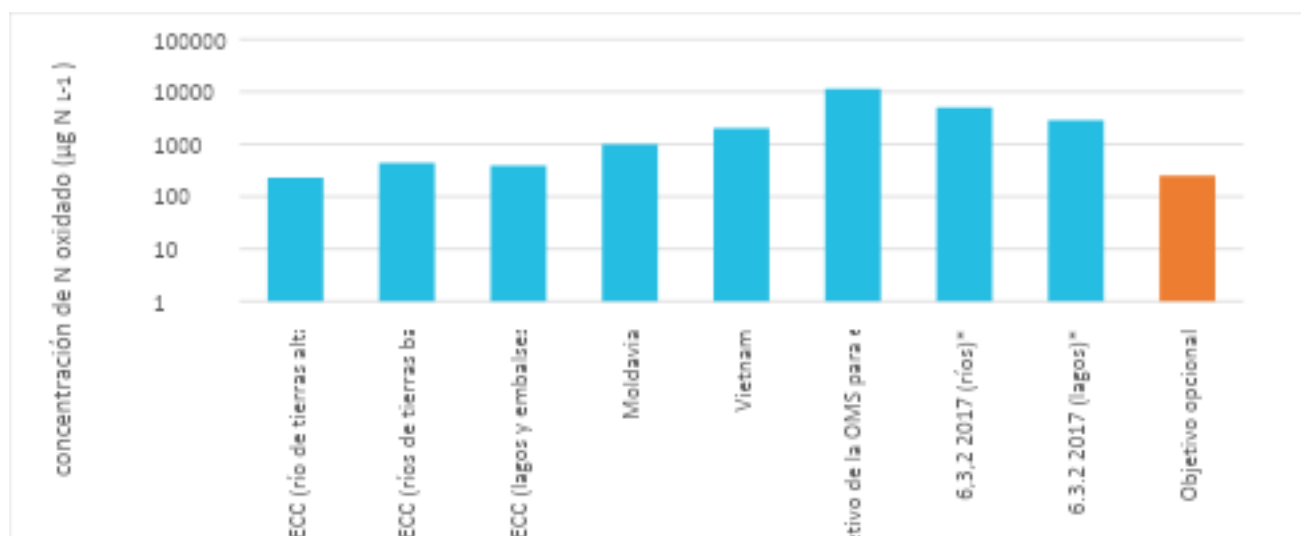


Figura 6 : Ejemplos de objetivos de concentración de nitrógeno oxidado utilizados en distintos países y resumen de los datos comunicados durante la recopilación de datos de 2017 (Fuente: datos procedentes de diversas fuentes; véase el anexo 1)

FÓSFORO

El fósforo es un nutriente esencial para toda la biota. En los sistemas acuáticos se presenta en varias formas: formas inorgánicas disueltas, como los iones ortofosfato (PO_4^{3-}); unido a partículas en suspensión; unido a partículas orgánicas; o en formas orgánicas disueltas. La forma más fácilmente disponible para el uso directo por parte de las plantas acuáticas es la forma inorgánica disuelta.

El valor objetivo opcional para el TP es de **20 $\mu\text{g P L}^{-1}$** para los ríos y de **10 $\mu\text{g P L}^{-1}$** para los lagos. Para el ortofosfato es de **10 $\mu\text{g P L}^{-1}$** para los ríos y de **5 $\mu\text{g P L}^{-1}$** para los lagos.

En la mayoría de los ecosistemas de agua dulce que se encuentran en condiciones naturales o casi naturales, el fósforo suele ser el nutriente limitante para la productividad primaria. En estos sistemas, incluso pequeños aumentos en la concentración de fósforo pueden provocar aumentos drásticos en el crecimiento de algas, mientras que aumentos similares en la concentración de nitrógeno por sí solos pueden no tener un efecto similar.

Para la recopilación de datos indicadores, el ortofosfato (OP) es la forma más sencilla de fósforo de medir. Existen varios tipos de kits de prueba de campo disponibles, pero la mayor precisión y los mejores límites de detección se obtienen en el laboratorio. Las concentraciones de fósforo en una muestra pueden cambiar con el tiempo si la muestra no se fija y, por lo tanto, para evitar cambios en las formas de fósforo, se sugiere que las muestras se analicen en un plazo de 24 horas.



