

Última actualización: 2023-12-15

Información del indicador

Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible

Meta 14.3: Minimizar y abordar los efectos de la acidificación de los océanos, incluso mediante una mayor cooperación científica a todos los niveles

Indicador 14.3.1: Acidez marina media (pH) medida en un conjunto acordado de estaciones de muestreo representativas

Serie

- Acidez marina media (pH) medida en un conjunto acordado de estaciones de muestreo representativas [14.3.1]

Indicadores relacionados

14.a.1 Aumentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina, teniendo en cuenta los Criterios y directrices de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental sobre la transferencia de tecnología marina, a fin de mejorar la salud de los océanos y aumentar la contribución de la diversidad biológica marina al desarrollo de los países en desarrollo, en particular los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados

Organización(es) internacional(es) responsable(s) de la vigilancia mundial

Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO

Informador de datos

Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO

Definición, conceptos y clasificaciones

Definiciones:

La acidificación de los océanos es la disminución del pH del agua de mar durante un período prolongado, generalmente de décadas o más, que es causada principalmente por la absorción de dióxido de carbono de la atmósfera¹.

Este indicador se basa en observaciones que limitan el sistema de carbono oceánico y que son necesarias para describir la variabilidad de la acidez oceánica. El sistema de carbono en este contexto se refiere principalmente a los cuatro parámetros medibles: pH (la concentración de iones de hidrógeno en una escala logarítmica), DIC (CT; carbono inorgánico disuelto total), pCO_2 (presión parcial de dióxido de carbono) y TA (AT, alcalinidad total). El promedio, tal como se usa aquí, es la media anual igualmente ponderada.

Un conjunto acordado de estaciones de muestreo representativas son sitios que tienen una frecuencia de medición adecuada para describir la variabilidad y las tendencias en la química de los carbonatos con el fin de proporcionar información crítica sobre la exposición y los impactos de la acidificación de los océanos en los sistemas marinos, y que proporcionan datos de calidad suficiente y con información de metadatos completa para permitir la integración con datos de otros sitios en el país.

Conceptos:

La acidificación de los océanos es causada por un aumento en la cantidad de CO_2 atmosférico disuelto en el agua de mar. La acidez marina media se expresa como pH, la concentración de iones de hidrógeno en una escala logarítmica. Para poder restringir la química de carbonatos del agua de mar, es necesario medir al menos dos de los cuatro parámetros, es decir, pH, pCO_2 , DIC (CT) y TA (AT). pH (la concentración de iones de hidrógeno en una escala logarítmica, expresada en escala total), DIC (carbono inorgánico disuelto total, en $\mu\text{mol kg}^{-1}$), pCO_2 (presión parcial de dióxido de carbono, en ppt o μatm) y TA (AT, alcalinidad total, en $\mu\text{mol kg}^{-1}$).

Unidad de medida

pH en escala total y/o pCO_2 [μatm o ppt], DIC [$\mu\text{mol kg}^{-1}$], TA [$\mu\text{mol kg}^{-1}$]

¹NOAA. ¿Qué es la acidificación de los océanos? Sitio web del Servicio Oceánico [Nacional](https://oceanservice.noaa.gov/facts/acidification.html) <https://oceanservice.noaa.gov/facts/acidification.html>, 25/06/18

Clasificaciones

La metodología del indicador 14.3.1 de los ODS fue aprobada por los Estados Miembros de la COI en su quincuagésima primera reunión del Consejo Ejecutivo de la COI (IOC/EC-LI/2 Anexo 6 rev). En noviembre de 2018, el Grupo Interinstitucional y de Expertos de las Naciones Unidas sobre los indicadores de los ODS (IAEG-ODS) elevó el indicador 14.3.1 de los ODS al Nivel II. Además, la metodología fue aprobada por la comunidad como una Mejor Práctica Oceánica (<http://dx.doi.org/10.25607/OBP-655>).

Tipo de fuente de datos y método de recopilación de datos

El proceso general de acopio de datos de la COI se describe en el documento [IOC-XXIX/2Anexo 14](#).

La novedad de evaluar la acidificación de los océanos a nivel mundial, como en el indicador 14.3.1, exige que la Secretaría de la COI reúna los datos por diferentes vías. Las recopilaciones de datos son una combinación de:

- solicitudes directas a las Oficinas Nacionales de Estadística (ONE), ya que se han instalado nuevos mecanismos nacionales de notificación que les permiten proporcionar la información requerida (a partir de la recopilación de datos de 2021),
- solicitudes anuales a los coordinadores nacionales de la COI,
- colaboración con los Centros Nacionales de Datos Oceanográficos, los Centros de Datos
- directamente con los proveedores de datos a través del portal de datos GOA-ON (figura 1).

