

2024

Informe de
**ASESORAMIENTO
y TRANSFERENCIA**

023-24

NO-2024-39711661-APN-DNI#INIDEP
16/04/2024

Sistema de medición en continuo de la presión parcial del dióxido de carbono en la superficie oceánica del BIPO Víctor Angelescu: procesamiento de la información adquirida durante 2022-2023 y aporte de datos a la base internacional SOCAT

Carla F. Berghoff, Martin H. Veccia y Lisandro A. Arbilla

Dirección: Pesquerías de Invertebrados y Ambiente Marino

Área: Dinámica del Plancton Marino y Cambio Climático

Citar como:

Berghoff CF, Veccia MH y Arbilla LA. 2024. Sistema de medición en continuo de la presión parcial del dióxido de carbono en la superficie oceánica del BIPO Víctor Angelescu: procesamiento de la información adquirida durante 2022-2023 y aporte de datos a la base internacional SOCAT. Inf ASES INIDEP N.º 023/24, 06 pp.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO



Sistema de medición en continuo de la presión parcial del dióxido de carbono en la superficie oceánica del BIPO Víctor Angelescu: procesamiento de la información adquirida durante 2022-2023 y aporte de datos a la base internacional SOCAT

Carla F. Berghoff¹, Martín H. Veccia¹, Lisandro A. Arbilla^{2,3}

(1) Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina.

(2) Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Bahía Blanca, Argentina.

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Resumen

Las determinaciones de la presión parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$) en la superficie del mar y la atmósfera, son clave en el estudio sobre el cambio climático y la acidificación oceánica, urgentes motivos de preocupación a nivel mundial y en nuestro sector del Atlántico Sudoccidental en particular. El sistema de medición en continuo de la $p\text{CO}_2$ (General Oceanics 8050 $p\text{CO}_2$) del BIPO Víctor Angelescu, único en nuestro país y uno de los pocos disponibles en Latinoamérica es considerado como el “estándar de oro” por la comunidad científica especializada, ya que genera datos de alta precisión para la cuantificación del sumidero de carbono oceánico. El presente informe describe las actividades de procesamiento y control de calidad de la información adquirida durante el período 2022-2023 en sectores de importancia oceanográfico-pesquera de la Plataforma Argentina y el posterior envío de datos a la base internacional Surface Ocean CO_2 Atlas (SOCAT). La cantidad de datos aportados a SOCAT v2024, autorizado por la Dirección Nacional de Investigaciones del INIDEP bajo NOTA GDE NO-2023-147801382-APN-DNI#INIDEP, triplica los previamente enviados, disponibles en SOCAT v2023. Teniendo en cuenta el impacto que tiene SOCAT en el Presupuesto Global de Carbono, pilar fundamental en las negociaciones vinculadas al Acuerdo de París, la contribución del INIDEP con información de calidad del CO_2 oceánico, posiciona a la Argentina en un ámbito del mayor nivel internacional. A su vez, aporta al cumplimiento de la meta 14.3 del Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas 14-Vida Submarina.

Palabras Clave

presión parcial de dióxido de carbono, GO-8050 $p\text{CO}_2$, BIPO “Víctor Angelescu”, base de datos SOCAT.

Desarrollo de las actividades

Las determinaciones de la presión parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$) en la superficie del mar y la atmósfera, son clave en el estudio sobre cambio climático y la acidificación oceánica (AO) a nivel mundial y en nuestra región del Atlántico Sudoccidental en particular. El BIPO Víctor Angelescu del INIDEP cuenta con el sistema automatizado de medición en continuo de la $p\text{CO}_2$ en la superficie oceánica General Oceanics 8050 $p\text{CO}_2$, el cual es único en nuestro país y uno de los pocos disponibles en Latinoamérica. La importancia de este equipamiento, considerado como el “estándar de oro” por la comunidad científica especializada, radica en que genera datos de $p\text{CO}_2$ de alta precisión, lo que permite la cuantificación del sumidero de carbono oceánico y la AO.