Muchas jurisdicciones ya incluyen el fósforo total (TP) en sus programas de monitoreo. El fósforo total incluye todas las formas de fósforo presentes en una muestra. Se mide convirtiéndolas, mediante una digestión química a alta presión y temperatura, en formas inorgánicas que posteriormente se miden. La cantidad total de fósforo contenida en una muestra puede indicar el potencial de impactos a largo plazo del fósforo unido a partículas que pueden depositarse como sedimentos y, posteriormente, servir como fuente de fósforo si se remobilizan en el futuro.

Los objetivos opcionales para el TP que se muestran aquí en la Figura 7 se basan en el trabajo de la FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017).

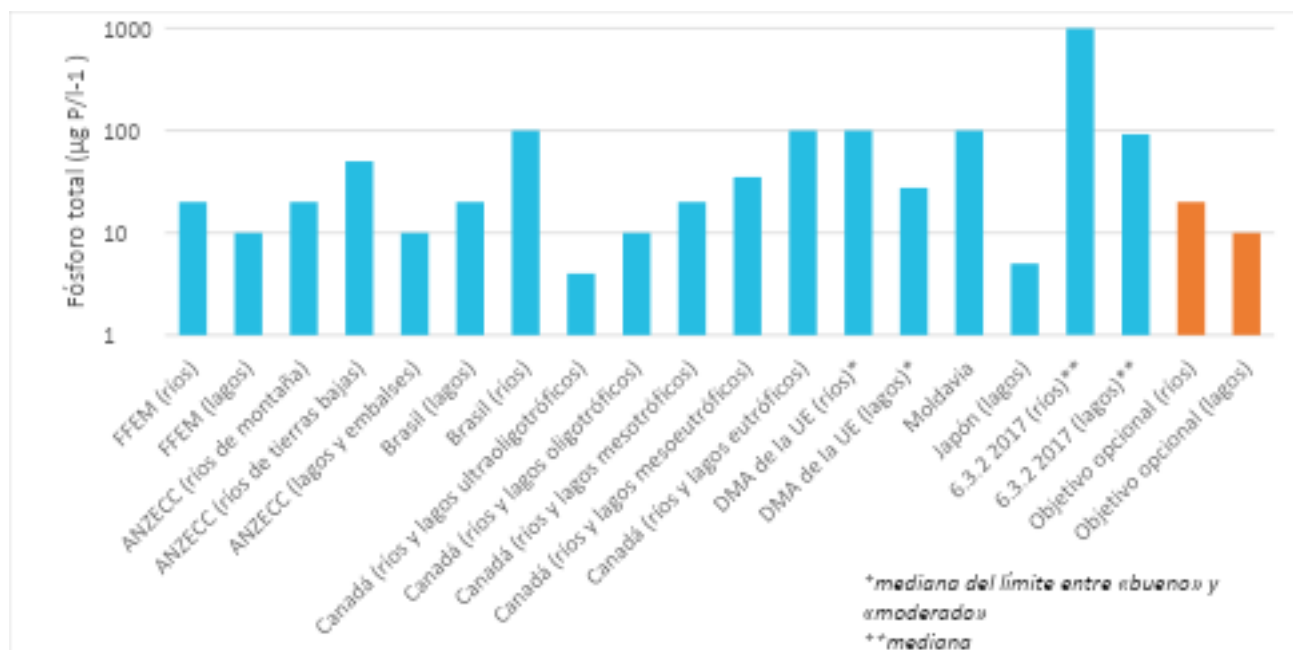


Figura 7: Ejemplos de objetivos de concentración de fósforo utilizados en los países y un resumen de los comunicados durante la recopilación de datos de 2017 (Fuente: datos de múltiples fuentes, véase el anexo 1)



Figura 8: Ejemplos de objetivos de concentración de fosfato reactivo soluble utilizados en los países (Fuente: datos de múltiples fuentes, véase el anexo 1)

