

DOCUMENTO DE ORIENTACIÓN TÉCNICA Nº 2 SOBRE EL INDICADOR 6.3.2 DE LOS ODS



VALORES OBJETIVO

El presente 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 de la Metodología Paso a Paso y forma parte de una serie de documentos que proporcionan orientación técnica detallada sobre aspectos específicos de la metodología de los indicadores. Estos documentos técnicos se crearon atendiendo a los comentarios recibidos a raíz de la recopilación de datos de referencia de 2017. En la Plataforma de Asistencia del Indicador 6.3.2 pueden consultarse estos y otros recursos (<https://communities.unep.org/display/sdg632>).

El presente documento se dirige a los profesionales que deseen obtener más información sobre el modo de aplicar la metodología en su propio país. Este documento:

1. amplía el concepto de valor objetivo presentado en la metodología paso a paso;
2. describe los desafíos que plantea el establecimiento de valores objetivo significativos;
3. sugiere enfoques para establecer o adaptar los valores objetivo de otras jurisdicciones a nivel nacional; y
4. Ofrece ejemplos de objetivos utilizados en distintas regiones del mundo.

¿QUÉ SON LOS VALORES OBJETIVO?

La medición de parámetros físicoquímicos, 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 el agua con buena calidad ambiental.

Los valores objetivo son específicos para cada parámetro de calidad del agua y representan concentraciones que tienen por objeto preservar estos ecosistemas o restituirlos a su estado natural o prácticamente 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 consistir en normas de calidad del agua definidas por la legislación nacional o pueden resultar 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 implementación de una estrategia común para fijar objetivos contribuyen a garantizar la comparabilidad global del indicador.

VALORES OBJETIVO ESENCIALES

A continuación, se explican los conceptos clave del enfoque por objetivos que se utiliza en el indicador 6.3.2 de los ODS. El presente documento se centra en los cinco grupos de parámetros básicos del monitoreo de Nivel 1 (oxígeno, salinidad, nitrógeno, fósforo y acidificación).

Stuart Warner, del Centro de Desarrollo de Capacidades GEMS/Water del PNUMA, University College Cork, Irlanda, preparó el presente documento. Marzo de 2020.

¿SALUD HUMANA O ECOSISTÉMICA?

A continuación, se explican los conceptos clave del enfoque por objetivos que se utiliza en el indicador 6.3.2 de los ODS. El presente documento se centra en los cinco grupos de parámetros básicos de monitoreo de Nivel 1 (oxígeno, salinidad, nitrógeno, fósforo y acidificación). El proceso para definir los valores objetivo destinados a clasificar 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, como la geología, el clima y la topografía. Un ecosistema acuático en su estado natural está adaptado a la calidad del agua en 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 perjudicial y no ser apta para el consumo humano directo sin tratamiento previo. Por ejemplo, las concentraciones de nitratos procedentes de fuentes de aguas subterráneas pueden superar de forma natural la concentración orientativa de 50 mg L-NO₃ L, recomendada por la Organización Mundial de la Salud para el suministro de agua potable (OMS, 2017). Además, el agua puede presentar de forma natural concentraciones de compuestos que se sabe que, en niveles bajos, son tóxicos, como el arsénico (Herath y otros, 2016) y el fluoruro (OMS, 2017). En estos casos, la calidad natural del agua puede adaptarse perfectamente al ecosistema, pero la salud humana puede estar en peligro.

También puede darse el caso contrario. Los objetivos basados en la salud humana únicamente pueden pasar por alto los requisitos de la salud de los ecosistemas. Recurriendo de nuevo al ejemplo del nitrato de la OMS en el agua potable, las concentraciones de nitrato por debajo de este umbral son seguras para el uso humano, pero podrían tener consecuencias para la salud de los ecosistemas. Si se aplicara este valor como objetivo para una masa de agua que presenta una concentración natural de nitrato muy baja, una ligera elevación 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 nitrato de fondo naturalmente bajo. Este concepto se demuestra en la Figura 1 a continuación. El objetivo relativo a la salud del ecosistema habría identificado la tendencia en aumento de la concentración de nitratos mucho antes que el objetivo relativo a la salud humana y, posiblemente, a tiempo para iniciar una acción de gestión eficaz destinada a revertir la tendencia ascendente. Como principio general, se debe utilizar el valor objetivo que protege las necesidades más delicadas (el ecosistema o la salud humana). En situaciones en que los valores objetivo para el ecosistema y también para la salud humana resultan pertinentes en relación con una determinada masa de agua, debe aplicarse el más estricto para el indicador 6.3.2. Existen algunas masas de agua que quizás nunca alcancen la clasificación de «buena calidad ambiental» pues la calidad natural del agua tal vez no sea adecuada para el uso humano en ningún caso, a menos que se trate previamente.

Consejo: en caso de que existan valores objetivo basados en el ecosistema y en la salud humana, deberá aplicarse el más estricto de ellos.

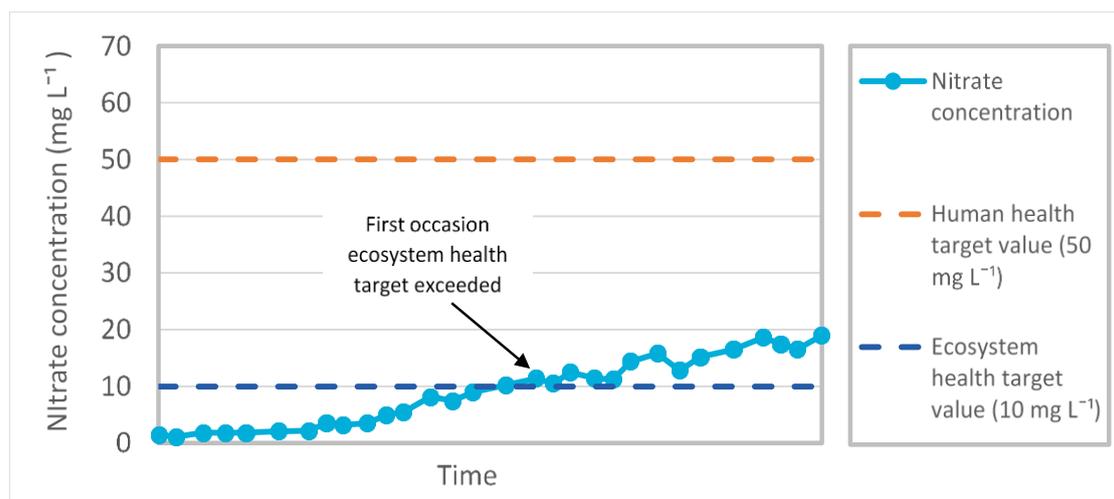


Figura 1: Ejemplo de un valor objetivo basado en la salud humana que es demasiado elevado para identificar una tendencia ascendente de los nitratos a lo largo del tiempo, mientras que tal tendencia podría evidenciarse mediante un objetivo basado en el ecosistema.

CONDICIONES DE REFERENCIA

Las mediciones de la calidad de las masas de agua en estado natural o casi natural, que no sufren perturbaciones o están expuestas a perturbaciones menores, deben estar comprendidas dentro de los límites que reflejan las condiciones de referencia. Por ejemplo, algunos ríos pueden presentar una alta concentración de oxígeno disuelto, niveles de nutrientes bajos y valores de pH y conductividad eléctrica acordes con la geología subyacente y su cercanía a la costa. Realizar varias mediciones en el mismo lugar a lo largo del tiempo permitirá obtener un rango para cada parámetro que puede definirse estadísticamente a partir del cual la mayoría de las mediciones deberían corresponder a ese lugar. También podrían producirse patrones cotidianos o estacionales en los datos, por ejemplo, una caída del oxígeno disuelto por la noche cuando se detiene la fotosíntesis, o una caída de las concentraciones de fósforo disuelto en los lagos templados durante el período vegetativo de verano, pero no debería existir ninguna tendencia al alza o a la baja a lo largo del tiempo. Todas las mediciones deberían situarse dentro del rango previsto.

Los valores objetivo no se corresponden con las condiciones de referencia, pero están estrechamente vinculados. Un valor objetivo puede derivarse de una condición de referencia conocida o estimada, suponiendo que una ligera desviación de la condición de referencia no dañe la función del ecosistema.

