

La Corriente de Malvinas y su rol en el clima de la Tierra

por Martín Saraceno, Claudia G. Simionato y Laura A. Ruiz-Etcheverry

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/ CONICET-UBA), Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (UMI IFAECI/CNRS-CONICET-UBA) y Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO, FCEN, UBA)

La Corriente de Malvinas debe su nombre a las Islas Malvinas, ya que se origina en proximidades de las mismas. Para comprender su origen debemos mirar un mapa que incluya la circulación oceánica al sur de las Islas Malvinas (Fig. 1). Es posible entonces observar que es un desprendimiento hacia el Norte de una de las tres ramas de la Corriente Circumpolar Antártica, una corriente aún más vigorosa que fluye hacia el este rodeando el Continente Antártico. Después de pasar el pasaje de Drake (el estrecho que separa América del Sur de la Antártida) la Corriente Circumpolar se topa con una barrera topográfica importante: se trata de la continuación de la Cordillera de los Andes por debajo del mar, conocida como arco de Scotia o arco de las Antillas Australes (Fig. 1). La profundidad del océano en el Pasaje de Drake tiene una media de 4500 metros, mientras que no supera los 3000 sobre el arco de Scotia (éste incluye volcanes submarinos que en algunos casos alcanzan la superficie, ver Fig. 1).

Ahora bien, ¿qué ocurre con la Corriente Circumpolar Antártica (CCA)

cuando se encuentra con un “escalón” de 1500 metros? Pueden imaginarse la respuesta pensando en lo que le pasa a su río favorito de verano cuando se le construye un dique de piedra para facilitar el baño: el agua pasa por encima de las piedras y, al hacerlo, se produce turbulencia aguas abajo, que es tanto más importante según el caudal del río. Lo mismo le ocurre a la Corriente Circumpolar cuando pasa sobre el arco de Scotia, pero con un agregado importante debido a las grandes dimensiones (o escalas) involucradas en este caso. Sucede que la Corriente Circumpolar Antártica es bastante uniforme en la vertical, es decir, su velocidad vertical no varía mucho entre la superficie y el fondo. Esto, sumado al hecho de que el océano rota con el planeta Tierra (Fig. 2), hace que al superar el arco de Scotia una parte de la CCA se desvíe hacia la izquierda, es decir hacia el Norte, formando la Corriente de Malvinas.

La corriente así formada fluye al este de las Islas Malvinas y luego a lo largo del borde del talud continental, hacia el Ecuador (Fig. 2). Su recorrido se ve interrumpido por el encuentro con la Corriente de Brasil, cálida y mu-

Fig. 1. Promedio de 8 días (1 – 8 octubre 2011) de temperatura superficial del océano basado en imágenes satelitales de 9 km de resolución espacial. La temperatura en la imagen varía de 2 °C (tonos azules) a 25 °C (rojo). Los datos fueron obtenidos de <http://aqua.nasa.gov>.

cho más salina, que fluye en sentido contrario, hacia el Polo. El encuentro se produce aproximadamente a los 38° S, dando origen a una importante región frontal o de convergencia de masas de agua de diferentes características.

Como es de esperar por su origen, la Corriente de Malvinas transporta aguas frías, con temperaturas que varían típicamente entre los 2 °C y los 8 °C. Las aguas son además ricas en oxígeno y nutrientes, lo que fertiliza el océano a lo largo de su camino y contribuye a la intensa producción primaria que se observa a lo largo del borde del talud continental. Una

a medida que fluye hacia el Norte, la Corriente de Malvinas diverge (“se abre”) en la superficie, lo que induce surgencia como compensación. Otros trabajos sugieren que la surgencia necesaria para mantener los elevados valores de nutrientes que se observan es una consecuencia de la ocurrencia de ondas que se propagan a lo largo del borde del talud continental.

