



*1821 Universidad de Buenos Aires*

## **Resolución Consejo Directivo**

**Número:**

**Referencia:** EX-2025-02177880- -UBA-DMESA#FCEN - POSTGRADO - Sesión  
26/05/2025

---

**VISTO** la nota presentada por la Dirección del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Modelado Baroclínico del Océano** para el año 2025,

### **CONSIDERANDO:**

lo actuado por la Comisión de Doctorado,

lo actuado por la Comisión de Presupuesto y Administración,

lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada el día 26 de mayo de 2025,

en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1º:** Aprobar el nuevo curso de posgrado **Modelado Baroclínico del Océano** de 80 horas de duración, que será dictado por el Dr. Diego Moreira, con la colaboración del Ing. Guillaume Morvan y los Dres. Matías G. Dinápoli y Claudia G. Simionato.

**ARTÍCULO 2º:** Aprobar el programa del curso de posgrado **Modelado Baroclínico del Océano** que como anexo forma parte de la presente Resolución, para su dictado durante el cuarto bimestre de 2025.

**ARTÍCULO 3º:** Aprobar un puntaje máximo de tres (3) puntos para la Carrera de Doctorado.

**ARTÍCULO 4º:** Establecer un arancel de **CATEGORÍA MEDIA**, estableciendo que dicho arancel estará sujeto a los descuentos y exenciones estipulados mediante la Resolución CD N.º 1072/19. Disponer que los fondos recaudados ingresen en la cuenta presupuestaria habilitada para tal fin, y sean utilizados de acuerdo a la Resolución 072/03.

**ARTÍCULO 5º:** Disponer que, de no mediar modificaciones en el programa, la carga horaria y el arancel, el presente Curso de Posgrado tendrá una vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de la presente Resolución.

**ARTÍCULO 6º:** Comuníquese a todos los Departamentos Docentes, a la Dirección de Estudiantes y Graduados, a la Dirección de Movimiento de Fondos, a la Dirección de Presupuesto y Contabilidad, a la Biblioteca de la FCEyN y a la Secretaría de Posgrado con copia del programa incluida. Cumplido, pase ATMOSFERA#FCEN y resérvese.

**ANEXO**  
**PROGRAMA**

Modalidad: Presencial. Una clase teórico-práctica por día de 8hs por 2 semanas.  
Total 80 horas.

Objetivo General: El objetivo principal del curso es que los/las estudiantes adquieran conocimientos teórico-prácticos para la implementación de un modelo baroclínico en el océano y regiones costeras.

Entre los objetivos específicos se espera que los/las estudiantes:

Adquieran conocimientos sobre el modelado numérico del océano.

Aprendan sobre los ajustes, parametrizaciones y aproximaciones que se deben realizar en un modelo numérico, y las implicancias que esto conlleva.

Pongan en práctica los conocimientos adquiridos para la implementación de modelos numéricos aplicados a una cuenca de interés.

Mejoren sus capacidades para la representación y presentación de resultados científicos.

Adquieran capacidad crítica y de análisis de los resultados provenientes de los modelos numéricos.

1. Destinatarios:

Este curso está dirigido a todos aquellos estudiantes avanzados y profesionales vinculados a las siguientes disciplinas y áreas temáticas: oceanografía, meteorología, física, e ingeniería.

2. Fundamentos:

En los últimos años se han desarrollado, implementado y validado modelos numéricos globales y regionales que incluyen la componente baroclínica del océano. Los desarrollos globales como el NEMO (*Nucleus for European Modelling of the Ocean*), y los modelos regionales como CROCO (*Coastal and Regional Ocean Community Model*), o MARS (*Model for Applications at Regional Scales*), demostraron la utilidad de estos modelos para comprender grandes procesos dinámicos o costeros, y permitir realizar pronósticos de las principales variables del mar (nivel, temperatura, salinidad, etc.). También mostraron que la regionalización mejora los resultados de los modelos globales. Comprender las capacidades, las limitaciones y la aplicación de los modelos mejora la forma de utilizar estas herramientas. Por otro lado, las mejoras, la validación y la calibración que se pueden implementar para una región específica y de interés, permiten reducir los errores, aumentar la resolución y mejorar el conocimiento del área de estudio. Finalmente, la incorporación de módulos particulares que estos modelos contienen (descarga de ríos, interacción con las olas, transporte de partículas, sedimentos) pueden ser utilizados para diversos fines, permitiendo explorar nuevas aplicaciones.

### 3. Propósitos:

Este curso propone formar a estudiantes avanzados y profesionales del área, en la implementación de un modelo numérico baroclínico en una cuenca de interés utilizando bases de datos globales.