En 2018 se incorporó al Programa Dinámica del Plancton Marino y Cambio Climático (DiPlaMCC) del INIDEP la actividad de investigación “Estudio de la variación de la $p\text{CO}_2$ en la superficie del océano” a partir de la información colectada por el GO-8050 $p\text{CO}_2$, a cargo de C. Berghoff. Durante el período 2018-2019, gracias a la colaboración de integrantes del Gabinete de Oceanografía Física (GOF), de la Comisión de Operaciones y del Área de Informática y Tecnología de la Información y Comunicación del INIDEP, se registraron datos en diferentes sectores de importancia oceanográfico-pesquera de la Plataforma Argentina durante las campañas de investigación en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay (VA-2018/03, VA-2018/09, VA-2018/12, VA-2019/01 y VA-2019/12); en el Golfo de San Jorge (VA-2019/06); en el trayecto desde Puerto Madryn al Banco Burdwood (VA-2019/10); de la campaña binacional Argentino-Chilena del Canal Beagle (VA-



2019/11) y el trayecto de regreso desde Ushuaia a Mar del Plata luego de finalizada la campaña VA-2019/11.

Durante 2020 y 2021 la situación de pandemia por COVID-19 y el daño en el analizador de CO₂ del GO-8050 pCO₂ impuso una forzada pausa en las tareas de colecta de datos y las actividades se basaron en el procesamiento y el control de calidad de la información colectada durante 2018-2019 (Inf. Activ. INIDEP N° 38/2022). Ello permitió el envío de 5 sets de datos (campañas VA-2018/09, VA-2018/12, VA-2019/01 y VA-2019/12 y el trayecto de regreso desde Ushuaia a Mar del Plata luego de finalizada la campaña VA-2019/11) a la base internacional de datos Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT). Los datos de la base SOCAT, la cual representa un hito en la investigación biogeoquímica y climática y en la política de información, son revisados por pares. En este sentido, los datos enviados por el INIDEP, disponibles actualmente en la versión SOCATv2023, recibieron una calificación de “B”, la máxima calificación posible a asignarse en datos de buques recientemente incorporados a la mencionada base de datos. A su vez, la interpretación de la información obtenida en las campañas VA-2019/01, VA-2019/11 y VA-2019/12 fue publicada bajo dos artículos (Berghoff et al., 2023; Latorre et al., 2023) en la prestigiosa revista *Journal of Marine Systems*.

En junio de 2022, luego de la reubicación y reinstalación del GO-8050 pCO₂ en el “Depósito de productos químicos del laboratorio multipropósito” del BIPO Víctor Angelescu, se logró la adquisición exitosa de datos durante la salida de prueba VA-2022/03 (Inf. Actividades INIDEP N° 38/2022). Desde noviembre de 2022 a junio de 2023 se adquirieron datos durante las campañas de investigación en el Golfo San Matías (“Campaña de Investigación Pesquera y Ambiental ReDe 2022. Monitoreo de merluza y especies demersales, oceanografía, composición planctónica y contaminantes”, VA-2022/06), en el talud bonaerense (“Evaluación de Biomasa de Vieira Patagónica: Unidad de Manejo B. Año 2022” (VA-2022/07), en la campaña “Evaluación de la abundancia de juveniles de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) y de otras especies demersales en las plataformas de las Islas Georgias del Sur, Rocas Cormorán y Negra” (VA-2023/02), y las campañas en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya “Evaluación de las áreas con alta captura comercial de rayas (Rajiformes) y diversidad funcional de condriectios, en la Zona Común de Pesca Argentino Uruguay (ZCPAU)” (VA-2023/03) y “Determinación de las áreas de desove y cría de merluza entre 35°S y 39°S” (VA-2023/06).

Recientemente se realizaron actividades de procesamiento y control de calidad de la información adquirida por el GO-8050 pCO₂ durante el período 2022-2023 y el posterior aporte de 4 sets de datos a la base SOCAT. Dichas actividades fueron realizadas conjuntamente por C. Berghoff (DiPlaMCC), M. Veccia (GOF) y L. Arbilla (IADO) con los datos adquiridos en diferentes sectores de importancia oceanográfico-pesquera de la Plataforma Argentina durante las campañas VA-2022/07, VA-2023/02, VA-2023/03 y VA-2023/06 (figura 1). El aporte a la base SOCAT fue autorizado por la Dirección Nacional de Investigaciones del INIDEP bajo NOTA GDE NO-2023-147801382-APN-DNI#INIDEP.