Cada masa de agua es única y difiere en función de su ubicación, geología, clima, topografía y biología. Las formas en que estos factores afectan a las condiciones naturales se enumeran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Descripción de las influencias naturales clave con respecto a la calidad del agua que pueden definir las condiciones de referencia.

Característica	Descripción	Ejemplo de mecanismo de influencia
Ubicación	latitud/longitud; elevación; profundidad subterránea (para las aguas subterráneas) y cercanía a la costa	Latitud: define la estacionalidad a partir de las diferencias detectadas entre las aguas superficiales tropicales y las templadas.
Geología	la estructura y la litología de la matriz de roca que subyace en la cuenca de captación	Meteorización química: la geología subyacente de solubilidad elevada puede generar aguas superficiales y subterráneas con mayores concentraciones de compuestos disueltos en comparación con las litologías menos solubles.

Clima	las tendencias a largo plazo de las precipitaciones, la temperatura, el viento y la humedad de una zona	Temperatura: la solubilidad de los gases en el agua disminuye con el aumento de la temperatura. Esto es especialmente importante para el oxígeno disuelto que los animales y plantas acuáticos necesitan para respirar.
Topografía	la disposición y la forma del paisaje físico	Gradiente y longitud de la pendiente: determina la velocidad del flujo del río. El agua de mayor velocidad también presenta mayores concentraciones de oxígeno disuelto, debido a las turbulencias de la superficie.
Biología	los ecosistemas dentro de la cuenca de captación y las interacciones biológicas en la masa de agua	Humedales: estos ecosistemas pueden afectar directamente la calidad del agua al retener los sedimentos, absorber los nutrientes, reducir la velocidad del flujo de agua y liberar el carbono orgánico disuelto corriente abajo.

La información sobre las condiciones de referencia puede no estar siempre disponible para cuerpos de agua donde los registros de datos de calidad del agua "previos a la perturbación" son escasos. En esas circunstancias, se aconseja estimar las condiciones de referencia utilizando datos de lugares sin perturbar que presenten características similares o confiando en la opinión de los expertos.

Es posible que ciertas masas de agua que han estado expuestas a la actividad humana durante siglos no puedan alcanzar una condición natural o casi natural. En el caso de estas masas de agua, los países pueden decidir si establecen objetivos utilizando una condición de referencia y aceptar que estas aguas siempre se clasificarán como «no buenas», o bien pueden aplicar el enfoque del «mejor estado que pueda alcanzarse» (ONU - Medio Ambiente 2017). Este enfoque reconoce que dichas masas de agua han sufrido un impacto y que, con una buena gestión, podrían mejorar su condición significativamente, pero nunca llegarían a alcanzar su condición natural o de referencia. Los objetivos que se apliquen a esas masas de agua deben reflejar este hecho y ser menos rigurosos que los que se aplican a las masas de agua a fin de lograr que el estado cualitativo del agua sea mucho mejor a largo plazo. Los países que elijan esta opción deberán presentar esta información junto con sus indicadores, de modo que puedan tenerse en cuenta estos objetivos menos estrictos.

Consejo: si los países deciden que en la práctica no resulta factible alcanzar un estado natural o casi natural, pueden optar por adoptar el enfoque del «mejor estado que pueda alcanzarse». Este enfoque impulsa las labores destinadas a mejorar la calidad del agua, pero reconoce que es posible que ciertos cuerpos de agua nunca alcancen un estado natural o casi natural.

VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS O DE RANGO

Los valores objetivo pueden ser de tres tipos, según el parámetro que se mida. Algunos parámetros presentarán valores objetivo **máximos**, lo que significa que el valor no debe superarse. Por ejemplo, puede definirse un valor objetivo de 20 µg de P L-1 para el fósforo total, en cuyo caso, las mediciones por encima de ese valor no cumplirían con el objetivo. Algunos incluirán valores objetivo **mínimos**, lo que implica que el valor que se mida no debe encontrarse por debajo del objetivo. Por ejemplo, al oxígeno disuelto en los ríos se le puede aplicar un valor objetivo de saturación del 80 por ciento. Por último, algunos parámetros presentarán un **rango** objetivo que representa los límites de medición máximos y mínimos aceptables habitualmente. Por ejemplo, una gama de pH entre 6 y 9 puede reflejar la variación habitual de un río durante condiciones de caudal diferentes; sin embargo, una desviación de este rango puede ser síntoma de un problema de calidad del agua que puede requerir una investigación más exhaustiva.

VALORES OBJETIVO TRANSFRONTERIZOS

Animamos a aquellos países que comparten aguas transfronterizas a colaborar para establecer valores objetivo. La existencia de valores objetivo diferentes entre países vecinos puede generar clasificaciones

distintas de la misma masa de agua; por ejemplo, si el país A establece valores objetivo menos estrictos que el país B, puede dar lugar a que el agua de la misma calidad se clasifique como buena de un lado de la frontera internacional y como no buena del otro.

La cantidad y la calidad de las aguas transfronterizas son indisolubles. Los esfuerzos de colaboración para establecer valores objetivo para las aguas transfronterizas suelen reconocerse en acuerdos bilaterales y multilaterales, u otros acuerdos formales, entre los países ribereños. Esos esfuerzos proporcionan un marco de cooperación y forman parte de los informes del indicador 6.5.2 de los ODS sobre la cooperación en materia de aguas transfronterizas. Los acuerdos transfronterizos vigentes, como las organizaciones de cuencas hidrográficas y los marcos regionales de presentación de informes, constituyen una plataforma para ayudar a armonizar las unidades de informes hidrológicos y para coordinar los esfuerzos dirigidos a fijar objetivos. Las consultas con esas organizaciones y organismos podrían proporcionar orientaciones y conocimientos útiles para garantizar la armonización del establecimiento de objetivos transfronterizos.

ESPECIFICIDAD DE LOS VALORES OBJETIVO

Durante la recopilación de datos de referencia de 2017, muchos países optaron por utilizar valores objetivo aplicables a todas las masas de agua de un tipo determinado en su país. Es más sencillo aplicar este método que establecer objetivos específicos para cada masa de agua; además, puede ser útil para determinados parámetros, como el oxígeno disuelto o el pH. Sin embargo, estos objetivos tan amplios no reflejan la diversidad natural de las masas de agua y, por lo tanto, es posible que no protejan la calidad del agua, lo que obstaculizaría el avance hacia la meta 6.3 de los ODS.

Animamos a los países a que establezcan objetivos específicos cuando dispongan de recursos e información. En la Figura 2 se muestran los niveles totales a los que se refieren los objetivos específicos. Estos se resumen como sigue:

- Nivel nacional: un valor numérico (o rango) único para cada tipo de masa de agua, en relación con cada parámetro comunicado. Por ejemplo, un solo valor para los ríos, otro para los lagos y un tercero para las aguas subterráneas.
- Nivel de reportes de distritos de cuencas (RBD, por sus siglas en inglés): un conjunto de objetivos definidos específicamente para cada RBD. Un país puede decidir que los RBD son lo bastante diferentes como para requerir sus propios valores objetivo.
- Nivel de tipología²: un conjunto de objetivos fijados para cada clase de masa de agua identificada en el país. Por ejemplo, un río de montaña en una zona con precipitaciones anuales elevadas, o un acuífero de una litología determinada.
- Nivel de la masa de agua: un conjunto de objetivos fijados para cada masa de agua en cuestión.
- Nivel de la estación de monitoreo; valores objetivo específicos para las estaciones de monitoreo: Esto solo sería necesario en los casos en que la calidad natural del agua es altamente variable desde el punto de vista espacial. En estos casos, se aconseja que la masa de agua se divida en más unidades con una calidad de agua homogénea.

De hecho, combinar varios niveles en un mismo país puede ser adecuado. En algunos casos, puede resultar más eficaz definir un objetivo nacional en relación con determinados parámetros, mientras que, en otros, quizá es preferible establecer objetivos específicos para garantizar la protección de la calidad del agua. En la práctica, el nivel más específico que suele aplicarse es el correspondiente al tipo de masa de agua, pero puede haber casos en que se necesite un mayor grado de especificidad.

² Un sistema de categorización de las masas de agua basado en características como el tamaño de la cuenca, la geología subyacente, la altitud, el clima y la pendiente. El Marco para la Gestión de Ecosistemas de Agua Dulce (ONU Medio Ambiente, 2017) ofrece orientaciones específicas para definir las tipologías.