Las velocidades medias a lo largo de la Corriente de Malvinas son de aproximadamente 0,4 m/s, pero se midieron valores extremos de hasta 1,5 m/s. Otra medida útil para caracterizar la corriente es su transporte o caudal. El transporte de las corrientes oceánicas

Las corrientes oceánicas contribuyen de hecho a transportar grandes cantidades de calor y de sal en el océano. La circulación asociada se llama termohalina y cumple un rol fundamental en mantener el clima de la Tierra. Para entender por qué, debemos recordar que cuando la radiación solar calienta nuestro planeta no lo hace de forma uniforme, sino que depende de la latitud y de la época del año. En el Ecuador el flujo de energía solar es mucho mayor que en los Polos a lo largo de todo el año. La circulación termohalina, junto con la circulación atmosférica, se encarga de redistribuir el calor que recibe la Tierra del Sol. Así el océano, gracias a la gran capacidad de almacenar y transportar calor que tiene, cumple un rol clave en regular el clima de la Tierra. Las corrientes que fluyen en dirección Norte-Sur, como la Corriente de Malvinas, son en ese sentido de particular importancia pues transportan enormes masas de calor directamente de una latitud a otra. La Corriente de Malvinas es parte de la “ruta fría” de la circulación termohalina, es decir, transporta masas de agua fría desde los Polos hacia el Ecuador.

Gracias a la combinación de mediciones in-situ y remotas (mediante satélites) realizadas en la Corriente de Malvinas se pudo estimar con buena precisión una serie de tiempo del transporte de la Corriente de Malvinas (Fig. 4). Se puede observar que el mismo muestra grandes fluctuaciones. En algunos casos se conoce el origen, mientras que en otros aún es tema de estudio. Por ejemplo, los mínimos que se observan en agosto de 1994 y septiembre de 2001 son debidos a situaciones de bloqueo causadas por desprendimientos de enormes remolinos o ‘eddies’ que se generan en la región de confluencia de las corrientes de Brasil y de Malvinas. La posición del frente formado por la confluencia de estas corrientes se piensa que está relacionada sólo de forma marginal con el transporte de la Corriente de Malvinas. Las aguas cálidas subtropicales transportadas por la Corriente de Brasil liberan a la atmósfera enormes cantidades de calor, particularmente cuando se encuentran con aguas frías y en presencia de viento. Por estos motivos la posición del frente Brasil/Malvinas así como los remolinos de agua cálida que se liberan de la región de confluencia y viajan hacia el Sur pueden tener un impacto importante en el clima, tanto a nivel global como regional.

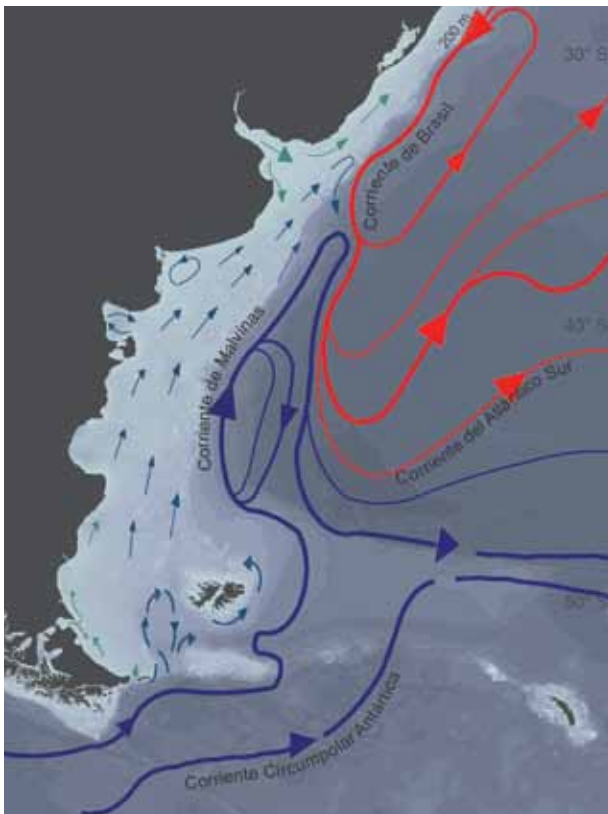


Fig. 2. Una propiedad fundamental para comprender el movimiento de los fluidos como el océano o la atmósfera, es la conservación de la vorticidad potencial. Esencialmente se trata de una expresión de la conservación del momento angular en los fluidos que se manifiesta en presencia de rotación (de la Tierra en nuestro caso) y de un cambio en la profundidad. Cuando un fluido es homogéneo en la vertical (como la CCA) se comporta como una columna de agua que está girando. Si la columna se comprime, porque debe superar una barrera submarina, tenderá a irse hacia la izquierda en el hemisferio sur (panel superior). Si la columna se estira, en cambio, se va a desplazar hacia la derecha (panel inferior).