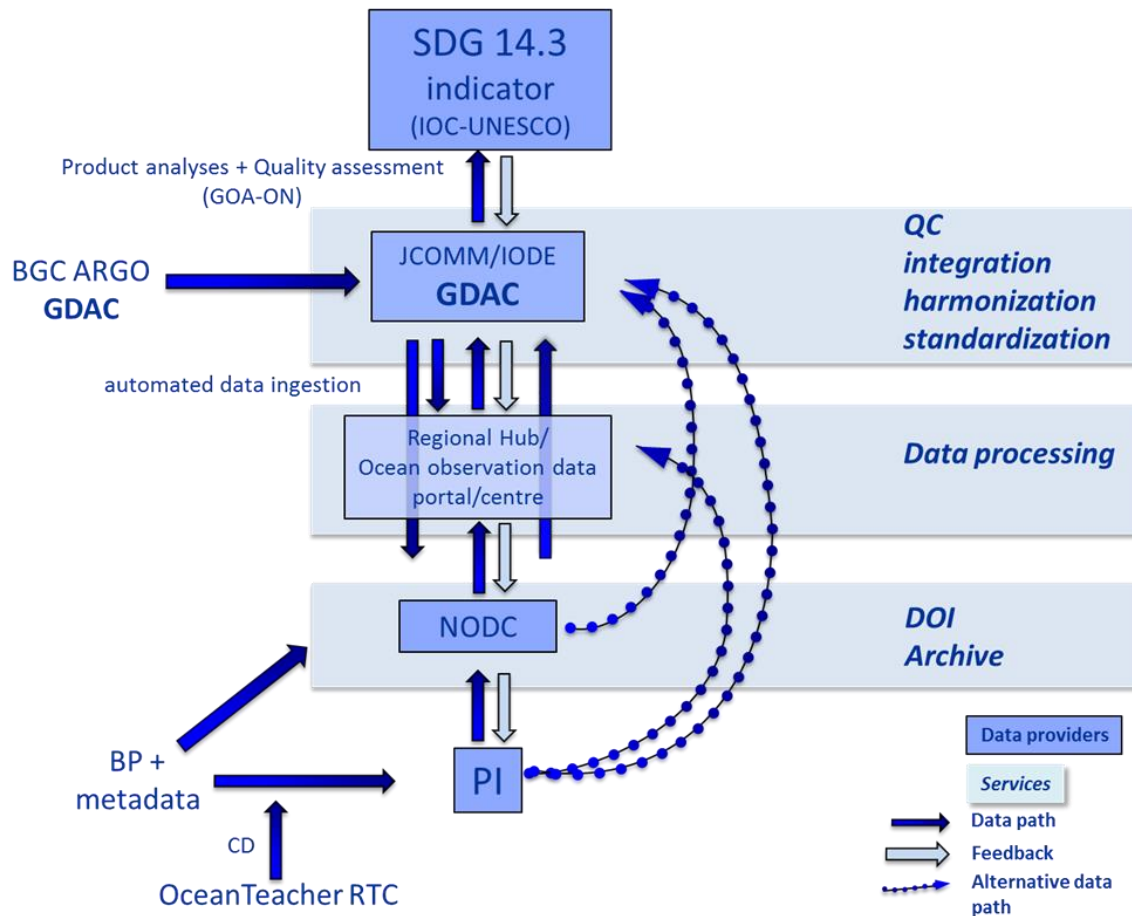


Figura 1. Esquema para ilustrar el proceso propuesto de recopilación y publicación de datos en relación con las contribuciones nacionales de datos relacionados con 14.3.1 (ODS: Objetivo de Desarrollo Sostenible; COI-UNESCO: Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO; GOA-ON: Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos; JCOMM: Comisión Técnica Mixta OMM-COI de Oceanografía y Meteorología Marina; OMM: Asociación Meteorológica Mundial; IODE: Intercambio internacional de datos e información oceanográficos de la COI UNESCO; GDAC: Centro Global de Ensamblaje de Datos; BGC ARGO: Flotadores biogeoquímicos Argo; Control de calidad: Control de calidad; NODC: Centro Nacional de Datos Oceanográficos; DOI: Identificador de Objeto Digital; BP: Mejores prácticas; CD: Desarrollo de Capacidades; IP: Investigador Principal; RTC: Centro Regional de Formación).

También se consultarán las actividades científicas mundiales ([GO-SHIP](#), [SOCAT](#), [SMOC](#)) que albergan y presentan datos de diversas actividades de observación de los océanos y/o se centran en la recopilación de mediciones en aguas internacionales para obtener conjuntos de datos anuales o, más probablemente, plurianuales que representen la situación y el cambio de las variables de acidificación de los océanos en alta mar.