ACIDIFICACIÓN

El grupo de parámetros **de acidificación** se reporta más comúnmente utilizando el parámetro pH. El pH es uno de los parámetros de calidad del agua ambiental más ampliamente medidos debido a su influencia en muchos procesos biológicos y químicos. Es una medida de la actividad del ion hidrógeno en el agua. La medición del pH es útil para ayudar a caracterizar la masa de agua y proporciona información a lo largo del tiempo sobre si una masa de agua está sujeta a acidificación. La deposición atmosférica de compuestos que contienen azufre y nitrógeno puede conducir a la acidificación de las aguas superficiales. Esto es motivo de preocupación en áreas donde la quema de combustibles

El rango objetivo opcional para el pH está entre 6,0 y 9,0



fósiles por fuentes industriales y domésticas es elevada. Las fuentes puntuales de contaminación, como los efluentes industriales o el drenaje ácido de minas, también pueden provocar una acidificación detectable de las aguas dulces. La acidificación puede ser motivo de mayor preocupación en masas de agua de zonas con baja capacidad tampón, por ejemplo, en zonas donde el agua tiene naturalmente baja dureza y alcalinidad.

La mayoría de las aguas dulces son naturalmente casi neutras (pH 7), pero pueden ser naturalmente ácidas aguas abajo de turberas u otros humedales, o ligeramente alcalinas si la geología subyacente es calcárea. El pH de una masa de agua en movimiento puede variar drásticamente en períodos de tiempo muy cortos en respuesta a condiciones hidrológicas cambiantes. El grado en que el pH puede variar para una masa de agua en particular se puede comprender mejor a partir del análisis de conjuntos de datos a largo plazo que incluyen datos recopilados durante condiciones de caudal alto y bajo. Esto ayudará a definir qué es «normal» para una masa de agua.

La figura 9 resume los rangos de pH objetivo utilizados en diversas jurisdicciones y diseñados para la protección de los ecosistemas y la vida acuática. También se muestran el rango de pH sugerido en el FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017), un resumen de los valores reportados durante la recopilación de datos de 2017 y el rango opcional de **pH 6,0 a pH 9,0** que los países podrían adoptar para la recopilación de datos de 2020.