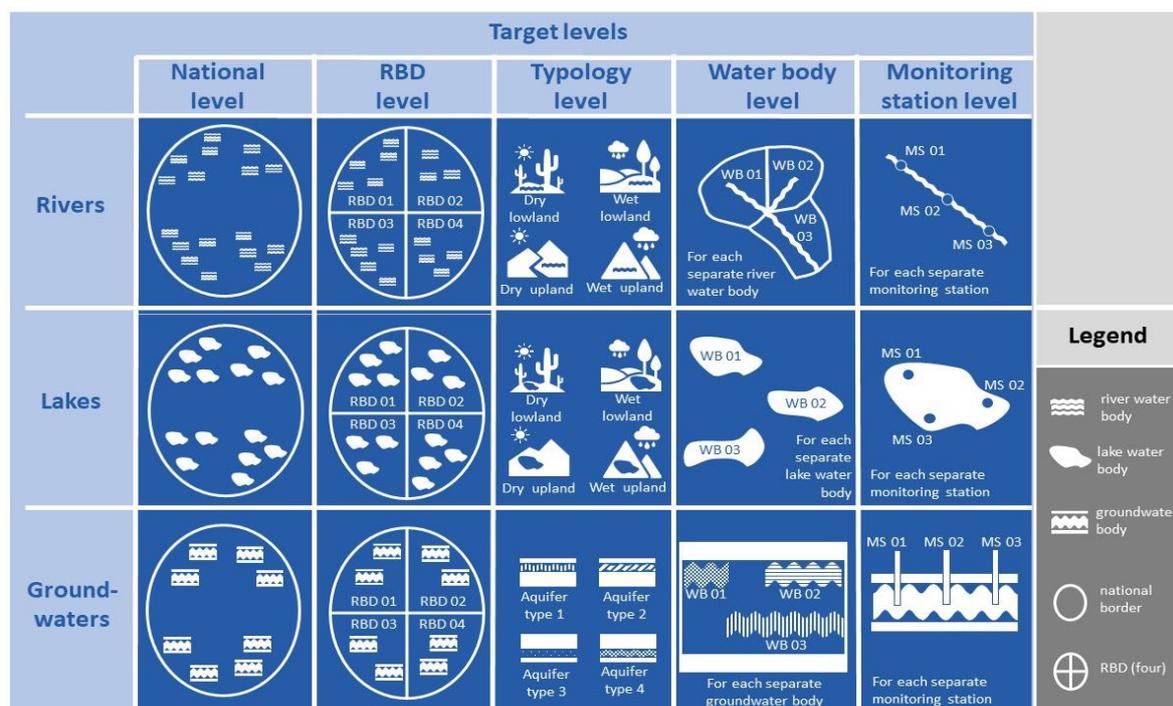


Figura 2: Ejemplo de distintos niveles de referencia específicos en masas de agua que pueden aplicarse a los niveles de monitoreo, desde los más genéricos a nivel nacional, hasta los más específicos, a nivel de estación de monitoreo.

La variación natural de las masas de agua significa que los valores objetivo de carácter local, más específicos, son más eficaces para proteger la calidad del agua que los objetivos más amplios de ámbito nacional. Los objetivos específicos son más sensibles a las diferencias locales en la calidad del agua. Por ejemplo, si la geología subyacente varía a lo largo del curso de un río, ello puede reflejarse en un aumento de las mediciones de la conductividad eléctrica (CE) a medida que el río pasa de las tierras altas a las bajas. Un valor objetivo de CE elevado pertinente para los puntos situados en las tierras bajas podría resultar inadecuado para los puntos de las tierras altas. El mejor modo de enfocar esta circunstancia sería establecer dos valores objetivo separados que reflejen los valores objetivo de CE, naturalmente diferentes: uno bajo para las masas de agua de las tierras altas y las estaciones de monitoreo, y otro más alto para los puntos en las tierras bajas. En la Tabla 2 se presenta un buen ejemplo de este enfoque. Este ejemplo del Consejo de Medio Ambiente y Conservación de Australia y Nueva Zelandia se ha extraído de las directrices de calidad del agua elaboradas en 2000 (CMZCANZ/CAGRANZ, 2000). Los dos países se dividieron en regiones geográficas amplias y luego se subdividieron en función de las zonas climáticas y las áreas administrativas. Dentro de cada área definida, se estableció un conjunto de valores objetivo predeterminados que pueden utilizarse en lugar de la información local específica. En la Tabla 2 se muestran los valores definidos para el sudeste de Australia.

Tabla 2: Valores por defecto de la calidad del agua para el sudeste de Australia para los cinco grupos de parámetros principales

Tipo de ecosistema	FT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	OD (% saturación)		pH		CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
			límite mínimo	límite máximo	límite mínimo	límite máximo	límite mínimo	límite máximo
Río de tierras altas (>150 m)	20	250	90	110	6.5	7.5	30 ^a	350 ^a
Río de tierras bajas	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 tierras altas variará dependiendo de la geología de la cuenca. En Victoria se observan valores bajos. Regiones alpinas (30 $\mu\text{S cm}^{-1}$), tierras altas orientales (55 $\mu\text{S cm}^{-1}$), valores altos (350 $\mu\text{S cm}^{-1}$) en los ríos de Nueva Gales del Sur. Los ríos de Tasmania son de rango medio (90 $\mu\text{S cm}^{-1}$).

^b Los ríos de tierras bajas pueden presentar una mayor conductividad durante los períodos de caudal bajo y cuando el sistema recibe entradas de aguas subterráneas salinas. En las tierras altas orientales de Victoria se observan valores bajos

(125 $\mu\text{S cm}^{-1}$) y en las tierras bajas occidentales y en las llanuras septentrionales se registran valores más altos (2200 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Los ríos costeros de Nueva Gales del Sur suelen oscilar en un rango de 200-300 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

^c La conductividad en los 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.

Fuente: CMZCANZ/CAGRANZ (2000).

En este enfoque se tomó como base la distribución estadística de los datos de referencia recopilados en cada una de las cinco regiones geográficas para los ecosistemas con perturbaciones leves a moderadas en relación con cada uno de los parámetros indicados. Se utilizaron los percentiles 80.^o y 20.^o de los datos de referencia para definir los valores indicados. Para obtener más detalles y una discusión completa de los métodos, véase CMZCANZ/CAGRANZ (2000).

El estado trófico natural de las aguas superficiales (Thomas y otros, 1996) es otro aspecto importante a la hora de establecer los valores objetivo. La eutrofización natural es un proceso que se prolonga durante siglos en los lagos y se caracteriza por el lento cambio de la productividad y el consiguiente aumento de la biomasa y los sedimentos. No debe confundirse con la eutrofización artificial o cultural inducida por las actividades humanas. Puesto que pocos son los lagos del mundo que carecen de fuentes antropogénicas y, en ausencia de datos sobre la calidad del agua previos a la perturbación, el mejor enfoque consiste en recurrir a la opinión de los expertos sobre el estado trófico natural de un lago. Para ilustrar el rango de los valores objetivo que podrían aplicarse a las aguas superficiales de diferentes estados tróficos, en la Tabla 3 se enumeran los diferentes rangos de fósforo total asociados a cada estado trófico en los lagos y ríos del Canadá (CCME, 2004).

Tabla 3: Ejemplo de clasificación de las aguas superficiales canadienses basado en las concentraciones totales de fósforo (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
Hipereutrófico	> 100

Fuente (CCME, 2004)

VALORES OBJETIVO OPCIONALES

Este apartado se elaboró atendiendo a las solicitudes de los países de proporcionar indicaciones detalladas sobre los valores objetivo a nivel mundial para cada uno de los grupos de parámetros básicos. En el presente apartado se reconoce que, si bien es posible definir valores numéricos que reflejen la buena calidad del agua a escala mundial, es poco probable que dichos valores resulten los más apropiados y es posible que no protejan la salud humana y la de los ecosistemas en los planos nacional o local. Al adoptar un enfoque de «talla única» no se reconoce la variación natural de la calidad del agua descrita anteriormente, si bien los objetivos opcionales que se ofrecen aquí pueden utilizarse a corto plazo, en ausencia de objetivos nacionales. Estos constituyen un punto de referencia con el que se pueden comparar los valores de los objetivos nacionales.