mayor producción primaria se traduce en una fuerte actividad pesquera, como se puede observar en la Fig. 3. Para que los nutrientes lleguen a la zona eufótica (la región sub-superficial del océano donde hay suficiente cantidad de luz como para permitir el desarrollo del plancton) es necesario que ocurra un transporte hacia la superficie. Este transporte vertical se llama surgencia, a veces mencionada como “upwelling”, por el término en inglés. El mecanismo que produce la surgencia asociada a la Corriente de Malvinas es actualmente un tema de debate. Estudios teóricos indican que

suele medirse en Sverdups (Sv) o millones de metros cúbicos por segundo. Cerca de su punto de encuentro con la Corriente de Brasil, la Corriente de Malvinas presenta un transporte medio de 34 Sv. Para tener una idea de qué representa esta magnitud es útil compararla con el caudal de los ríos: el transporte medio del Amazonas, por ejemplo, es de 0,2 Sv, mientras que el del Río de la Plata es de 0,02 Sv. Esto nos hace reflexionar acerca de la capacidad de transportar propiedades (tales como calor, sal, oxígeno o nutrientes) de un lugar a otro que posee la Corriente de Malvinas.

Costa Patagónica/ ...La Corriente de Malvinas

Por otro lado, la Corriente de Malvinas no fluye pura y exclusivamente a lo largo del borde del talud (Fig. 1). Imágenes de satélite de color del mar y de temperatura superficial, así como el análisis de secciones hidrográficas realizadas en diferentes campañas oceanográficas, muestran claros indicios de que en su camino a lo largo del borde del talud la Corriente de Malvinas realiza intrusiones sobre la Plataforma Continental. Estas intrusiones tienen consecuencias muy importantes sobre la producción primaria en los lugares donde ocurren, ya que la concentración de clorofila superficial sube en uno o dos órdenes de magnitud (10 a 100 veces). Esto se traduce en un incremento importante de la actividad pesquera en esas regiones, como se puede observar en la Fig. 3, alrededor de 41° S, 57° W. Estudios realizados a partir de simulaciones numéricas sugieren además una relación directa entre la Corriente de Malvinas y la circulación en la Plataforma Continental: la presencia de la Corriente de Malvinas hace que el transporte hacia el Norte sea mucho mayor, de hasta el doble. No obstante no existen aún mediciones de las corrientes en ambas regiones que comprueben los resultados derivados de los modelos numéricos.

Como vimos, la Corriente de Malvinas tiene consecuencias fundamentales sobre el clima a nivel regional y global, sobre los ecosistemas regionales y sobre la actividad pesquera de la región. Es por tanto indispensable mejorar nuestra comprensión de los procesos que ocurren en la misma, lo que requiere que se realicen muchos más estudios y, particularmente, mediciones que complementen las observaciones satelitales y los resultados de los modelos numéricos ■