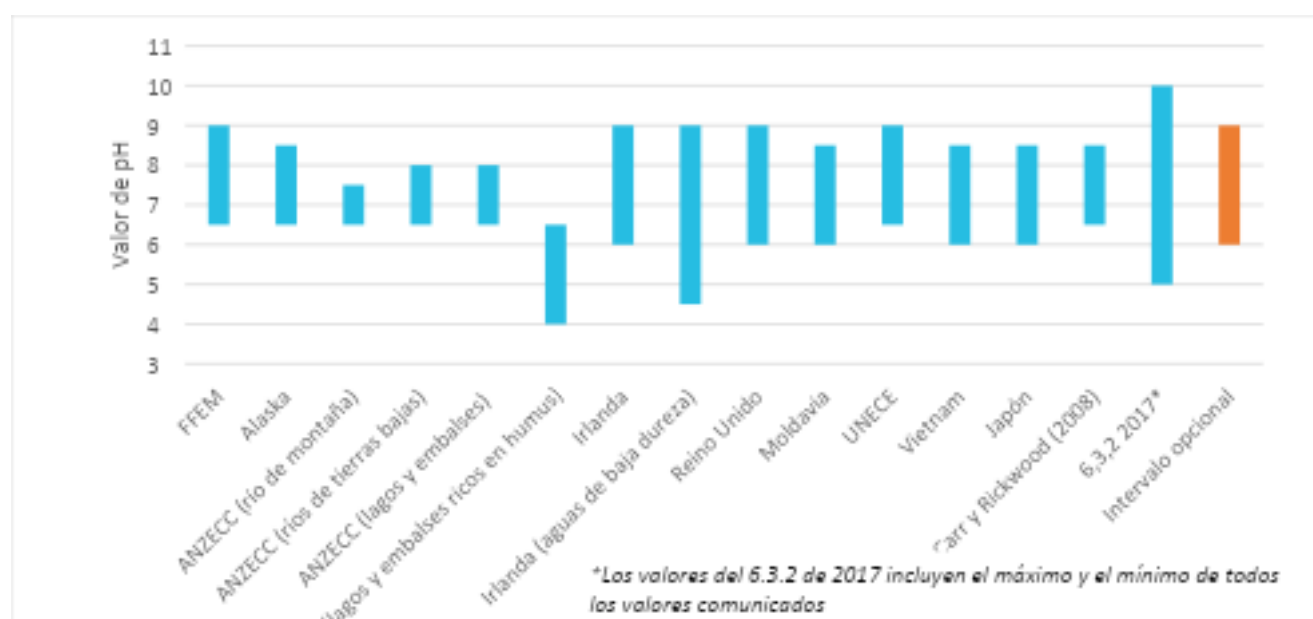


Figura 9 : Ejemplos de objetivos de pH. Cada columna representa los límites superior e inferior de cada jurisdicción o marco (Fuente: datos de múltiples fuentes; véase el anexo 1)

El rango de pH sugerido, de **6,0 a 9,0**, puede resultar demasiado amplio o demasiado estricto para aplicarse a nivel nacional, por lo que podría estar justificado adaptarlo a las circunstancias locales. En los casos en que la calidad del agua pueda caer habitualmente por debajo de este nivel (por ejemplo, cuando se sabe que las aguas tienen baja dureza y, por lo tanto, baja capacidad tampón), se producen cambios medibles en respuesta a las precipitaciones, que son naturalmente ácidas. En Irlanda, por ejemplo, se aplica un límite inferior de pH 4,5 a las masas de agua que presentan naturalmente valores bajos de pH (Ministerio de Medio Ambiente, 2009).

¿COMPARACIÓN DE MEDICIONES INDIVIDUALES, MEDIAS, MEDIANAS O PERCENTILES?

La metodología del indicador 6.3.2 de los ODS sugiere que cada valor medido individual se compare con su respectivo objetivo. Otros enfoques incluyen comparar la media anual, el máximo, la mediana o los percentiles altos (percentiles⁹⁰⁻⁹⁵) con un objetivo. Esto debe tenerse en cuenta al considerar los valores objetivo del indicador 6.3.2 de los ODS y las normas de calidad del agua utilizadas en diferentes jurisdicciones. Por ejemplo, la concentración objetivo de fósforo reactivo soluble para que un río sea clasificado como de «buen estado», indicada en la Figura 8 como $35 \mu\text{g P L}^{-1}$, debe aplicarse a los datos medios recopilados durante un período de 12 meses (Ministerio de Medio Ambiente, 2009). La comparación con medias y percentiles es útil si se dispone de datos suficientes, pero en muchas partes del mundo



este no es el caso. Al comparar cada valor individual con su meta, la metodología puede aplicarse incluso con muy pocos registros de datos.

El enfoque valor por valor está diseñado para ser un modelo inclusivo y garantiza que los países con escasos recursos asignados a la recopilación de datos de monitoreo no se vean desalentados a la hora de presentar informes. También identifica dónde es necesario fortalecer el monitoreo ambiental nacional y sirve como herramienta para identificar dónde serían beneficiosos los recursos para el desarrollo de capacidades. En la metodología se estipulan los requisitos mínimos de datos (cuatro mediciones al año para las aguas superficiales y una para las aguas subterráneas durante un período de tres años), pero se alienta a los países a recopilar datos con mayor frecuencia cuando los recursos lo permitan. A las clasificaciones del estado de las masas de agua que se realizan utilizando menos de los datos mínimos requeridos se les asigna una «calificación de confianza» más baja en el análisis de las presentaciones recibidas por el PNUMA, a fin de garantizar que quede claro en qué casos las clasificaciones se han realizado utilizando pocos registros de datos.