En este apartado se recomiendan rangos de valores objetivo para cada uno de los grupos de parámetros básicos. Estos rangos proceden de varias fuentes: del FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017), de otras jurisdicciones, y de artículos de revistas científicas. Animamos a los países que han establecido valores objetivo a que los comparen con estos rangos a fin de determinar si coinciden en general o si se desvían de ellos. Los países que actualmente no hayan fijado objetivos pueden adoptar estos valores a corto plazo hasta que dispongan de datos suficientes para generar objetivos más adecuados y, por lo tanto, más apropiados.

La proximidad de los objetivos informados por los países a estos valores objetivo opcionales proporcionará una visión más clara de los diferentes enfoques que los países han adoptado y de la flexibilidad de su clasificación de las masas de agua. Se prevé que la mayoría de los valores objetivo comunicados por los países se sitúen

dentro de estos valores opcionales o se aproximen a ellos, pero también se reconoce que, naturalmente, habrá excepciones. Podrá solicitarse a los países que proporcionen información adicional sobre los valores objetivo que hayan elegido durante el período de evaluación posterior a la recopilación de datos de 2021, a fin de comprender mejor los enfoques adoptados.

Tabla 4: Valores opcionales para los distintos tipos de masas de agua

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

Fuente: obtenido de varias fuentes (Figuras 3 a 9), véase el Anexo 1 para obtener más información

ESTADO DEL OXÍGENO

Durante la recopilación de datos de 2017, el **estado del oxígeno** solía medirse e informarse a partir del oxígeno disuelto. Las altas concentraciones de oxígeno disuelto (OD) son esenciales para que los ecosistemas acuáticos gocen de buena salud y preserven la respiración de toda la biota aeróbica. Se sugiere utilizar la demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO y DQO respectivamente) como alternativas dentro de este grupo de parámetros, si bien resultan más útiles para la clasificación de las aguas que reciben efluentes. Lo ideal es que la DBO se mida in situ utilizando un sensor de oxígeno, si bien existen métodos en los que el oxígeno de la muestra de agua se fija químicamente para su análisis en el laboratorio (Ballance, 1996).

Los niveles de OD fluctúan de forma natural en función de la temperatura, la salinidad y la actividad biológica. Las turbulencias en la superficie de un río, en los rápidos o en las cascadas pueden aumentar las concentraciones de oxígeno. La actividad fotosintética de la flora acuática y la respiración de los organismos acuáticos también puede afectar las concentraciones cotidianas y estacionales. Incluso una caída a corto plazo de la 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).

Los objetivos de OD rara vez se enumeran con miras al uso o al consumo humano, aunque los consumidores pueden informar de problemas relacionados con el sabor y el olor de 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 de los ecosistemas debido a su impacto en muchos procesos biológicos y químicos. El establecimiento de objetivos de saturación del 1 por ciento puede resultar más eficaz que las concentraciones (mg L^{-1}) debido a la influencia de la salinidad, la temperatura y la presión atmosférica en la concentración que se mide.

Comprender la gran influencia que ejerce la temperatura en la saturación del oxígeno en las aguas dulces es fundamental a la hora de establecer objetivos de OD. En la Tabla 5 se muestra el impacto de la temperatura en la saturación de oxígeno. La concentración de OD medida de 6,8 mg L^{-1} en el agua a 25 °C

equivale a una saturación del 82,4 por ciento, mientras que, en el agua más fría de 10 °C, esta misma concentración equivaldría a una saturación del 60,3 por ciento. En agua de 10 °C, la concentración de OD medida tendría que ser de 9,3 mg L⁻¹ para superar el 80 por ciento de saturación. El oxígeno disponible para la biota se determina a partir del porcentaje de la saturación, no de la concentración.

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

Concentración de OD medida (mg L ⁻¹)*	Temperatura del agua (°C)	Porcentaje de saturación (%)
6.8	25	82.4
6.8	10	60.3
9.3	10	82.5

* calculada usando una presión barométrica de 760 mm Hg y una conductividad eléctrica de 500 µS cm⁻¹

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

En la Figura 3 se muestran varios valores objetivo relativos al OD, en mg L⁻¹, de países situados en distintas regiones del mundo. También resume los valores informados durante la recopilación de datos de 2017 que se muestra como una mediana de los valores objetivo más bajos informados. Tenga en cuenta que Canadá aplica un objetivo de 6 mg L⁻¹ para las aguas cálidas y un objetivo de 9,5 mg L⁻¹ para las aguas frías (la definición de aguas cálidas y frías no se proporciona).

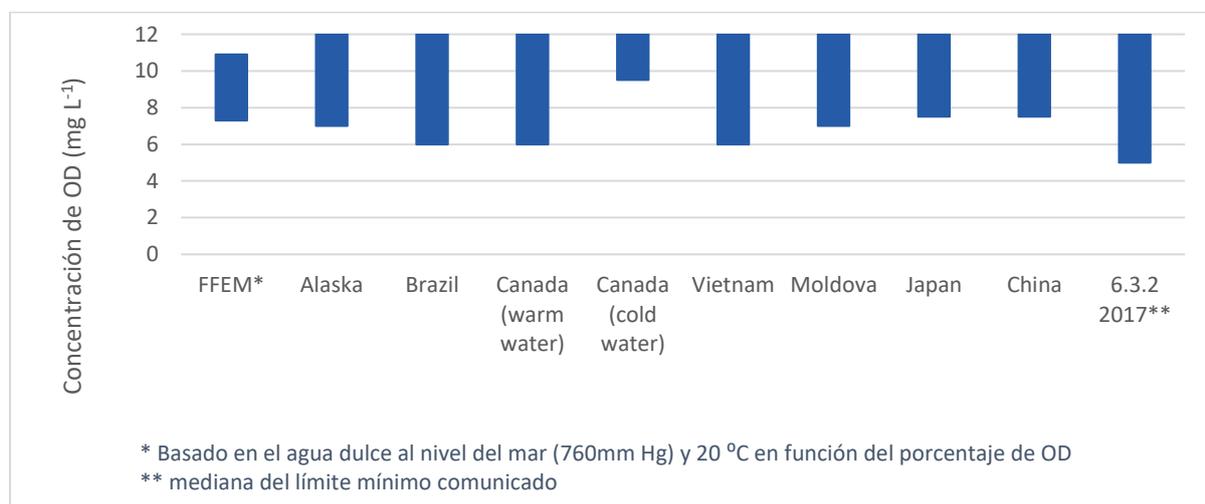


Figura 3: Ejemplos de objetivos de concentración de oxígeno disuelto utilizados en varios países y un resumen de los objetivos informados durante la recopilación de datos de 2017 (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

En la Figura 4 se muestran varios ejemplos de objetivos de saturación porcentual utilizados en distintas jurisdicciones y un resumen de aquellos utilizados durante la recopilación de datos de 2017. En la figura también se muestra un rango de objetivos opcionales de **saturación del 80 al 120 por ciento**. Este rango objetivo se ajusta al FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017).

El rango de OD sugerido con una saturación del 80 y 120 por ciento puede ser demasiado amplio para proteger las aguas prístinas. Es posible que puedan aplicarse rangos objetivo más estrictos sobre la base del examen de los datos históricos o a medida que se vayan recopilando datos a lo largo del tiempo.