El procesamiento de datos fue realizado mediante el uso del programa pCO₂_sys (versión 130). El mismo fue desarrollado por el Dr. Denis Pierrot (NOAA) para facilitar el cálculo de la fugacidad del CO₂ (fCO₂, la pCO₂ corregida por no idealidad) de acuerdo a Takahashi et al. (2009) y asegurar la uniformidad de los datos de pCO₂. Con el objetivo de que M. Veccia y L. Arbilla adquieran conocimiento de los pasos necesarios para realizar el procesamiento y control de calidad de la información, se llevó a cabo la transferencia de conocimientos por parte de C. Berghoff. Para ello se realizaron múltiples actividades prácticas (presenciales y virtuales) en base a los pasos indicados en el manual de usuario del programa, y las notas registradas durante las capacitaciones que recibió C. Berghoff con D. Pierrot (Inf. Comisión INIDEP N° 24/2019; Inf. Ases. Transf. INIDEP N° 152/2018). El procesamiento consistió en estimar la fCO₂ de la superficie del mar y de la atmósfera a partir de los datos de fracción molar de CO₂. El control de calidad se realizó siguiendo los procedimientos de Pierrot



et al. (2009) y los datos se etiquetaron según las pautas del Experimento Mundial de Circulación Oceánica (World Ocean Circulation Experiment, WOCE, por sus siglas en inglés): Flag 2 para indicar mediciones buenas; Flag 3 para las cuestionable y Flag 4 para las malas. Así se obtuvieron 34689 datos pulidos de fCO_2 en intervalos de 5 minutos, con una precisión de $2 \mu atm$. La tabla 1 presenta la cantidad



y calidad de datos de las campañas analizadas. Finalmente se preparó un archivo de los metadatos asociados a cada set de datos. Para ello se recopilaban minuciosamente las novedades a bordo y comentarios vinculados con el procesamiento.

Figura 1. Mapa de la cobertura espacial de los datos adquiridos por el BIPO Víctor Angelescu durante el período 2022-2023 y que fueron enviados a la base SOCAT. VA-2022/07 (violeta), VA-2023/02 (amarillo), VA-2023/03 (rojo) y VA-2023/06 (verde).

Tabla 1. Cantidad y calidad de los datos procesados que fueron enviados a la base SOCAT.

Campaña	Fecha de zarpada y arribo	Cobertura temporal de los datos	Nº total datos	Nº Flag 2	Nº Flag 3	Nº Flag 4	% Flag 2	% Flag 3	% Flag 4
VA-2022/07	4/12-21/12/2022	4/12-21/12/2022	8635	7311	1068	256	85	12	3
VA-2023/02	27/2-3/4/2023	27/2-3/4/2023	16630	15465	965	200	93	6	1,2
VA-2023/03	15/4-28/4/2023	15/4-25/4/2023	4574	4492	62	20	98	1	0,4
VA-2023/06	18/5-3/6/2023	21/5-3/6/2023	4850	4474	313	63	92	6	1,3



Consideraciones finales

El valioso registro de datos fugacidad de CO₂ de la superficie del mar y de la atmósfera en diferentes regiones de relevancia oceanográfico-pesquera de la Plataforma Argentina demuestra los importantes frutos que brinda la tecnología de medición del pCO₂ que cuenta el BIPO Víctor Angelescu. Esta información es muy preciada ya que no hay en estos momentos otros buques de bandera argentina que colecten estos datos en nuestro sector del Atlántico Sudoccidental. A su vez, existen escasas mediciones previas en la región, por lo cual aún no se conoce demasiado de las consecuencias que pudiera tener la acidificación oceánica para los organismos marinos, incluyendo los recursos pesqueros.