El proceso de acopio de datos se lleva a cabo en estrecha colaboración con la Oficina de Proyectos de la COI para el IODE Oostende (Bélgica) y los proveedores de datos y archivos nacionales pertinentes, el portal de datos GOA-ON y entidades como la parte de química marina de la Red Europea de Observación y Datos Marinos (EMODnet). Desde 2019, la COI invita a todos los proveedores de datos a utilizar el Portal de Datos (<http://oa.iode.org>) del ODS 14.3.1, recientemente establecido. Este Portal de Datos del ODS 14.3.1 es una herramienta para la presentación, recopilación, validación, almacenamiento e intercambio de datos y metadatos sobre la acidificación de los océanos presentados en relación con el Indicador del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14.3.1: Acidez marina media (pH) medida en un conjunto acordado de estaciones de muestreo representativas. Además de permitir el envío directo de metadatos y datos, el portal proporciona además el texto completo de la metodología de indicadores del ODS 14.3.1, la plantilla de datos, la plantilla de metadatos y el archivo de instrucciones de metadatos. Desde 2020, una sección de preguntas frecuentes recientemente desarrollada facilita el suministro de datos 14.3.1. La COI está elaborando un sistema de datos federados para recopilar automáticamente datos de otras bases de datos y repositorios pertinentes sobre el carbono oceánico en la base de datos de indicadores del ODS 14.3.1.

Además, el [portal de datos GOA-ON](#) cuenta con datos de acceso abierto, además de un inventario de activos de seguimiento global. El portal está diseñado para ofrecer dos niveles de acceso: 1) visualización y 2) capacidades de descarga. La combinación de diferentes conjuntos de datos de libre acceso puede proporcionar incentivos para crear nuevos sistemas de observación en zonas con un muestreo insuficiente y aumentar la aplicación de políticas de datos de libre acceso en todo el mundo, de conformidad con los Criterios y directrices de la COI para la transferencia de tecnología marina (2005) en el futuro.

Además, el sitio web de GOA-ON alberga una serie de páginas dedicadas a la metodología del ODS 14.3.1: http://goa-on.org/sdg_14.3.1/sdg_14.3.1.php.

Método de recogida de datos

Las contrapartes oficiales son los puntos focales del COI. La COI se pone en contacto con ellos, así como con los Centros Nacionales de Datos Oceanográficos (NODD), para solicitar los datos pertinentes a los centros nacionales de datos oceanográficos apropiados y/o a los científicos, organismos o programas pertinentes. Se envía una solicitud anual de presentación de datos a través de cartas circulares de la COI directamente a los Estados miembros solicitando los datos y metadatos respectivos (a través de la carta circular [2792](#) en 2019, la carta circular [2815](#) en 2020 y la carta circular [2859](#) en 2021). Las nuevas actualizaciones y la inclusión de nuevas funciones en el portal de datos del ODS 14.3.1 que se desarrollará en 2022 facilitarán la colaboración con otros centros de datos de carbono oceánico y plataformas de datos biogeoquímicos existentes.

Además, la COI se beneficia de las contribuciones directas de los científicos especializados en acidificación de los océanos organizados en el marco de la Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos (GOA-ON) al portal de datos del ODS 14.3.1.

Se anima a todos los contribuyentes de datos al ODS 14.3.1 a leer y seguir los procedimientos operativos estándar proporcionados en Dickson et al. 2007. Este documento cubre la química del carbono oceánico, las técnicas de manejo de muestras, los procedimientos de garantía de calidad, el uso de Materiales de Referencia Certificados (CRM) y los Procedimientos Operativos Estándar (SOP) para el muestreo discreto de pH, pCO_2 , TA y DIC. También se anima a los contribuyentes de datos a leer la Guía de Mejores Prácticas en la Investigación de la Acidificación de los Océanos y la Presentación de Datos, que se centra en las mejores prácticas para experimentos de laboratorio, pero también incluye antecedentes sobre la química del carbono (Riebesell et al. 2010). En el caso de los entornos costeros, que pueden estar sujetos a una gran variabilidad y a una serie de influencias, como los aportes de nutrientes y agua dulce, aquí se pueden encontrar directrices para la medición del pH y la química de los carbonatos (Pimenta y Grear 2018).

Todos los datos presentados al ODS 14.3.1 deben incluir una estimación de la incertidumbre de medición en los metadatos. Los sensores autónomos de pH y pCO_2 requieren calibración y mantenimiento para validar el rendimiento del sensor e identificar la deriva o el mal funcionamiento del sensor. Siempre que sea posible, el análisis de muestras discretas de botellas analizadas para el pH, la CID o la TA recogidas junto a los sensores puede utilizarse para calcular el pH y la pCO_2 .

Todos los conjuntos de datos sobre la acidez de los océanos presentados en el ODS 14.3.1 también deben incluir la temperatura asociada (in situ [y la temperatura de medición si es diferente de in situ]), la salinidad y la presión (profundidad de muestreo). Si se presentan valores de pH, todos los valores de pH deben estar en la escala total (Dickson et al. 2007).

Calendario de recogida de datos

Los conjuntos de datos nacionales deben presentarse anualmente (como mínimo), a petición de las Circulares de la COI. Sin embargo, se invita a los expertos, a los coordinadores nacionales de los Estados Miembros y a los países noventa a presentar datos a lo largo del año a través del portal de datos del ODS 14.3.1. La invitación a través de una Carta Circular se enviará durante el segundo semestre de cada año.

Calendario de publicación de datos

Los datos se publican en febrero de cada año.

Proveedores de datos

El proceso general de acopio de datos de la COI se describe en el documento IOC-XXIX/2Anexo 14.