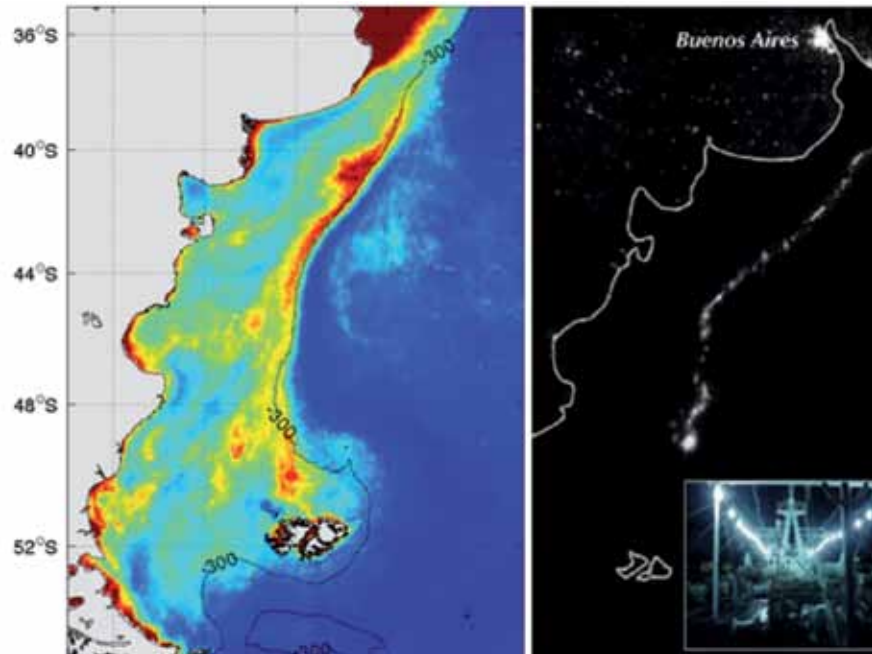
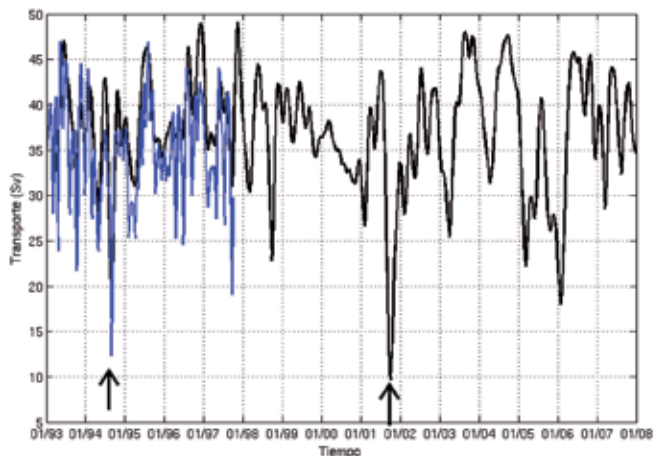


Fig. 3. Imagen satelital de barcos pesqueros a lo largo del borde del talud continental, en el panel derecho (adaptada de Rodhouse et ál., 2001). El panel izquierdo muestra el promedio de 4 años (2007-2010) de clorofila-a superficial basado en imágenes satelitales de 9 km de resolución espacial. Los datos de clorofila fueron obtenidos de <http://aqua.nasa.gov>.

Fig. 4. Transporte de la Corriente de Malvinas (unidades: Sv) en 41° S calculado con datos satelitales de altura del mar (línea negra) y a partir de datos de corriente medidos in-situ (línea azul). Los datos in-situ fueron gentilmente provistos por C. Provost. Las flechas indican períodos de tiempo para los cuales la corriente sufrió un bloqueo, impactando visiblemente su transporte.



Bibliografía:

Franco B. C., Piola A. R., Rivas A. L. y Palma E. D., *La Corriente de Malvinas* (2009), *Ciencia Hoy*, 19, 114, 27-31.

Piola, A. R., N. Martínez Avellaneda, R. A. Guerrero, F. P. Jardón, E. D. Palma, and S. I. Romero (2010). *Malvinas-slope water intrusions on the northern Patagonia continental shelf*, *Ocean Sci.*, 6, 345-359.

Piola, A. R. y V. Falabella, 2009, *El Mar Patagónico, en: Atlas del Mar Patagónico, especies y espacios*, V. Falabella, C. Campagna y J. Croxall (Eds.), Wildlife Conservation Society y BirdLife International, Buenos Aires, 55-75, ISBN: 978-987-25225-0-6.

Piola A. R. y R. P. Matano, 2001, Brazil and Falklands (Malvinas) Currents., In J. H. Steele, S.A. Thorpe and K. K. Turekian (eds.) *Encyclopedia of Ocean Sciences Vol. 1*, pp. 340 - 349. London, UK: Academic Press, doi:10.1006/rwos.2001.0358.

Rodhouse, P. G., C. D. Elvidge, and P. N. Trathan (2001), *Remote sensing of the global light-fishing fleet: An analysis of interactions with oceanography, other fisheries and predators*, in *Advances in Marine Biology*, edited, pp. 261-303, Academic Press.

Saraceno, M., C. Provost, and A. R. Piola (2005), *On the relationship of satellite retrieved surface temperature fronts and chlorophyll-a in the Western South Atlantic*, *Journal of Geophysical Research*, 110, C11016.

Marshall, J. y A. Plumb (2008), *Atmosphere, ocean, and climate dynamics: an introductory text*. Elsevier Academic Press. 319 pp., ISBN 13: 978-0-12-558691-7