



**HAL**  
open science

## Caracterización topológica de la Circulación de retorno meridional del Atlántico

Caterina Mosto, Gisela Daniela Charó, Pierre Le Bras, Pierre Tandeo, Florian Sévellec, Denisse Sciamarella

► **To cite this version:**

Caterina Mosto, Gisela Daniela Charó, Pierre Le Bras, Pierre Tandeo, Florian Sévellec, et al.. Caracterización topológica de la Circulación de retorno meridional del Atlántico. 108 Reunión Anual de Física 2023, <https://rafa2023.fisica.org.ar/comite-organizador>, Sep 2023, Bahía Blanca, Argentina. hal-04274457

**HAL Id: hal-04274457**

**<https://hal.science/hal-04274457>**

Submitted on 8 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Caracterización topológica de la Circulación de retorno meridional del Atlántico

Mosto C<sup>2</sup> <sup>3</sup>, Charó G D<sup>2</sup> <sup>3</sup>, Le Bras P<sup>4</sup>, Tandeo P<sup>1</sup>, Sévellec F<sup>1</sup>, Sciamarella D<sup>3</sup> <sup>5</sup>

<sup>1</sup> *IMT Atlantique, Lab-STICC, UMR CNRS 6285, Brest, France*

<sup>2</sup> *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad de Buenos Aires (UBA), Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA)*

<sup>3</sup> *IRL 3351 IFAECI, Institut Franco-Argentin d'Etudes sur le Climat et ses Impacts (CNRS – IRD – CONICET – UBA), C1428EGA CABA*

<sup>4</sup> *Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Univ. Brest CNRS Ifremer UBO, Brest, France*

<sup>5</sup> *„ Centre National de la Recherche Scientifique, 75016 Paris, France*

Una característica importante de los registros paleoclimáticos del último intervalo glacial en el Atlántico Norte es la pronunciada variabilidad milenaria, comúnmente conocida como los eventos Dansgaard-Oeschger (D-O). Estos consisten en un abrupto calentamiento de un par de décadas de los núcleos de hielo de Groenlandia y de la temperatura del Atlántico Norte y un enfriamiento lento a lo largo de varios siglos, con una periodicidad de unos  $1400 \pm 500$  años. La biestabilidad potencial de la circulación de retorno meridional del Atlántico (conocida como AMOC, por las siglas en inglés de Atlantic Meridional Overturning Circulation) apunta inmediatamente a la posibilidad de que los estados climáticos fríos y cálidos estén relacionados con su reorganización.

Partiendo de un modelo determinista idealizado de 3 grados de libertad de la AMOC, se agrega como variable clave en el tiempo la extensión más meridional de la cubierta de hielo marino (Sevellec y Fedorov, 2015). Esta dependencia temporal fue elegida especialmente para imitar un ciclo glacial-interglacial (encendido y apagado de la AMOC) típico del Pleistoceno tardío.

Para estudiar las propiedades dinámicas del modelo, abordaremos el problema con una aproximación topológica. La descripción proporciona información sobre los mecanismos invariantes que actúan para dar forma a un flujo en el espacio de estados y se realiza mediante la construcción de un templex. Un templex (Charó et al., 2022) es un objeto matemático dual compuesto por un complejo de celdas y un grafo dirigido que describen simultáneamente la estructura topológica del atractor y la acción del flujo sobre esa estructura. El complejo celular aproxima la variedad subyacente como un grupo estratificado de células pegadas por sus bordes, y el grafo dirigido codifica el modo en que las celdas están interconectadas por el flujo. El análisis algebraico de un templex

proporciona los caminos no equivalentes de celdas en los que puede visitarse el complejo utilizado para aproximar la estructura topológica del atractor. El complejo celular y el grafo dirigido pueden calcularse a partir de soluciones numéricas de las ecuaciones del modelo, pero también pueden reconstruirse a partir de series temporales, mediante embebidos.

La estructura básica del caso autónomo (en tres dimensiones) y no autónomo (autonomizado en cuatro dimensiones) es semejante y corresponde a un oscilador de relajación. Sin embargo, al autonomizar el sistema, se observa la coexistencia de dos estructuras topológicas separadas temporalmente. Por un lado, se observa una variedad no enramada correspondiente a un atractor cuasiperiódico asociado al apagado de la AMOC. Por el otro, en la fase de encendido, un atractor caótico con características en común con las de un oscilador de relajación de varias ramas.

Sévellec, F., and Fedorov, A. V. (2015). Unstable AMOC during glacial intervals and millennial variability: The role of mean sea ice extent. *Earth and Planetary Science Letters*, 429, 60-68.

Charó, G. D., Letellier, C., and Sciamarella, D. (2022). Templex: A bridge between homologies and templates for chaotic attractors. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 32(8).

**Contacto:** Caterina Mosto

**E-mail:** caterina.mosto@cima.fcen.uba.ar