La novedad de la evaluación de la acidificación de los océanos a nivel mundial, en lo que respecta a este indicador 14.3.1, exige que la Secretaría de la COI reúna los datos a través de una serie de vías diferentes. Esto incluirá solicitudes directas a las oficinas nacionales de estadística, solicitudes anuales a los coordinadores nacionales de la COI y a los NODC y organismos de datos asociados de los Estados Miembros, así como a los centros de datos internacionales y a los proveedores de datos individuales.

Compiladores de datos

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO es el organismo custodio de este indicador. En colaboración con el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográficos (IODE) de la COI, los datos se recopilarán y almacenarán de manera transparente y trazable, lo que permitirá compartir los datos sobre la acidificación de los océanos. La COI acoge con beneplácito los conjuntos de datos que pueden compartirse libremente sin restricciones (CC0, CC BY), con restricciones para uso comercial (CC BY-NC), así como los que sólo permiten a la COI-UNESCO obtener productos utilizados a los efectos de la presentación de informes sobre el indicador 14.3.1 de los ODS (<http://oa.iode.org>).

Mandato institucional

La COI-UNESCO es el organismo custodio del indicador 14.3.1 de los ODS. El objetivo de la Comisión es promover la cooperación internacional y coordinar los programas de investigación, servicios y creación de capacidad, con el fin de conocer mejor la naturaleza y los recursos de los océanos y las zonas costeras y aplicar esos conocimientos para mejorar la gestión, el desarrollo sostenible, la protección del medio marino y los procesos de adopción de decisiones de sus Estados miembros. Además, la COI está reconocida por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS) como organización internacional competente en los ámbitos de la investigación científica marina (Parte XIII) y la transferencia de tecnología marina (Parte XIV).

De conformidad con sus Estatutos, la Comisión podrá actuar también como mecanismo especializado conjunto de las organizaciones del sistema de las Naciones Unidas que hayan convenido en utilizar a la Comisión para el desempeño de algunas de sus responsabilidades en las esferas de las ciencias marinas y los servicios oceánicos y hayan convenido, en consecuencia, en sostener la labor de la Comisión. La COI es además una de las organizaciones que presta apoyo a la Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos (GOA-ON) (<http://goa-on.org>). La Comisión alberga una parte de la Secretaría distribuida de GOA-ON, que fomenta la colaboración científica y la creación de capacidad en materia de observaciones de la acidificación de los océanos. GOA-ON anima activamente a sus miembros a recopilar y notificar metadatos y datos relevantes para el indicador 14.3.1 de los ODS.

Otras consideraciones metodológicas

Justificación

El océano absorbe hasta el 30% de las emisiones anuales de CO₂ antropogénico a la atmósfera, ayudando a paliar los impactos del cambio climático en el planeta. Sin embargo, esto tiene un alto costo ecológico, ya que el CO₂ absorbido reacciona con el agua de mar y da como resultado cambios en la química del carbonato disuelto, incluido el aumento de los niveles de acidez en el medio marino (disminución del pH del agua de mar). Se ha demostrado que los cambios observados provocan una serie de respuestas a nivel de organismo que pueden afectar a la biodiversidad, la estructura de los ecosistemas y la seguridad alimentaria. Por ejemplo, una disminución del carbonato disuelto reduce la solubilidad de los minerales carbonatados, incluidos el aragonito y la calcita, las dos formas principales de carbonato de calcio utilizadas por las especies

marinas para formar conchas y material esquelético (por ejemplo, corales constructores de arrecifes y moluscos con concha). El aragonito es la forma más soluble y su disponibilidad para la construcción de conchas por parte de organismos como los corales y las ostras, llamado estado de saturación de aragonito [Ω (aragonito)], se utiliza junto con el pH como indicador en el seguimiento de la progresión de la acidificación del océano. Además, de igual importancia para algunos organismos marinos clave, es la concentración de CO₂ disuelto y bicarbonato. Por lo tanto, es de suma urgencia que se lleve a cabo una categorización completa del cambiante sistema de carbonatos.

Las observaciones periódicas de la acidez marina en lugares de mar abierto durante los últimos 20-30 años han revelado una clara tendencia a la disminución del pH y que las condiciones actuales a menudo están fuera de los límites preindustriales. Se ha informado de que las tendencias observacionales en las zonas costeras son más difíciles de determinar. En algunas regiones, los cambios se ven amplificados por procesos naturales como la surgencia (por la que el agua fría, a menudo rica en CO₂ y nutrientes, de las profundidades se eleva hacia la superficie del mar). Además, al interpretar los factores que impulsan la acidificación de los océanos y los efectos conexos deben tenerse en cuenta otros factores, como la escorrentía del agua dulce, el derretimiento del hielo, los nutrientes, la actividad biológica, el cambio de temperatura y las grandes oscilaciones oceánicas que influyen en los niveles de dióxido de carbono, en particular en las aguas costeras. La acidificación de los océanos puede tener consecuencias directas para la vida marina y afecta en cascada a los servicios prestados por el mar abierto y las zonas costeras, incluidos los alimentos y los medios de subsistencia, el turismo, la protección de las costas, la identidad cultural, el transporte y las actividades recreativas. Los efectos de la acidificación de los océanos en los servicios oceánicos pueden reducirse mediante una vigilancia adecuada y una mejor comprensión de la variabilidad y las tasas de cambio, lo que ayuda a fundamentar las estrategias de mitigación y/o adaptación.