La cantidad de datos aportados recientemente a SOCAT v2024 triplica los previamente enviados, disponibles en SOCAT v2023. Teniendo en cuenta el impacto que tiene la base SOCAT en el Presupuesto Global de Carbono, pilar fundamental en las negociaciones vinculadas al Acuerdo de París (ver “Cadena de Valor del Carbono de la Superficie del Océano” en Inf. Comisión INIDEP N° 97/2023), la contribución del INIDEP con información de calidad del CO₂ oceánico, posiciona a la Argentina en un ámbito del mayor nivel internacional. A su vez, aporta al cumplimiento de la meta 14.3 (acidificación oceánica) del Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas 14-Vida Submarina, compromiso al cual Argentina adhiere.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los/las jefes/as científicos/as de las campañas, a los integrantes del GOF, de la Comisión de Operaciones y del Área de Informática y Tecnología de la Información y Comunicación quienes permitieron la exitosa colecta de datos durante las campañas.

Bibliografía

- Berghoff CF. 2019. Entrenamiento en gestión y control de calidad de datos de presión parcial del dióxido de carbono en la superficie del mar, Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (AOML-NOAA), Miami, Florida, Estados Unidos, 19 de mayo al 3 de junio de 2019. Inf Com INIDEP N° 24/2019. 3 p.
- Berghoff CF. 2023. Participación en la reunión “Series of Workshops on Surface Ocean pCO₂ Observations, Synthesis and Data Products”, Ostende, Bélgica, 6 al 9 de noviembre de 2023”. Inf Com INIDEP N° 97/2023. 12 p.
- Berghoff CF, Domínguez H, Bertelo M, Cubiella AH, Lutz VA. 2022. Sistema de medición en continuo de la presión parcial del dióxido de carbono (pCO₂) en la superficie oceánica del BIPO Víctor Angelescu: procesamiento de la información adquirida, reinstalación y puesta a punto. Inf. Actividades INIDEP N° 38/2022. 10 p.
- Berghoff CF, Pierrot D, Epherra L, Silva RI, Segura V, Negri RM, Hozbor MC, Carignan MO, Barbero L, Lutz VA. 2023. Physical and biological effects on the carbonate system during summer in the Northern Argentine Continental Shelf (Southwestern Atlantic). *Journal of Marine Systems* 237:103828.
- Berghoff CF, Veccia M, Osiroff AP, Kahl LC, Pierrot DP. 2018. Entrenamiento en los procedimientos de buenas prácticas del uso del sistema de medición en continuo de la presión parcial de dióxido de carbono (pCO₂) del BIP Víctor Angelescu, 6 al 10 de agosto de 2018. Inf Ases Transf INIDEP N° 152/2018. 11 p.
- Latorre MP, Berghoff CF, Giesecke R, Malits A, Pizarro G, Iachetti CM, Martin J, Flores Melo X, Gil MN, Iriarte JL, Schloss IR. 2023. Plankton metabolic balance in the eastern Beagle Channel during spring. *Journal of Marine Systems* 240:103882.
- Pierrot D. 2018. pCO₂ Data Reduction Matlab Program. pCO₂_sys. Version 130. Miami (FL): NOAA-AOML. Accompanied by: 1 user manual.



- Pierrot D, Neill C, Sullivan K, Castle R, Wanninkhof R, Lüger H, Johannessen T, Olsen A, Feely RA, Cosca CE. 2009. Recommendations for autonomous underway pCO₂ measuring systems and data-reduction routines. *Deep Sea Res. II.* 56(8-10): 512-522.
- Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT) Database. 2011-. v2023. Global Ocean Observing System GOOS. [actualizada el 15 de junio de 2023; acceso el 10 de enero de 2024]. <https://www.socat.info/>.
- Takahashi T, Sutherland SC, Wanninkhof R, Sweeney C, Feely RA., Chipman DW, Hales B, Friederich G, Chavez F, Sabine C, Watson A, Bakker DCE, Schuster U, Metzl N, Yoshikawa-Inoue H, Ishii M, Midorikawa T, Nojiri Y, Körtzinger A, Steinhoff T, Hoppema M, Olafsson J, Arnarson TS, Tilbrook B, Johannessen T, Olsen, A, Bellerby R., Wong CS, Delille B, Bates NR, De Baar HJW. 2009. Climatological mean and decadal change in surface ocean pCO₂, and net sea-air CO₂ flux over the global oceans. *Deep Sea Res. II.* 56(8-10): 554-577.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP