

Proyecto SAMOC (South Atlantic Meridional Overturning Circulation)

Marcela Charo^{1,*}, María Paz Chidichimo^{2,3,4}, Alberto R. Piola^{4,5}

¹Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía (SHN), CABA, Argentina

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CABA, Argentina

³Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Buenos Aires, Argentina

⁴Instituto Franco-Argentino sobre Estudios de Clima y sus Impactos, UBA/CONICET/CNRS/IRD, CABA, Argentina

⁵Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA, CABA, Argentina
[*mcharo@hidro.gov.ar](mailto:mcharo@hidro.gov.ar)

Resumen. El Océano Atlántico presenta la circulación meridional más intensa del globo, cuyas variaciones determinan la ventilación del océano profundo, redistribuyen el calor en la Tierra y modulan el clima global. Desde 2009 opera el sistema de observaciones continuas SAMOC *Basin-Wide-Array* (SAMBA) para monitorear la variabilidad de la circulación meridional en 34.5°S, en colaboración con EEUU y Brasil. Las observaciones obtenidas mediante fondeos permiten calcular valores medios diarios de la intensidad de la circulación, y se complementan con la realización de secciones hidrográficas en campañas oceanográficas para determinar la estructura físico-química de las masas de agua en el Atlántico sudoeste. Las observaciones hidrográficas son necesarias para calibrar las series temporales y permiten avanzar en el conocimiento sobre la circulación en gran escala del Atlántico Sur. Las series de largo plazo revelaron importantes variaciones de la temperatura de fondo, de la intensidad de las corrientes profundas y de la Corriente de Brasil.

Palabras clave: circulación meridional, sistema de observaciones, fondeos, masas de agua, corrientes de borde oeste, circulación abisal, Atlántico sudoeste.

1 Introducción

El sistema climático terrestre está regulado tanto por el océano como por la atmósfera, que en promedio transfieren calor desde el ecuador hacia los polos. La Circulación Meridional del Océano Atlántico (CMA) consiste en un flujo hacia el norte de aguas relativamente cálidas y poco densas en la capa superior del océano, hundimiento en altas latitudes en el Atlántico Norte y un flujo de retorno hacia el sur de aguas frías en profundidad. La CMA redistribuye grandes cantidades de calor a través del Océano Atlántico y transporta hasta un 25% del flujo de calor total global asociado al sistema mar-atmósfera [1]. Observaciones directas y modelos numéricos de la circulación oceánica indican que las variaciones de la CMA modulan importantes cambios del

clima global, con impactos relevantes en la variabilidad climática como el aumento del nivel del mar y las variaciones en el ciclo del agua y del carbono, entre otros [2,3]. Por lo tanto, resulta clave cuantificar la intensidad de la circulación y comprender los factores que generan dicha variabilidad.

La mayoría de las observaciones de la CMA se han centrado en el Atlántico Norte, pero estudios numéricos y el análisis de datos satelitales e *in-situ* indican que el Atlántico Sur cumple un rol fundamental porque conecta la región de formación de aguas profundas en el extremo norte del Atlántico Norte con las demás cuencas oceánicas y participa en los procesos de transformación y modificación de masas de agua que alteran significativamente la estructura de la CMA. Estos resultados motivaron la implementación de un sistema de observaciones para monitorear la intensidad y la variabilidad de la circulación meridional en el Atlántico Sur sobre una línea zonal entre América del Sur y África a lo largo de 34.5°S en el marco del proyecto SAMOC *Basin-wide Array* o SAMBA.

Debido a la complejidad del sistema para su ejecución y financiamiento, las observaciones en la cuenca oeste del Atlántico Sur (SAMBA-W) son llevadas a cabo a través de una fuerte colaboración internacional que incluye instituciones de Argentina, Brasil y Estados Unidos, mientras que en el margen este (SAMBA-E) por instituciones de Francia y Sudáfrica [4].

2 Sistema de observación SAMBA-W

Desde el 2009 se encuentra operativo un sistema de monitoreo que consiste en un arreglo de ecosondas invertidas equipadas con sensor de presión (PIES, por sus siglas en inglés, *Pressure equipped inverted echosounder*) y con sensor de presión y correntómetros (CPIES) emplazado en el Atlántico Sudoeste a 34.5°S entre 52°W y 44°W, esta configuración permite observar la Corriente de Brasil en el océano superior, la corriente de borde oeste profunda y el flujo abisal por debajo de los 3500m de profundidad.

Las mediciones realizadas con PIES/CPIES permiten obtener series temporales cuasi-continuas de velocidad media del sonido en la columna de agua y de presión y velocidad de corrientes en el fondo marino. Con esta información se construyen perfiles de temperatura y salinidad de la columna de agua y, a partir de estos, las series temporales de transporte meridional de volumen a través del arreglo.