### 4. Contenidos separados en Módulos

- **Introducción:** Presentación, introducción. Definición de modelos numéricos, beneficios y limitaciones. Diferencias entre modelos barotrópicos y baroclínicos. Importancia del modelado baroclínico del océano y su impacto. Presentación módulos del modelo CROCO, estructura código, compilación. TP 1. Presentación ejemplo para Benguela en baja resolución. Ejercicio, implementación para el Mar Argentino (Atlántico sudoeste). generar un dominio y grilla de una configuración básica ARGENTINA\_LR.
- **Configuración inicial:** Definición de dominios, grillas, resolución y niveles verticales. Definición de condiciones de borde, esquemas de disipación en los bordes abiertos y manejo de bordes cerrados. Optimización código (OP y

MPI).TP 2. Presentación de ejemplo de Benguela en baja resolución, utilización de diferentes condiciones de borde. Ejercicio: implementación para el Mar Argentino (Atlántico sudoeste) o región de interés, generar sus propias condiciones de borde y forzantes de la configuración básica ARGENTINA\_LR.

- Condiciones iniciales: Inicialización del modelo, definición y aplicación de diferentes condiciones iniciales. Revisión de bases de datos de forzantes y climatologías. Manejo de datos de Mercator, Glorys, ERA5, etc. Definición de parámetros, ajustes, pasos de tiempo, criterio CFL. Compilación, ejecución del modelo, validación y calibración de resultados.TP 3. Presentación de ejemplo para Benguela en baja resolución, utilización bases de datos externa, descarga de datos a utilizar. Ejercicio: puesta en práctica para el Mar Argentino o región de interés. Generar su propia configuración baja resolución, condiciones de borde y forzantes). Compilar y ejecutar la configuración básica ARGENTINA\_LR.
- Primeras simulaciones: Utilización de condiciones iniciales (Mercator y ERA5). Validación de resultados comparación con casos reales. Visualización de los archivos de salida del modelo. Presentación de datos con escalas mensuales, anuales e interanuales. Formas de utilización de condiciones iniciales particulares, descarga ríos, marea, viento y olas.TP 4. Presentación de ejemplo para Benguela, puesta en práctica para el Mar Argentino o región de interés. Descarga de sus propios datos a utilizar para un periodo corto, e incorporarlos dentro de su configuración. Ajuste de parámetros y corridas de prueba. Compilar y ejecutar la configuración básica ARGENTINA\_LR.
- Validación y calibración: Validación y calibración de resultados de corridas de diferentes escalas de tiempo. Preparación de corridas de prueba, visualización e interpretación de primeros resultados, manejo de errores o ajustes. Optimización de códigos y recursos computacionales.TP 5. Casos analíticos, visualización e interpretación de resultados, manejo de errores o ajustes, para el caso de Benguela. Ejercicio: Puesta en práctica para el Mar Argentino o región de interés.
- Módulos adicionales y anidados: Presentación módulos. (AGRIF/PISCES/SEDIMENT/OLAS). Formas de su implementación, limitaciones y consideraciones particulares. Presentación de anidado. on-line, off-line, una y dos direcciones.TP 6. Ejercicio: Anidado para su nueva configuración. Utilización de diferentes resoluciones y dominios, utilización de las diferentes formas de anidados, ventajas y limitaciones.
- Configuraciones particulares: Implementación y validación específica para

diferentes casos de estudio. Formas particulares de incorporación de ríos, sedimentos, etc. TP 7. Ejercicio: Puesta en práctica esta nueva configuración con las opciones propuestas de anidado y configuraciones.

- Visualización: Formas de visualización e interpretación de resultados, calibraciones y ajustes adicionales. Posibles optimizaciones del modelo. TP 8. Ejercicios: Visualización e interpretación de nuevos resultados, calibraciones y ajustes, puesta en práctica para el Mar Argentino o región de interés.
- Puesta en común de los trabajos y alcances logrados de forma particular en cada dominio de interés. Discusión de resultados y posibilidades de trabajos a futuro. TP 9. Preparación del trabajo especial de implementación del modelo para una región de interés.
- Presentación de trabajo especial, puesta en común y discusión de logros alcanzados y propuestas de trabajo a futuro.

#### 5) Modalidad.

Modalidad didáctica: La modalidad de este curso es presencial, 8 horas por día durante dos semanas. Se desarrolla la materia a través de clases teórico-prácticas, con actividades a desarrollar en el laboratorio de computación o en las computadoras propias de los participantes.

Para finalizar se espera que cada estudiante entregue un informe donde incluirá todo el desarrollo realizado, con los resultados alcanzados acompañando los conceptos relevantes de ese caso. El último día del curso cada estudiante presentará los resultados en una exposición oral para favorecer el intercambio y el aprendizaje de forma colectiva. Se brindará a los estudiantes la posibilidad de consulta permanente durante las clases presenciales y virtuales.

Modalidad de evaluación: La evaluación de cada estudiante se realizará a través del informe y la presentación oral donde expondrá los resultados finales alcanzados.