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

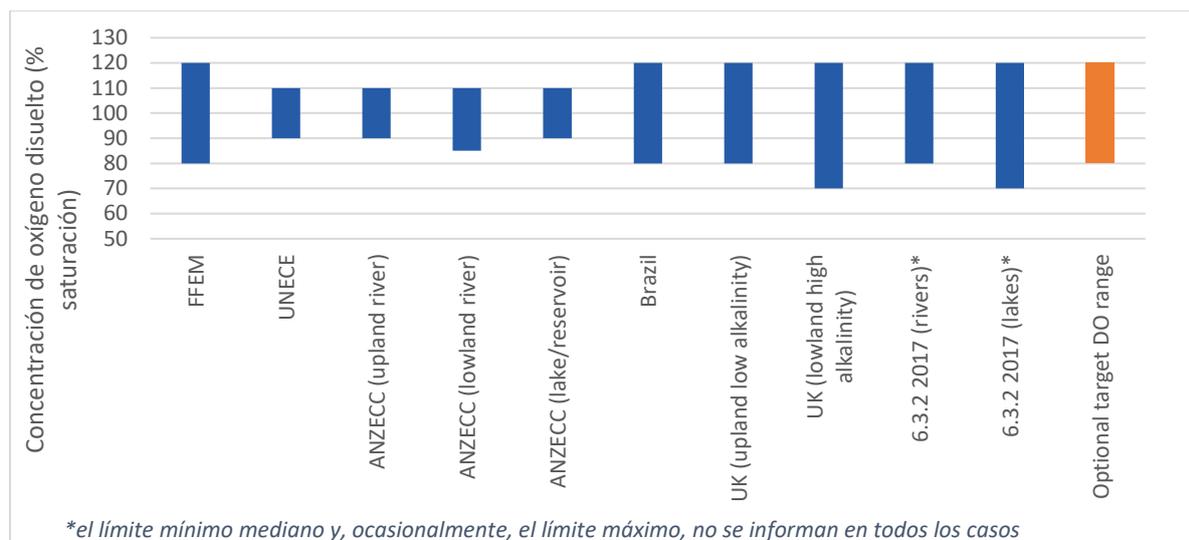


Figura 4: Ejemplos de objetivos de saturación porcentual de oxígeno utilizados en varios países, un resumen de los informados durante la recopilación de datos de 2017, y un rango sugerido (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

SALINIDAD

El parámetro más común del que se informó en 2017 correspondiente al grupo de parámetros de salinidad fue la conductividad eléctrica (CE). Los datos de conductividad eléctrica ayudan a describir una masa de agua, y los datos a largo plazo proporcionan información para determinar si la salinización es un problema. La salinización es especialmente importante en el caso de las masas de agua subterránea de las zonas costeras, donde la extracción excesiva puede dar lugar a la intrusión de agua salada. Además, la CE puede servir como sustituto de las descargas de efluentes que contienen compuestos iónicos, así como de otros aportes antropogénicos de fuentes agrícolas.

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

Existen muy pocos ejemplos de concentraciones de CE en las normas nacionales de calidad ambiental para las aguas ambientales. Ello obedece al amplio rango natural de concentraciones de CE en el cual los valores altos o bajos simplemente reflejan las características naturales de la cuenca de captación. Esto no está relacionado con el hecho de que una masa de agua sufra un impacto o no. Por esta razón, se desaconseja establecer un valor objetivo nacional para la CE y, en su lugar, se insta a los países a que fijen objetivos más específicos y a que consideren 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 por ciento respecto de la condición no afectada (MAHS, 1996). En la Plataforma de Asistencia del Indicador 6.3.2 podrá consultar un estudio de caso más reciente y detallado.

Durante la recopilación de datos de 2017, los valores objetivo de la CE informados variaron notablemente, y algunos países optaron por informar sobre los sólidos disueltos totales (SDT) en lugar de la CE. Estos dos parámetros están relacionados, y puede obtenerse una correlación entre ambos multiplicando la EC por un valor entre 0,55 y 0,75, si bien este factor es específico de cada masa de agua (Chapman y Kimstach, 1996).

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

Ante la falta de datos suficientes, se propone un objetivo inferior a $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ para la conductividad eléctrica.

Es preferible y aconsejable que se definan objetivos más específicos aplicando un rango entre los percentiles 10.^o y 90.^o respecto de un periodo o lugar de monitoreo de referencia.

NITRÓGENO

El nitrógeno es un nutriente esencial para la vida acuática, pero los aportes de fuentes antropogénicas por encima de los niveles naturales pueden repercutir negativamente en los ecosistemas de agua dulce. Ciertas formas de nitrógeno también pueden tener efectos tóxicos directos sobre las especies, como concentraciones muy bajas de amoníaco sobre los peces de agua dulce (Ip y otros, 2001)

Para cumplir con los requisitos informativos del grupo de parámetros de nitrógeno, los países pueden optar por informar sobre cualquier tipo de nitrógeno que exista en las aguas dulces, como el inorgánico, el orgánico, en partículas o el disuelto. Todas estas formas pueden monitorearse por separado o, alternativamente, informarse como nitrógeno total (NT) u otras formas combinadas como el nitrógeno Kjeldahl (NT menos nitrato y nitrito).

El nitrógeno inorgánico existe en diversos estados de oxidación como el nitrato, el nitrito, el amoníaco y el nitrógeno molecular, y sufre numerosas conversiones biológicas y no biológicas en el marco de su ciclo. La forma del nitrógeno que se elija para realizar el monitoreo depende de los objetivos del programa de monitoreo, pero en la metodología se recomienda utilizar el nitrógeno oxidado total (NOT) 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 NOT en las aguas superficiales comprende menos del 1 por ciento del total, por lo que, a efectos prácticos, el NOT y el nitrato son lo mismo. Se dispone de equipos para monitorear el NOT in situ, pero el análisis de las muestras en un laboratorio proporciona una mayor precisión y exactitud.

Muchas jurisdicciones monitorean el NT y a menudo se incluye en las directrices sobre calidad del agua ambiental porque permite obtener la concentración total de todas las formas de nitrógeno en una sola muestra. Esto brinda información sobre el balance total de nitrógeno de los sistemas acuáticos. El inconveniente es que el NT es más difícil de medir analíticamente que las formas inorgánicas disueltas.

En las Figuras 5 y 6 se muestran las distintas concentraciones de NT y de nitrógeno oxidado que se utilizan en los países seleccionados.

El valor objetivo opcional del NT es de $700 \mu\text{g N L}^{-1}$ para los ríos y $500 \mu\text{g N L}^{-1}$ para los lagos. El del NOT es de $250 \mu\text{g N L}^{-1}$ para ríos y lagos

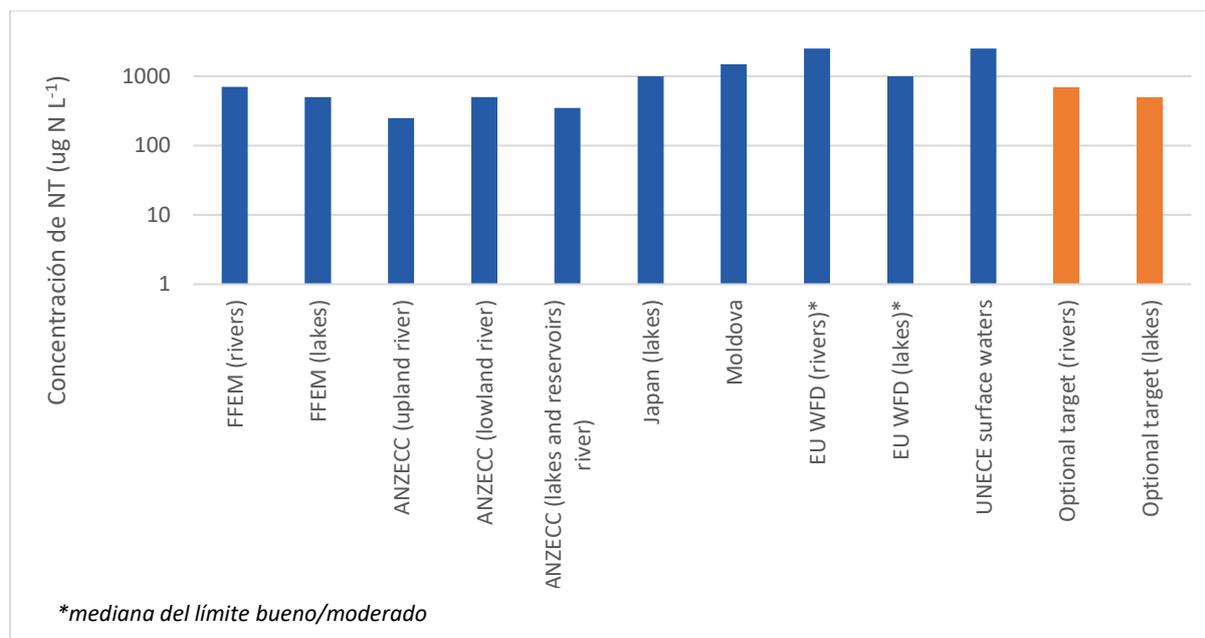


Figura 5: Ejemplos de objetivos de concentración de nitrógeno total utilizados en distintos países (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