Los países que recopilan datos con mayor frecuencia que la mínima exigida pueden optar por adoptar uno de los otros métodos de clasificación, pero, con el fin de mantener la comparabilidad a nivel mundial, se les recomienda utilizar el enfoque «valor por valor». Los países que cuentan con registros de datos exhaustivos pueden, y un conocimiento profundo

RESUMEN

Los valores objetivo son fundamentales para la metodología de los indicadores de los ODS, ya que proporcionan un método sencillo para la clasificación de las masas de agua. Una limitación del enfoque es que la clasificación asignada es muy sensible a la elección del valor objetivo utilizado. La puntuación del indicador reportada podría ser más positiva o más negativa que la realidad. A medida que se recopila información con el tiempo, los objetivos pueden refinarse y aplicarse retrospectivamente a los datos históricos para garantizar que se utilice la información más actualizada para clasificar las masas de agua y calcular la puntuación del indicador.

Los valores objetivo opcionales que aquí se sugieren proporcionan un punto de partida para los países que desean desarrollar nuevos objetivos y un punto de referencia con el que comparar los objetivos existentes. Se basan en ejemplos globales y en la literatura científica publicada, pero su valor en cada contexto nacional solo puede ser definido por cada país.

Los objetivos utilizados para la presentación de informes sobre los indicadores son registrados por el PNUMA. Se solicita a los países que presenten esta información junto con la puntuación del indicador. Esto permite al PNUMA realizar un seguimiento de los diferentes enfoques utilizados por los países y evaluar su comparabilidad.

Los esfuerzos por establecer valores objetivo más específicos conducirán, con el tiempo, a una clasificación más sólida de las masas de agua y, posteriormente, a una asignación más eficiente de los recursos para mejorar la calidad del agua. Proporcionará una comprensión más clara y fiable de qué masas de agua se encuentran amenazadas.



RECURSOS ADICIONALES

- Dodds, W K and Oakes, R M. 2004. A technique for establishing reference nutrient concentrations across watersheds affected by humans. *Limnol Oceanogr-Meth.*, 2: 333–341.
- Hawkins, C. P, Olson, J R and Hill, R A. 2010. The reference condition: predicting benchmarks for ecological and water-quality assessments. *J N Am Benthol Soc.*, 29(1): 312–343.
- Herlihy, A T and Sifneos, J D. 2008. Developing nutrient criteria and classification schemes for wadeable streams in the conterminous US. *J N Am Benthol Soc.*, 27(4): 932–948.
- Kilgour, B W and Stanfield, L W. 2006. Hindcasting reference conditions in streams. *Am Fish S S.*, 48: 1–18.
- Phillips G. and Pitt, A. 2016. A comparison of European freshwater nutrient boundaries used for the Water Framework Directive: a report to WG ECOSTAT. University College London (2016). Available at <https://circabc.europa.eu/w/browse/58a2363a-c5f1-442f-89aa-5cec96ba52d7>
- Phillips, G., Kelly, M., Teixeira, H., Salas, F., Free, G., Leujak W, Pitt, J. A., Lyche Solheim A, Varbiro G, Poikane, S. 2018. Best practice for establishing nutrient concentrations to support good ecological status, EUR 29329 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-92906-9, doi:10.2760/84425, JRC112667.
- Smith, R A, Alexander, R B and Schwarz, G E. 2003. Natural background concentrations of nutrients in streams and rivers of the conterminous United States. *Envir Sci Tech.*, 37(14): 2039–3047.
- Soranno, P. A., Wagner, T., Martin, S. L., McLean, C., Novitski, L. N., Provence, C. D., and Rober, A. R. 2011. Quantifying regional reference conditions for freshwater ecosystem management: A comparison of approaches and future research needs. *Lake and Reservoir Management* 27, 138-148.
- UN Environment. 2018. A Framework for Freshwater Ecosystem Management. Volume 4: Scientific Background. Nairobi: UN Environment.

REFERENCIAS

- ANZECC/ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council/ Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand), 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, Volume 1, The Guidelines (chapters 1-7), Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. Available at: <https://www.waterquality.gov.au/sites/default/files/documents/anzecc-armcanz-2000-guidelines-vol1.pdf>
- Ballance, R., 1996. Field Testing Methods. In Bartram, J. and Ballance, R. (Ed.) *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. Published by E&FN Spon on behalf of UN Environment Programme and the World Health Organization. http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmchap11.pdf
- Brazil Resolution CONAMA 357 / 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: Available at <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- Carr, G.M. & C.J. Rickwood, 2008. Water Quality Index for Biodiversity. Technical Development Document. Available at: <http://www.unep.org/gemswater/Portals/24154/pdfs/new/2008%20Water%20Quality%20Index%20for%20Biodiversity%20TechDoc%20July%2028%202008.pdf>
- Canadian Council of Ministers of the Environment [CCME], 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment. Winnipeg, Manitoba.
- Canadian Council of Ministers of the Environment, 2004. Phosphorus: Canadian Guidance Framework for the Management of Freshwater Systems. *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 1–5. Available at: <http://cegg-rcqe.ccme.ca/download/en/205>