Asimismo, datos de presión, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto son colectados regularmente en secciones hidrográficas para calibrar las ecosondas invertidas y obtener distribuciones detalladas de las masas de agua y velocidad de corrientes instantáneas. Estas secciones consisten en perfiles verticales adquiridos con perfiladores CTD-O₂ y de corrientes LADCP (por sus siglas en inglés, *Lowered Acoustic Doppler Current Profiler*). Además, en las campañas oceanográficas se realiza el mantenimiento de los instrumentos que componen el arreglo, como la recuperación y/o fondeo de instrumentos y la recuperación de los datos colectados mediante telemetría acústica. Estas tareas son llevadas a cabo por buques de Argentina y Brasil.

3 Resultados relevantes

Las secciones hidrográficas repetidas de SAMBA-W revelaron una estructura vertical compleja de las propiedades de las masas de agua en el sector noroeste de la Cuenca Argentina [5]. Además, esta información permitió analizar la variabilidad de la estructura vertical de las corrientes de borde oeste [5,6,7]. Mediciones directas de corrientes, permitieron producir la primera evaluación de las variaciones de la intensidad de la Corriente de Brasil [7]. Las series multianuales de temperatura mostraron una marcada variación de la temperatura de fondo en el Agua de Fondo Antártica y el Agua Profunda Circumpolar [8,9,10] y de la intensidad de las corrientes abisales [6]. Asimismo, los datos adquiridos en el arreglo transatlántico permitieron estimar las variaciones del flujo meridional de volumen y de calor a través de 34.5°S [11,12]. SAMOC es el resultado de un esfuerzo internacional conjunto. Mantener el sistema operativo a largo plazo en el Atlántico Sur es un desafío necesario para analizar a futuro las variaciones de la circulación en un contexto de cambio climático.

Bibliografía

1. Trenberth, K.E., Caron, J.M.: Estimates of meridional atmosphere and ocean heat transports. *J. Clim.* 14, 3433–3443 (2001)
2. McCarthy, G.D., Haigh, I.D., Hirschi, J.J., Grist, J.P., Smeed, D.A.: Ocean impact on decadal Atlantic climate variability revealed by sea-level observations. *Nature* 521, 508–510 (2015).
3. IPCC. Summary for Policymakers in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L et al.) 3–32 (Cambridge University Press, 2021).
4. SAMOC Initiative, http://www.aoml.noaa.gov/phod/SAMOC_international/
5. Valla, D., Piola, A.R., Meinen, C.S., Campos, E.J.D.: Strong mixing and recirculation in the northwestern Argentine Basin. *J. Geophys. Res. Oceans*, 123, 4624–4648 (2018)
6. Valla, D., Piola, A.R., Meinen, C.S., Campos, E.J.D.: Abyssal transport variations in the Southwest South Atlantic: First insights from a long-term observation array at 34.5°S. *Geophys. Res. Lett.*, 46, 6699–6705 (2019)
7. Chidichimo, M.P., Piola, A.R., Meinen, C.S., Perez, R.C., Campos, E.J.D., Dong, S., Lumpkin, R., Garzoli, S.L.: Absolute Brazil Current volume transport variability at 34.5°S during 2009–2015: Results from a long-term moored array. *J. Geophys. Res. Oceans*, 126 (5), e2020JC017146 (2021)
8. Meinen C.S., Perez, R.C., Dong, S., Piola, A.R., Campos, E.J.D.: Observed ocean bottom temperature variability at four sites in the northwestern Argentine Basin: Evidence of decadal deep/abyssal warming amidst hourly to interannual variability during 2009–2019. *Geophys. Res. Lett.*, 47, 1–8 (2020)
9. Campos E.J.D., van Caspel, M.C., Zenk, W., Morozov, E.G., Frey, D.I., Piola, A.R., Meinen, C.S., Sato, O.T., Perez, R.C., Dong, S.: Warming trend in Antarctic Bottom Water in the Vema Channel in the South Atlantic. *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2021GL094709 (2021)
10. Chidichimo, M.P., Perez, R.C., Speich, S., Kersalé, M., Sprintall, J., Dong, S., Lamont, T., Sato, O.T., Chereskin, T.K., Hummels, R., Schmid, C.: Energetic overturning flows, dynamic interocean exchanges, and ocean warming observed in the South Atlantic. *Commun Earth Environ* 4, 10 (2023)

11. Kersalé, M., Meinen, C.S., Perez, R.C., Le Hénaff, M., Valla, D., Lamont, T., Sato, O.T., Dong, S., Terre, T., van Cappel, M., Chidichimo, M.P., van den Berg, M., Speich, S., Piola, A.R., Campos, E.J.D., Ansorge, I., Volkov, D.L., Lumpkin, R., Garzoli, S.L.: Highly variable upper and abyssal overturning cells in the South Atlantic. *Science Advances*, 6(32), eaba7573 (2020)
12. Kersalé, M., Meinen, C.S., Perez, R.C., Piola, A.R., Speich, S., Campos, E. J. D., Garzoli, S.L., Ansorge, I., Volkov, D.L., Le Hénaff, M., Dong, S., Lamont, T., Sato, O.T., van den Berg, M.: Multi-year estimates of daily heat transport by the Atlantic Meridional Overturning Circulation at 34.5°S. *J. Geophys. Res. Oceans*, 126(5), e2020JC016947 (2021)