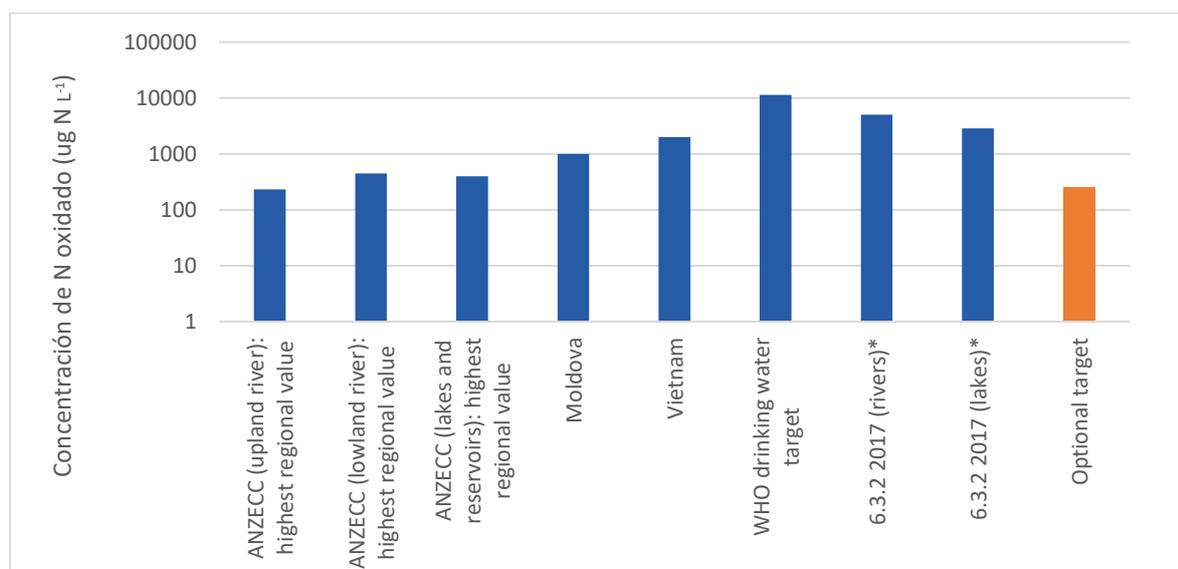


Figura 6: Ejemplos de objetivos de concentración de nitrógeno oxidado utilizados en distintos países y un resumen de aquellos informados durante la recopilación de datos de 2017 (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

FÓSFORO

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

En la mayoría de los ecosistemas de agua dulce que se hallan en estado natural o casi natural, el fósforo suele ser el nutriente limitante de la productividad primaria. En esos sistemas, basta un pequeño aumento de la concentración de fósforo para que se produzca un incremento espectacular del crecimiento de las algas,

mientras que un aumento similar de la concentración de nitrógeno por sí solo posiblemente no produciría el mismo efecto.

En cuanto a la recopilación de datos de los indicadores, el ortofosfato (OP) es la forma del fósforo más sencilla de medir. Existen varios tipos de equipos de ensayo sobre el terreno, pero en el laboratorio es donde se logra una mayor precisión y los mayores límites de detección. Las concentraciones de fósforo en una muestra pueden cambiar con el tiempo si la muestra no se fija, por lo que, para evitar cambios en las formas del fósforo, se sugiere que las muestras se analicen en un plazo de 24 horas.

Muchas jurisdicciones han incorporado el fósforo total (FT) en sus programas de monitoreo. El fósforo total incluye todas las formas del fósforo presentes en una muestra. Se mide convirtiéndolas en formas inorgánicas a través de un proceso de digestión química a alta presión y temperatura, cuya medición se realiza posteriormente. La cantidad total de fósforo contenida en una muestra puede indicar los posibles impactos a largo plazo del fósforo ligado a las partículas que pueden asentarse como sedimento, y que luego sirven como fuente de fósforo si vuelven a movilizarse en el futuro.

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

Los objetivos opcionales para el FT mostrados en la Figura 7 surgen del trabajo del FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017).

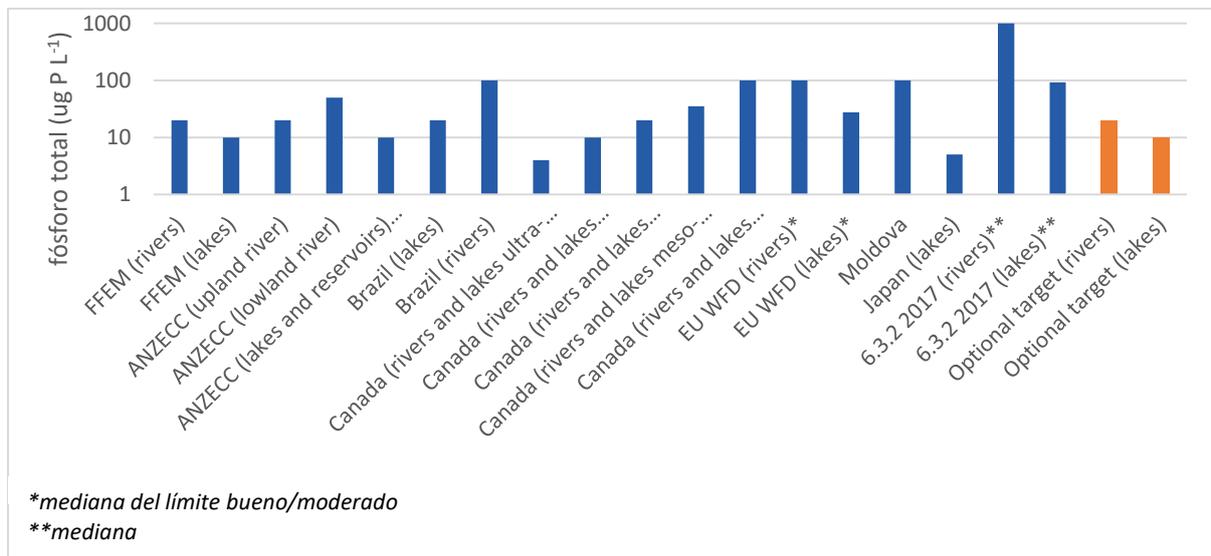


Figura 7: Ejemplos de objetivos de concentración de fósforo utilizados en distintos países y un resumen de aquellos informados durante la recopilación de datos de 2017 (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

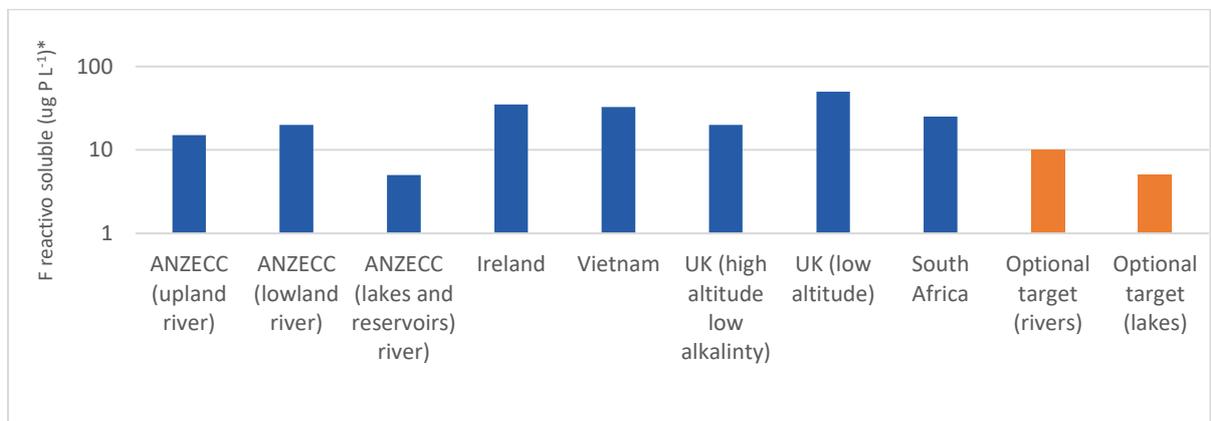


Figura 8: Ejemplos de objetivos de concentración de fosfatos reactivos solubles utilizados en distintos países (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

ACIDIFICACIÓN

Por lo general, se informa del grupo de parámetros de la **acidificación** utilizando el parámetro del pH. El pH es uno de los parámetros de calidad del agua ambiental que más se mide debido a su influencia en numerosos procesos biológicos y químicos. Consiste en la medición de la actividad del ion hidrógeno en el agua. La medición del pH es útil pues ayuda a caracterizar la masa de agua y proporciona información a lo largo del tiempo para determinar si una masa de agua esta acidificada. La deposición atmosférica de compuestos que contienen azufre y nitrógeno puede ocasionar la acidificación de las aguas superficiales. Esto es motivo de preocupación en las zonas en que la combustión de combustibles fósiles por fuentes industriales y domésticas es elevada. Las fuentes puntuales de contaminación, como los efluentes industriales o el drenaje ácido de las minas, también pueden provocar una acidificación detectable de las aguas dulces. La acidificación puede ser motivo de gran preocupación en las masas de agua de las zonas en que la capacidad de amortiguación es baja, por ejemplo, en las zonas en que el agua presenta una dureza y una alcalinidad bajas de forma natural.