- Chapman, D. and Kimstach, V., 1996. Selection of water quality variables. In Chapman, D. [Ed.] *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Second Edition Published by E&FN Spon on behalf of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqachapter3.pdf
- Department of Environmental Conservation, 2016. 18 AAC 70 Water Quality Standards, Amended as of March 5, 2020, Available at: <https://dec.alaska.gov/media/1046/18-aac-70.pdf>
- Department of Water Affairs and Forestry, 1996. *South African Water Quality Guidelines Volume 7 Aquatic Ecosystems*. Pretoria, South Africa.
- Ip, Y.K., S.F. Chew and D.J. Randall. 2001. "Ammonia Toxicity, Tolerance, and Excretion". *Fish Physiology* 20: 109–48. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(01\)20005-3](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(01)20005-3).
- Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. 2002. Environmental Quality Standards for Surface Water (GB3838-2002). Available at: https://www.codeofchina.com/standard/GB3838-2002.html?gclid=EAIaIQobChMizLX8l5uX5wIVCbTtCh3lwAalEAAAYASAAEgJW6vD_BwE
- Minister for the Environment, 2009 *S.I. No. 272 of 2009 European Communities Environmental Objectives (Surface Waters) Regulations 2009*. Stationery Office, Dublin. Available at: <http://www.irishstatutebook.ie/eli/2009/si/272/made/en/pdf>
- Ministry of the Environment Government of Japan (MoEJ), 1997. Environmental quality standards for water pollution. Ministry of the Environment, Japan. <http://www.env.go.jp/en/water/wq/wp.pdf>
- Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE) 2015. QCVN 08-MT:2015/BTNMT: National Technical Regulation on Surface Water Quality (Vietnam Environment Administration (VEA). Available at: <http://cem.gov.vn/storage/documents/5d6f3ecb26484qcvn-08-mt2015btnmt.pdf>
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2007. Proposed System of Surface water Quality Standards for Moldova: Technical Report. Available at: <http://www.oecd.org/env/outreach/38120922.pdf>
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2008. Surface water regulation in EECCA countries: Directions for reform. Available at: <https://www.oecd.org/env/outreach/41832129.pdf>
- Poikane, S. Kelly, M.G., Herrero, F.S., Pitt, J., Jarvie, H.P., Claussen, U., Leujak, W., Solheim, A.L., Teixeira H., and Phillips, G. 2019. Nutrient Criteria for Surface Waters under the European Water Framework Directive: Current State-of-the-Art, Challenges and Future Outlook. *Science of the Total Environment*. 695. 133888. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133888>
- Srebotnjak, T., Carr, G., de Sherbinin, A. & C. Rickwood, 2012. A global Water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. *Ecological Indicators* 17, 108-119.
- Thomas, R., Meybeck, M. and Beim, A., 1996. Lakes. In Chapman, D. [Ed.] *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Second Edition Published by E&FN Spon on behalf of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqachapter7.pdf?ua=
- UK Technical Advisory Group, Water Framework Directive (UKTAG WFD), 2008. UK Environmental standards and conditions (Phase 1), Final report, April 2008. http://www.wfduk.org/sites/default/files/Media/Environmental%20standards/Environmental%20standards%20phase%201_Finalv2_010408.pdf
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 1994. Standard Statistical Classification of Surface Freshwater Quality for the Maintenance of Aquatic Life. In: *Readings in International Environmental Statistics*, New York and Geneva. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/archive/Framework/classification_in_environment.pdf



UN Environment, 2017. A Framework for Freshwater Ecosystem Management. Volume 2: Technical guide for classification and target-setting. Nairobi: UN Environment.