Aunque este indicador solicita valores de "acidez media" a los países, los datos que componen el promedio deberían proporcionar información sobre la variabilidad de las mediciones, que es más relevante para el impacto en la vida marina. En otras palabras, las especies no responden a condiciones "promedio", sino a condiciones en tiempo real. Como mínimo, se debe informar el rango total (valores mínimo y máximo) además del promedio.

Los países costeros a menudo tienen un monitoreo a largo plazo de la calidad del agua, que incluye información sobre las concentraciones de nutrientes, la temperatura, la salinidad y, ocasionalmente, la química de los carbonatos. Estos sitios de monitoreo de la calidad del agua proporcionan un contexto histórico sobre la variabilidad biogeoquímica del sistema y deben considerarse una ubicación ideal para el monitoreo de la acidificación de los océanos. Es posible que también sea necesario establecer sitios adicionales para caracterizar la variabilidad.

Las variables de datos asociadas con el monitoreo de la acidificación de los océanos (las variables incluyen el pH, la presión parcial de dióxido de carbono [pCO_2], el carbono inorgánico disuelto total [DIC] y la alcalinidad total [AT]) tienen el potencial de satisfacer las necesidades de datos globales, nacionales, regionales y locales, como el seguimiento de la exposición de los ecosistemas marinos y los sitios de acuicultura a condiciones corrosivas, y la identificación de oportunidades para reducir la vulnerabilidad económica y de los ecosistemas a los océanos acidificación. Por ejemplo, el monitoreo local del pH y el estado de saturación de aragonito en la costa del Pacífico de los Estados Unidos ha permitido a los productores de mariscos adaptarse a las condiciones dañinas presentes durante los eventos de afloramiento, que reducen el pH y amenazan a los reproductores.

Comentarios y limitaciones

La metodología de este indicador se ha desarrollado con el apoyo técnico de expertos en el campo de la acidificación de los océanos. Proporciona directrices y mejores prácticas aceptadas y adaptadas a nivel mundial establecidas por científicos y publicadas en literatura revisada por pares.

Dado que se trata de un indicador muy complejo, la infraestructura técnica necesaria para la medición correcta es un factor potencialmente limitante. La metodología para el indicador describe cómo evitar problemas de comparabilidad de los datos, que han sido problemáticos en el pasado, así como errores de medición y aconseja sobre los procedimientos técnicos y metodológicos más apropiados para garantizar datos de alta calidad que puedan utilizarse para la evaluación global de la acidificación de los océanos. La incorporación de metadatos a la metodología de este indicador es crucial para añadir trazabilidad y transparencia a los datos, proporcionando información sobre el equipo y la metodología precisos utilizados, así como especificando la ubicación, las variables biogeoquímicas que lo acompañan y la persona que realiza la medición.

Método de cálculo

Información detallada en [el Apéndice I, IOC/EC-LI/2, Anexo 6](#).

Este indicador requiere la recopilación de múltiples observaciones, en forma de puntos de datos individuales, para capturar la variabilidad de la acidez de los océanos. Los puntos de datos individuales para el pH se miden directamente o se pueden calcular en función de los datos de dos de los otros parámetros de la química de carbonatos, que son TA (AT), DIC (CT) y pCO_2 . Las herramientas de cálculo desarrolladas por expertos en la materia están disponibles gratuitamente, y se introducen y vinculan en la metodología. El pH medio se define como la media anual igualmente ponderada de múltiples puntos de datos en estaciones de muestreo representativas. El número exacto de muestras y puntos de datos depende del nivel de variabilidad de la acidez oceánica en el sitio en cuestión. El número mínimo de muestras debe permitir la caracterización de un ciclo estacional en el emplazamiento. En la Metodología (<https://oa.iode.org>) se proporcionan directrices detalladas sobre el número mínimo de observaciones requeridas.

Además del valor de los datos, se debe informar de la desviación estándar y del intervalo total (valores mínimo y máximo medidos), así como de los datos subyacentes utilizados para proporcionar trazabilidad y transparencia (información de metadatos). Todos los valores notificados deben haber pasado por un control de calidad de primer nivel por parte del proveedor de datos. Si se dispone de datos históricos, éstos deben publicarse para permitir cálculos sobre la tasa de cambio y comparar la variabilidad natural y los efectos antropogénicos.

Se aceptan datos relevantes desde 2010 en adelante.

Validación

Se invita a las contrapartes a proporcionar referencias ([metadatos](#)) de la información proporcionada. Los datos facilitados por expertos, que no son representantes de los países noventa ni de los Estados Miembros de la COI, se envían a las contrapartes oficiales pertinentes para su validación nacional.