La mayoría de las aguas dulces son, por naturaleza, casi neutras (pH 7); sin embargo, también pueden ser ácidas de forma natural en la parte inferior de las 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 debido a los cambios en las condiciones hidrológicas. El grado en que el pH puede variar en una masa de agua determinada puede comprenderse mejor a partir del análisis de conjuntos de datos a largo plazo que incluyen datos recopilados durante condiciones de flujo alto y bajo. Esto ayudará a definir lo que es «normal» en la masa de agua.

En la Figura 9 se resumen los rangos objetivo del pH utilizados en diversas jurisdicciones para proteger los ecosistemas y la vida acuática. También se muestra el rango de pH sugerido por el FFEM (ONU Medio Ambiente, 2017), un resumen de los valores de los que se informó 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.

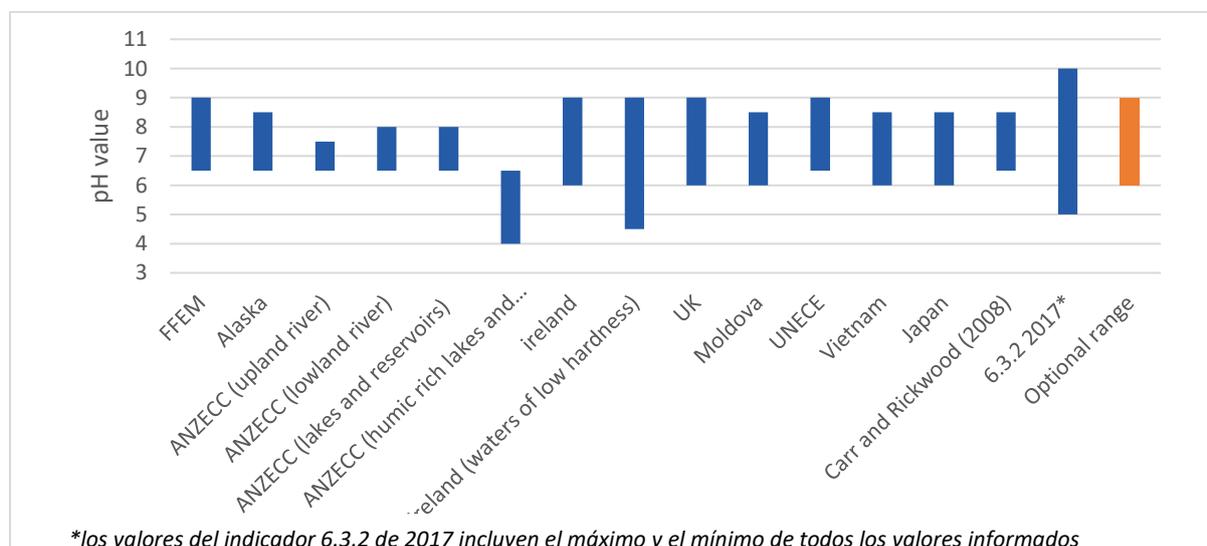


Figura 9: Ejemplos de objetivos fijados para el pH. Cada columna representa los objetivos máximos y mínimos de cada jurisdicción/marco (Fuente: datos procedentes de múltiples fuentes, véase el Anexo 1)

El rango de pH que se sugiere, de **6,0 a 9,0**, puede ser demasiado amplio, o demasiado restrictivo, para aplicarlo a nivel nacional y puede ser justificable adaptarlo a las circunstancias locales. En los casos en que la calidad del agua puede caer sistemáticamente por debajo de este nivel (por ejemplo, cuando se sabe que las aguas son levemente duras y, por lo tanto, su capacidad de amortiguación es baja), se producen cambios mensurables 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 valores de pH bajos de forma natural (Ministerio de Medio Ambiente, 2009).

El rango objetivo opcional del pH oscila entre 6,0 y 9,0

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

La metodología del indicador 6.3.2 de los ODS propone que cada valor medido se compare con su objetivo correspondiente. Existen otros enfoques que contemplan comparar la media anual, el máximo, la mediana o los percentiles altos (percentiles 90.º – 95.º) con un objetivo. Esto debe tenerse en cuenta a la hora de examinar los valores objetivo del indicador 6.3.2 de los ODS y las normas de calidad del agua utilizadas en las diferentes jurisdicciones. Por ejemplo, la concentración de referencia de 35 µg P L-1 del fósforo reactivo soluble para que un río sea clasificado de «buen estado» que se indica en la Figura 8, debe aplicarse a los datos medios recopilados durante un período de 12 meses (Ministerio de Medio Ambiente, 2009). La comparación con las medias y los percentiles es útil si se dispone de datos suficientes, pero en muchas partes del mundo no es así. Al comparar cada valor individual con su objetivo, la metodología puede aplicarse aún con muy pocos registros de datos.

El enfoque por valores está diseñado para ser un modelo inclusivo y garantiza que los países con escasos recursos asignados para recopilar datos de monitoreo no se desanimen de informar. También identifica los ámbitos en los que es necesario reforzar el monitoreo ambiental a nivel nacional y sirve como instrumento para determinar los aspectos en los que sería beneficioso contar con recursos para el desarrollo de capacidades. En la metodología se estipulan los requisitos mínimos de datos (cuatro mediciones anuales para las aguas superficiales y una para las aguas subterráneas en un período de tres años), pero se anima a los países a que reúnan datos con mayor frecuencia cuando los recursos lo permitan. A las clasificaciones del estado de las masas de agua que se realizan utilizando una cantidad de datos inferior a la mínima requerida se les asigna una «índice de fiabilidad» más bajo cuando el PNUMA analiza los informes recibidos, para asegurar que quede claro en qué casos las clasificaciones se han realizado utilizando pocos registros de datos.

Los países que reúnen datos con mayor frecuencia que el mínimo requerido pueden optar por adoptar uno de los otros métodos de clasificación, pero, con miras a mantener su comparabilidad a nivel global, se les anima a que utilicen el enfoque por valores. Los países que cuentan con registros de datos extensos pueden, y una comprensión profunda [sic]

RESUMEN

Los valores objetivo son fundamentales para la metodología del indicador de los ODS, que proporciona un método sencillo de clasificación de las masas de agua. Una limitación del enfoque radica en que la clasificación que se asigna depende en gran medida de la elección del valor objetivo utilizado. La puntuación del indicador de la que se informa podría ser más positiva o negativa de lo que es en realidad. Conforme se vaya recopilando información a lo largo del tiempo, los objetivos pueden perfeccionarse y aplicarse retrospectivamente a los datos históricos a fin de garantizar que se utilice la información más actualizada para clasificar las masas de agua y calcular la puntuación del indicador.

Los valores objetivo opcionales sugeridos en el presente proporcionan un punto de partida para los países que deseen establecer nuevos objetivos y un punto de referencia con el que comparar los objetivos existentes. Si bien se basan en ejemplos globales y en la bibliografía científica publicada, su valor en cada contexto nacional solo puede ser definido por cada país.

El PNUMA registra los objetivos que se utilizan para presentar los informes sobre los indicadores. Se solicita a los países que presenten esta información junto con la puntuación del indicador. Esto permite que el PNUMA realice un seguimiento de los diferentes enfoques utilizados por los países y evalúe su comparabilidad.