Weber-Scannell, P. K., & Duffy, L. K. 2007. Effects of total dissolved solids on aquatic organisms: A review of literature and recommendation for salmonid species. *American Journal of Environmental Sciences*, 3(1), 1–6.
<https://doi.org/10.3844/ajessp.2007.1.6>

World Health Organisation (WHO). 2004. Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1 Recommendations. 3rd edition, World Health Organization, Geneva

World Health Organisation (WHO). 2006. Fluorides in drinking-water. Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Lennon, M. Jackson, P., Fawell, J. (Eds.), WHO drinking-water quality series, IWA Publishing, London, UK

World Health Organisation (WHO), 2017. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum* 4th Edition., Geneva: World Health Organization.



ANEXOS

ANEXO 1: TABLA DE DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADOS EN LAS FIGURAS 3 A 9

País / Documento	Figura							Referencia
	3	4	5	6	7	8	9	
Alaska	•						•	Departamento de Conservación Ambiental (2016)
Australia / Nueva Zelanda		•	•	•	•	•	•	ANZECC/ARMCANZ (2000)
Brasil	•	•			•			Resolución CONAMA 357 de Brasil (2005)
Canadá	•				•			CCME (2004)
China	•							MEPPRC (2002)
Directiva Marco del Agua de la UE			•		•			Poikane <i>et al.</i> (2019)
Irlanda						•	•	Ministerio de Medio Ambiente (2009)
Japón	•		•		•		•	MoEJ (1997)
Moldavia	•		•	•	•		•	OCDE (2007)
FFEM	•	•	•		•		•	ONU Medio Ambiente (2017)
Sudáfrica						•		DWAF (1996)
UNECE		•	•				•	UNECE (1994)
Reino Unido		•				•	•	UK TAG WFD (2008)
Vietnam	•			•		•	•	MONRE (2015)
Organización Mundial de la Salud				•				OMS (2017)

ANEXO 2: EJEMPLO DE USO DE DATOS DE UN PERÍODO O LUGAR DE REFERENCIA

A continuación se muestra un ejemplo práctico de cómo se pueden utilizar los datos de un período de referencia o una ubicación para clasificar una estación de monitoreo. Las ubicaciones de monitoreo no afectadas, que están relativamente libres de presiones sobre la calidad del agua, como la agricultura, los efluentes de aguas residuales o la minería, pueden representar la calidad del agua de «fondo» o «referencia».

La figura 10 que se muestra a continuación presenta un ejemplo de cómo los datos recopilados durante un período de referencia o en una ubicación de referencia pueden utilizarse para ayudar a definir los valores objetivo. En este ejemplo, los datos de referencia se utilizaron para calcular la mediana y los valores del percentil 10 y del percentil 90. Los percentiles 10 y 90 definen los extremos inferior y superior del rango objetivo, respectivamente, y representan las «condiciones de referencia» para la concentración de conductividad eléctrica (CE). Cualquier medición que se desvíe fuera de este rango no cumpliría con este objetivo. En este ejemplo, el percentil¹⁰ es de 410 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y el 90 es de 542,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Estos valores, como se muestra en Figura 10 , se representan como líneas horizontales tanto para el período de referencia como para el de clasificación.

El período de referencia podría ser un período de tiempo en el que se supiera que la masa de agua en cuestión estaba libre de influencia humana o, alternativamente, un período de una masa de agua diferente que fuera comparable en términos de geología, ubicación y clima, y de la que también se supiera que estaba libre de influencia humana significativa.

La metodología de los indicadores establece que el 80 % o más de los valores medidos deben cumplir el objetivo para que una masa de agua se clasifique como «buena». Si los valores de la CE en este ejemplo no cambian con el tiempo y no hay desviación en los valores medidos, entonces la masa de agua se clasificará consistentemente como «buena» porque, estadísticamente, el 80 % de los datos se situará entre los percentiles 10 y 90.

Se necesita un mínimo de un año de datos para generar valores objetivo utilizando muestras de agua recolectadas durante diferentes estaciones y regímenes hidrológicos. Se recomienda un **mínimo de veinte puntos de datos**, pero se



generaría un objetivo estadísticamente más sólido utilizando un mayor número de valores de datos. En este ejemplo, se utilizaron mediciones mensuales durante un período de cuatro años (48 mediciones).