Además, la COI recibe directamente información verificada por los representantes identificados de sus Estados Miembros, lo que supone la validación necesaria para la publicación de las evaluaciones del indicador 14.3.1 de los ODS.

Ajustes

Los archivos de datos y metadatos 14.3.1 proporcionan información detallada sobre los datos y metadatos solicitados para informar. Los archivos de datos y metadatos contienen variables obligatorias que deben notificarse y variables adicionales que deben incluirse si están disponibles.

Se anima a los proveedores de datos y a los Estados miembros a que presenten conjuntos de datos primarios de calidad controlada de dos variables que caractericen el sistema de carbonatos: pH, TA, DIC o pCO_2 , además de la ubicación precisa, la temperatura, la salinidad y la presión hidrostática (profundidad de muestreo) (véase Control de calidad). Dependiendo de la calidad de los datos, se asignarán diferentes categorías a los conjuntos de datos enviados. Además, se solicitan las concentraciones de macronutrientes correspondientes, si se dispone de datos sobre nitratos, fosfatos y silicatos (véase Calidad de los datos). Además, se invitará a los proveedores de datos a presentar todos los datos, independientemente de dónde se hayan recopilado los datos dentro de la columna de agua; sin embargo, se les anima a proporcionar datos de superficie (≤ 10 m).

Tratamiento de los valores perdidos (i) a nivel nacional y (ii) a nivel regional

- **A nivel nacional**

Algunos valores faltantes pueden modelizarse o calcularse si existen metodologías establecidas (véanse las Recomendaciones para el cálculo del sistema de carbonatos en el Anexo 6 del documento IOC/EC-LI/2).

- **A nivel regional y mundial**

Los agregados regionales son permisibles si más del 50% de las naciones costeras han reportado valores.

Agregaciones regionales

Cada país o centro nacional de datos oceanográficos (NODC)/unidad de datos asociada (ADU) del IODE designado ² proporcionará conjuntos de datos actualizados anualmente. Las agregaciones entre regiones requerirán datos de calidad comparable y que se incluyan en los conjuntos de datos todos los metadatos pertinentes con información específica del sitio. Debido a la variabilidad de las mediciones y a la prevalencia de zonas con una alta variabilidad en la acidez de los océanos, la agregación de promedios de

² https://www.iode.org/index.php?option=com_oe&task=viewGroupRecord&groupID=349

medición (media anual igualmente ponderada) entre los tipos de hábitats y ecosistemas marinos costeros es difícil de interpretar y, por lo tanto, no se recomienda.

Métodos y orientaciones de que disponen los países para la recopilación de datos a nivel nacional

La metodología de los indicadores del ODS 14.3.1 presentada en el documento [IOC-XXIX/2 Anexo 14, IOC/EC-LI/2 Anexo 6](#) proporciona directrices para la recopilación de mediciones con miras al indicador. Los archivos de datos y metadatos en los que deben compilarse todas las mediciones relevantes se proporcionarán al centro de datos o al originador de datos. Estos datos serán recopilados por los centros nacionales de datos pertinentes, como las Oficinas Nacionales de Estadística (ONE) y los Centros Nacionales de Datos Oceanográficos (NODD), y compartidos con el organismo custodio del Indicador, la COI de la UNESCO.

La Metodología de Indicadores comprende una visión general de las declaraciones sobre las mejores prácticas y enlaces a varios Procedimientos Operativos Estándar (POE). Estos procedimientos representan las mejores prácticas recopiladas por el investigador líder en el campo y se han puesto a disposición de forma gratuita. Una lista de material relevante, como se menciona en la Metodología de Indicadores, se puede encontrar aquí: <http://www.ioccp.org/index.php/documents/standards-and-methods>

La recolección de muestras, seguida de su análisis de acuerdo con los métodos y estándares incluidos en la Metodología de Indicadores del ODS 14.3.1, es de la mayor importancia para la producción de datos que puedan ser cotejados para la comparación global de datos de acidificación de los océanos de calidad conocida bajo este indicador. La metodología y los metadatos asociados y su archivo de instrucciones de metadatos proporcionan orientación sobre cómo recopilar, analizar y gestionar los datos.

En el documento [IOC-XXIX/2 Anexo 14, IOC/EC-LI/2 Anexo 6](#) se proporcionan además orientaciones sobre las estrategias de muestreo, las frecuencias de muestreo, las recomendaciones para el cálculo del sistema de carbonatos y la incertidumbre de la medición.

Gestión de la calidad

A los efectos del ODS 14.3.1, se establecieron tres categorías de calidad de medición (adaptado de Newton et al. 2015):

Categoría 1: Calidad climática

El objetivo de calidad climática se utiliza normalmente para determinar las tendencias en el océano abierto, la plataforma continental y las aguas costeras, proporcionando datos sobre la variabilidad estacional e interanual a escala regional. El objetivo de calidad climática requiere que se estime un cambio en la concentración de iones de carbonato disuelto en un sitio particular con una incertidumbre estándar relativa del 1%. La concentración de iones carbonato se calcula a partir de dos de los cuatro parámetros del sistema de carbonatos e implica una incertidumbre de aproximadamente 0,003 en pH; de $2 \mu\text{mol kg}^{-1}$ en las mediciones de TA y CID; y una incertidumbre relativa de alrededor del 0,5% en el $p\text{CO}_2$. En la actualidad, esta precisión solo es alcanzable por un número limitado de laboratorios y, por lo general, no se puede lograr para todos los parámetros, ni siquiera con los mejores sensores autónomos.