Los esfuerzos por establecer valores objetivo más específicos propiciarán, con el tiempo, una clasificación más sólida de las masas de agua y, posteriormente, una asignación más eficiente de los recursos para mejorar la calidad del agua. Ello permitirá comprender de manera más clara y fiable qué masas de agua están 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). Disponible en: <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. Disponible en: <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: Disponible en <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. Disponible en: <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. Disponible en: <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. Disponible en: 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, Disponible en: <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). Disponible en: https://www.codeofchina.com/standard/GB3838-2002.html?gclid=EAlaIqobChMzLX8l5uX5wIVCbTtCh3lwAalEAAYASAAEgJW6vD_BwE
- Minister for the Environment, 2009 *S.I. No. 272 of 2009 European Communities Environmental Objectives (Surface Waters) Regulations 2009*. Stationery Office, Dublin. Disponible en: <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). Disponible en: <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. Disponible en: <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. Disponible en: <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. Disponible en: <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. Disponible en: 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 LOS DOCUMENTOS FUENTE Y DE LAS REFERENCIAS UTILIZADAS EN LAS FIGURAS 3 - 9

País/ Documento	Cifra							Referencia
	3	4	5	6	7	8	9	
Alaska	•						•	Departamento de Conservación Ambiental (2016)
Australia / Nueva Zelanda		•	•	•	•	•	•	CMZCANZ/CAGRANZ (2000)
Brasil	•	•				•		Resolución de Brasil CONAMA 357 (2005)
Canadá	•					•		CCMMA (2004)
China	•							MPARPC (2002)
DMA UE			•		•			Poikane y otros (2019)
Irlanda						•	•	Ministerio de Medio Ambiente (2009)
Japón	•		•		•		•	MMAGJ (1997)
Moldavia	•		•	•	•		•	OCDE (2007)
FFEM	•	•	•		•		•	ONU Medio Ambiente (2017)
Sudr�frica						•		MAHS (1996)
CEPE		•	•				•	CEPE (1994)
Reino Unido		•				•	•	GAT DMA RU (2008)
Vietnam	•			•		•	•	MRNMA (2015)
Organizaci3n Mundial de la Salud				•				OMS (2017)

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

A continuaci3n, se presenta un ejemplo práctico que muestra el modo en que pueden utilizarse los datos de un período o un lugar de referencia para clasificar una estaci3n de monitoreo. Los lugares de monitoreo que no han sufrido un impacto, relativamente libres de factores de presi3n 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 «de referencia».

En la Figura 10 a continuaci3n se muestra un ejemplo del modo en que los datos recopilados sobre un período o un lugar de referencia pueden utilizarse para ayudar a definir los valores objetivo. En este ejemplo, los datos de referencia se utilizaron para calcular los valores de la mediana y los percentiles 10.º y 90.º. Los percentiles 10.º y 90.º definen los extremos inferior y superior del rango objetivo, respectivamente, y representan las «condiciones de referencia» para la concentraci3n de conductividad eléctrica (CE). Cualquier medici3n que se desvíe fuera de este rango no cumpliría este objetivo. En este ejemplo, el percentil 10.º es 410 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y el 90 es 542,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Estos valores, según se indica en la Figura 10, se trazan en forma de líneas horizontales tanto para el período de referencia como el de clasificaci3n.

El período de referencia podría consistir en un período de tiempo en el que se sabe que la masa de agua a estudiar no está sujeta a la influencia humana o, alternativamente, en el que se sabe que una masa de agua diferente, susceptible de ser comparada en términos de geología, ubicaci3n y clima, no se ve afectada por la influencia humana de forma significativa.

La metodología del indicador establece que el 80 % o más de los valores medidos deben cumplir con el objetivo a fin de clasificar la masa de agua como «buena». Si los valores de CE de este ejemplo no varían con el tiempo y los valores medidos no se desvían, la masa de agua se clasificar  sistemáticamente como «buena» porque estadísticamente el 80 % de los datos se situará entre los percentiles 10.º y 90.º.

Se necesita disponer de datos obtenidos, como mínimo, durante un año para determinar los valores objetivo a partir de muestras de agua recopiladas durante diferentes estaciones y regímenes hidrológicos. Se recomienda un **mínimo de veinte puntos de referencia**, si bien podría fijarse un objetivo más sólido desde el punto de vista estadístico si se utilizara un mayor número de valores objetivo. En este ejemplo se utilizaron mediciones mensuales durante un período de cuatro años (48 mediciones).

En este ejemplo, los datos de clasificación representan el monitoreo a lo largo de 12 años, lo que equivale a cuatro ciclos discretos de informes del indicador de los ODS 6 de tres años. Durante este período de 12 años los datos muestran un aumento gradual de las concentraciones de CE, que luego vuelven a disminuir. La aplicación del método de clasificación de los indicadores a estos datos de CE únicamente daría lugar a una clasificación de «buena» para el primer trienio, seguida de dos períodos de clasificación de «no buena» y una clasificación final de «buena» (Figura 10). La vuelta a una clasificación de «buena» puede obedecer a una acción de gestión para invertir la tendencia ascendente. En una situación real, existen, por supuesto, muchos factores que contribuyen a esa tendencia, pero este sencillo ejemplo muestra cómo los datos de referencia pueden utilizarse para definir objetivos significativos y específicos.

Se han publicado algunos ejemplos exhaustivos acerca de la derivación de los objetivos nacionales y las directrices (p. ej., CMZCANZ y CAGRANZ, 2000) se han cotejado en la Plataforma de Asistencia del Indicador 6.3.2.

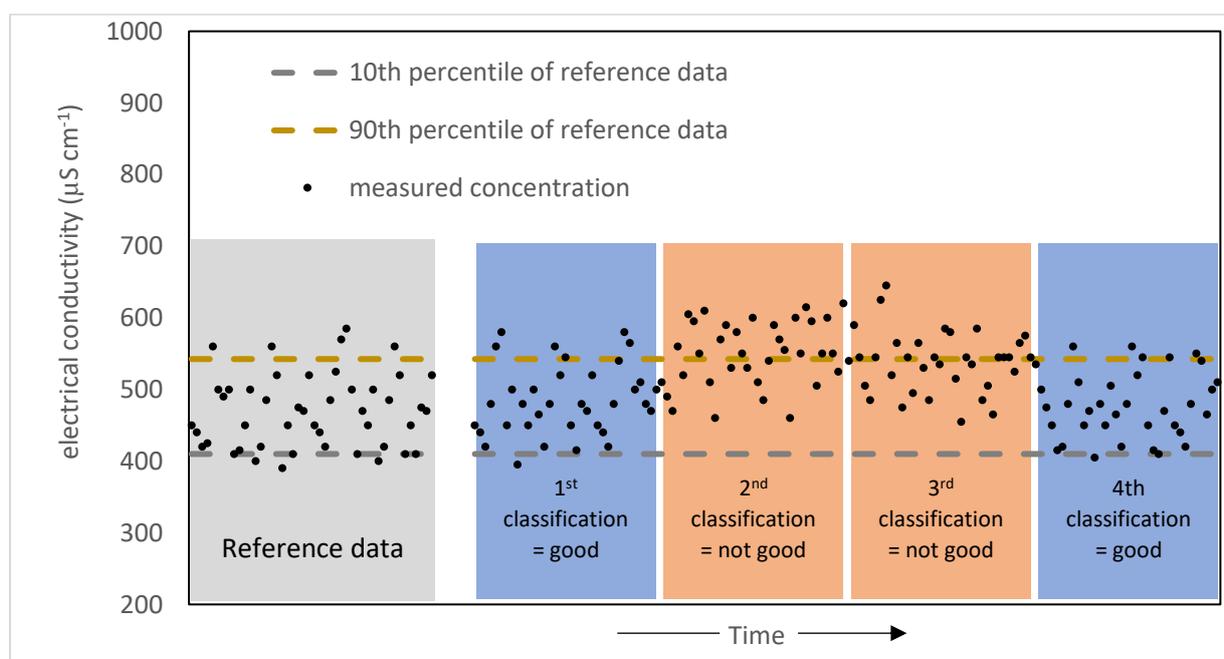


Figura 10: Ejemplo de cómo pueden utilizarse los datos de un período o un lugar de referencia para definir los rangos objetivo superiores e inferiores para clasificar la calidad del agua.