En este ejemplo, los datos de clasificación corresponden a un seguimiento de 12 años, lo que equivale a cuatro ciclos de presentación de informes de indicadores del ODS 6, cada uno de tres años de duración. Durante este período de 12 años, los datos muestran un aumento gradual de las concentraciones de EC, que luego vuelven a descender. La aplicación del método de clasificación de indicadores únicamente a estos datos de EC daría como resultado una «clasificación buena» para el primer período de tres años, seguida de dos períodos de clasificación «no buena» y una clasificación final «buena» (Figura 10). Este retorno a una clasificación «buena» puede haberse debido a medidas de gestión para revertir la tendencia al alza. En una situación real, por supuesto, hay muchos factores que contribuyen a dicha tendencia, pero este sencillo ejemplo muestra cómo se pueden utilizar los datos de referencia para definir objetivos significativos y específicos.

Se han publicado algunos ejemplos detallados de la derivación de objetivos y directrices nacionales (por ejemplo, ANZECC y ARMCANZ, 2000), que se han recopilado en la Plataforma de apoyo del indicador 6.3.2.

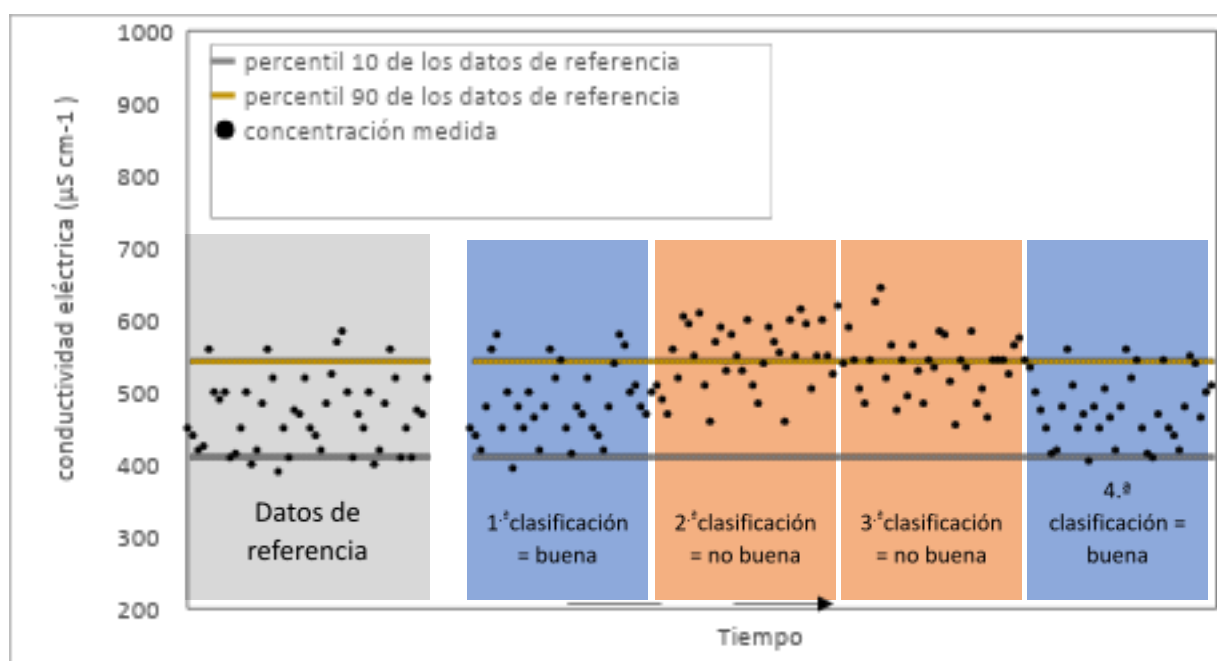


Figura 10 : Ejemplo de cómo se pueden utilizar los datos de un período o lugar de referencia para definir los rangos objetivo superior e inferior para la clasificación de la calidad del agua