Categoría 2: Calidad meteorológica

El objetivo de calidad meteorológica es adecuado para muchos entornos costeros y cercanos a la costa, en particular aquellos con circulación restringida o donde los parámetros del sistema de CO_2 se ven forzados por procesos como la surgencia, la contaminación o los aportes de agua dulce que pueden causar una gran variabilidad. El objetivo meteorológico requiere que la concentración de iones de carbonato (utilizada para calcular el estado de saturación) tenga una incertidumbre estándar relativa del 10%. Esto implica una incertidumbre de aproximadamente 0,02 en pH; de $10 \mu\text{mol kg}^{-1}$ en las mediciones de TA y CID; y una incertidumbre relativa de alrededor del 2,5% en $p\text{CO}_2$. Dicha precisión debería poder lograrse en laboratorios competentes, y también se puede lograr con los mejores sensores autónomos.

Categoría 3: Mediciones de calidad indefinida

Para el ODS 14.3.1, las mediciones de pH con electrodos de vidrio se considerarán de categoría 3 debido a los desafíos de usar electrodos de pH de vidrio en agua de mar. Se pretende que la metodología que aquí se proporciona proporcione información útil para los países que fomentan su capacidad con respecto a las mediciones de las categorías 1 y 2. Por ejemplo, los electrodos de pH de vidrio cuidadosamente calibrados pueden ayudar en la identificación de puntos calientes de acidificación de los océanos costeros y ayudar a priorizar futuros planes de monitoreo. En los productos de resumen anual del ODS 14.3.1, los sitios de medición de categoría 3 se presentarán solo como sitios de recopilación de datos, no se visualizarán valores de datos.

Se anima a todos aquellos que aportan datos al ODS 14.3.1 a que adopten la calidad de la medición de categoría 1 o 2. Diferentes organizaciones llevan a cabo diversas actividades de desarrollo de capacidades para apoyar la capacidad de los Estados Miembros a este respecto (puede encontrarse más información aquí: por ejemplo, www.iaea.org/ocean-acidification; <http://ioccp.org>; <http://www.ioc-cd.org/index.php>; <http://www.whoi.edu/courses/OCB-OA/>).

Aseguramiento de la calidad

Los procesos de control y validación de la calidad de los datos se elaboraron en estrecha consulta con expertos en el ámbito de la acidificación de los océanos, entre ellos miembros de la Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos (GOA-ON) y expertos en gestión de datos, como los del IODE. El control de calidad de los datos es un componente crítico del análisis, la presentación y el procesamiento de los datos. Los científicos y técnicos que recopilaban los datos presentados serán responsables del control de calidad primario de los datos y de los metadatos detallados que los acompañan. Los metadatos enviados con los datos también deben describir los procedimientos operativos estándar (SOP) de control de calidad seguidos para cada parámetro.

El control de calidad primario por parte del proveedor de datos consiste en:

- Control de calidad que se adjunta a la metodología (CRM, calibración de tampón tris, SOP),
- Control de calidad y garantía de calidad de los datos reales (se proporcionan procedimientos operativos estándar) y uso de indicadores de calidad acordados por la comunidad,
- Identificación y marcación de valores atípicos,
- Tomar determinaciones con respecto a la validez de esos puntos periféricos,
- Estimación de la incertidumbre de la medición,
- Identificar todas las fuentes de incertidumbre en las mediciones,
- Agrupar las incertidumbres individuales en incertidumbre general (propagación de errores).

Control secundario de calidad por parte de la Secretaría de la COI y expertos:

- Armonización de los datos y garantía de la integridad de los metadatos,

- Control de calidad/auditoría externa – Grupo de expertos en control de calidad que aplica los niveles meteorológicos y climáticos definidos por GOA-ON (siguiendo el ejemplo de SOCAT),
- Retroalimentación a los titulares de los datos.

Evaluación de la calidad

Siguiendo los mecanismos de gestión y aseguramiento del control de calidad descritos en los puntos 4.i y 4.j, se atribuirán tres categorías de calidad de medición a los conjuntos de datos individuales:

1. Calidad climática oceanográfica establecida (Categoría 1).
2. Los datos meteorológicos sobre la calidad, incluidos los procedentes de los sensores y la creación de capacidades, simplificaron las mediciones del pH y la alcalinidad, con una evaluación adecuada de la incertidumbre (categoría 2).
3. Mediciones de calidad indefinida (Categoría 3) (no se mostrarán en la visualización de medias ponderadas anuales y varianza de pH).

Disponibilidad y desagregación de datos

Disponibilidad de datos:

Los metadatos y la disponibilidad de los datos aumentan continuamente. Desde 2021, los datos del ODS 14.3.1 de diferentes bases de datos nacionales y nacionales se proporcionan directamente a un portal de datos específico (<http://oa.iode.org>). Este portal de datos presenta una amplia gama de metadatos y datos adicionales que caracterizan el sistema de carbonatos del agua de mar, que no están disponibles en la base de datos mundial de los ODS.

Con el fin de colmar las lagunas de datos existentes para a) medir la acidificación de los océanos y b) informar sobre los metadatos y datos del indicador 14.3.1 de los ODS, la COI, junto con sus asociados, organiza cursos de formación y seminarios web. Ya está disponible un nuevo curso en línea sobre acidificación de los océanos. (<https://classroom.oceanteacher.org/tag/index.php?tc=1&tag=Ocean%20acidification>) . Las capacitaciones pasadas y futuras se anuncian en el sitio web de Ocean Expert (<https://oceanexpert.org/events/calendar>) y GOA-ON (<http://goa-on.org/news/news.php>).

Desagregación:

Los países proporcionan conjuntos de datos completos con sus respectivos archivos de datos y metadatos específicos del sitio.

Comparabilidad / desviación de las normas internacionales

Dado que este indicador solo tiene en cuenta los datos presentados por los Estados miembros, no hay discrepancias entre las estimaciones y los conjuntos de datos presentados. En el pasado, las diferencias entre los países en la medición del pH y otros datos sobre la acidificación de los océanos se atribuían principalmente a dificultades técnicas y a la falta de directrices exhaustivas sobre las mejores prácticas de medición. La presente Metodología y las directrices que contiene proporcionan instrucciones detalladas sobre la medición, la recopilación, el tratamiento y el control de calidad de los datos de manera que los países puedan evitar futuras discrepancias.

Referencias y documentación

URLs principales:

COI-UNESCO <http://www.ioc-unesco.org/>

IODE <https://www.iode.org/>; <https://oa.iode.org>

GOA-ON <http://goa-on.org/>

Portal de datos GOA-ON <http://portal.goa-on.org/>

Documento IOC/EC-LI/2 Anexo 6 -14.3.1 Metodología http://ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=21938

Documento IOC-XXIX/2Anexo 14 http://www.ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=19589

Referencias:

Dickson, A.G., Sabine, C.L. y Christian, J.R. (Eds.) (2007) *Guía de mejores prácticas para las mediciones de CO2 en los océanos*. PICES Publicación Especial 3, 191 págs.

Feely, R. A., Byrne, R. H., Acker, J. G., Betzer, P. R., Chen, C. T. A., Gendron, J. F., & Lamb, M. F. (1988). Variaciones invierno-verano de la saturación de calcita y aragonito en el Pacífico nororiental. *Química Marina*, 25(3), 227-241.

Comisión Oceanográfica Intergubernamental. *Criterios y directrices de la COI sobre la transferencia de tecnología marina (CGTMT)/ Critères et principes directeurs de la COI concernant le Transfert de Techniques Marines (CPTTM)*. París, UNESCO, 2005. 68 págs. (Documento de información de la COI, 1203)

McLaughlin, K., Weisberg, S.B., Dickson, A.G., Hofmann, G.E., Newton, J.A., Aseltine-Neilson, D., Barton, A., Cudd, S., Feely, R.A., R.A. Jefferds, R.A., Jewett, E.B., King, T., Langdon, C.J., McAfee, S., Pleschner-Steele, D. y Steele, B. (2015) Principios básicos de la Red de Acidificación de la Corriente de California: Vinculación de la química, la física y los efectos ecológicos. *Oceanografía* 28(2):160–169, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2015.39>.

Newton J. A., Feeley, R. A., Jewett, E. B., Williamson, P. y Mathis, J. (2015) Red Mundial de Observación de la Acidificación de los Océanos: Requisitos y Plan de Gobernanza (2ª edición)

Pimenta, A.R. y Grear, J.S. (2018) Pautas de la EPA para medir los cambios en el pH del agua de mar y la química de carbonatos asociada en entornos costeros del este de los Estados Unidos. Oficina de Investigación y Desarrollo, Laboratorio Nacional de Investigación de Efectos en la Salud y el Medio Ambiente. EPA/600/R-17/483

Riebesell U., Fabry V. J., Hansson L. y Gattuso J.-P. (Eds.) (2011) Guía de mejores prácticas para la investigación de la acidificación de los océanos y la presentación de datos. Luxemburgo, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 258 pp. (EUR 24872 EN).

Tilbrook, B., Jewett, E.B., DeGrandpre, M.D., Hernández-Ayón, J.M., Feely, R.A., Gledhill, D.K., Hansson, L., Isensee, K., Kurz, M.L., Newton, J.A. y Siedlecki, S.A., 2019. Una red mejorada de observación de la acidificación de los océanos: desde las personas hasta la tecnología, pasando por la síntesis de datos y el intercambio de información. *Fronteras de las Ciencias del Mar*, 6, p.337.