#### 6) Recursos.

Los estudiantes tendrán a su disposición el laboratorio de Computación del 0+∞ con conexión a internet durante las clases prácticas o podrán utilizar sus propias computadoras. Se dispondrá también de espacio en un servidor del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera en caso de ser necesario.

## BIBLIOGRAFIA

La bibliografía de este curso consta de libros específicos del modelado numérico, y dos manuales de implementación de modelos regionales que se encuentran disponibles para toda la comunidad y se actualizan constantemente. También se agregan una gran serie de trabajos científicos que sustentan todos los desarrollos.

- Alexander F. Shchepetkin and James C. McWilliams. The regional oceanic modeling system
- (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modelling*, 9(4):347–404, January 2005.
- Alexander F. Shchepetkin and James C. McWilliams. Quasi-Monotone Advection Schemes Based on Explicit Locally Adaptive Dissipation. *Monthly Weather Review*, 126(6):1541–1580, June 1998
- Alexander F. Shchepetkin. An adaptive, Courant-number-dependent implicit scheme for vertical advection in oceanic modeling. *Ocean Modelling*, 91:38–69, July 2015.
- Atmospheric modeling, data assimilation and predictability. Eugenia Kalnay. Cambridge University Press. 2003. ISBN: 0521791790.
- Eric Blayo and L. Debreu. Revisiting open boundary conditions from the point of view of characteristic variables. *Ocean Modelling*, 9(3):231–252, January 2005
- Gary D. Egbert and Svetlana Y. Erofeeva. Efficient Inverse Modeling of Barotropic Ocean Tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19(2):183–204, February 2002.
- Dale R. Durran. Numerical Methods for Fluid Dynamics. Volume 32 of Texts in Applied Mathematics. Springer New York, New York, NY, 2010.
- Florian Lemarié, Guillaume Samson, Jean-Luc Redelsperger, Hervé Giordani, Théo Brivoal, and Gurvan Madec. A simplified atmospheric boundary layer model for an improved representation of air–sea interactions in eddy oceanic models: implementation and first evaluation in NEMO (4.0). *Geoscientific Model Development*, 14(1):543–572, January 2021
- *Ocean Modelling for Beginners. Using Open-Source Software.* Jochen Kämpf. Springer. 2009. ISBN: 978-3-642-00819-1
- *Atmosphere-Ocean Dynamics, Volume 30 (International Geophysics),* Adrian E. Gill, Academic Press, 1982, 662 pp., ISBN-10: 0122835220.
- *Geophysical Fluid Dynamics,* Joseph Pedlosky, Springer; 2nd ed. 1987. Corr. 2nd printing edition (March 25, 1992), 710 pp., ISBN-10: 0387963871.
- *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics - Physical and Numerical Aspects,* Benoit Cushman-Roisin y Jean-Marie Beckers. Academic Press, 2011, 875 pp. ISBN: 978-0-12-088759-0
- John C. Warner, Zafer Defne, Kevin Haas, and Hernan G. Arango. A wetting and

- drying scheme for ROMS. *Computers & Geosciences*, 58:54–61, August 2013.
- Andrej Nikolaevich Kolmogorov. Equations of turbulent motion in an incompressible fluid. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 30(4):299–303, 1942.
  - Laurent Debreu, Patrick Marchesiello, Pierrick Penven, and Gildas Cambon. Two-way nesting in split- explicit ocean models: Algorithms, implementation and validation. *Ocean Modelling*, 49-50:1–21, June 2012.
  - Patrick Marchesiello, James C. McWilliams, and Alexander Shchepetkin. Open boundary conditions for long-term integration of regional oceanic models. *Ocean Modelling*, 3(1-2):1–20, January 2001.
  - MARS model manual. Valérie Garnier, Sébastien Theetten, Bénédicte Thouvenin, Martin Huret. 2024. (<https://wwz.ifremer.fr/mars3d/Le-modele/Documentation>)
  - George L. Mellor and Tetsuji Yamada. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Reviews of Geophysics*, 20(4):851, 1982.
  - Croco model documentation 2024. Techican and numerical doc. S.Jullien, M.Caillaud, R. Benshila, L. Bordois, G. Cambon, F. Dufois, F. Dumas, J. Gula, M. Le Corre, S. Le Gentil, F. Lemarié, P. Marchesiello, G. Morvan, and S. Theetten. (<https://www.croco-ocean.org/documentation/>)
  - Lars Umlauf and Hans Burchard. A generic length-scale equation for geophysical turbulence models. *Journal of Marine Research*, 61:235–265, 2003.
  - Lionel Renault, S. Masson, T. Arsouze, Gervan Madec, and James C. McWilliams. Recipes for How to Force Oceanic Model Dynamics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, February 2020.
  - Yves Soufflet, Patrick Marchesiello, Florian Lemarié, Julien Jouanno, Xavier Capet, Laurent Debreu, and Rachid Benshila. On effective resolution in ocean models. *Ocean Modelling*, 98:36–50, February 2016.
  - William G. Large. Modeling and Parameterizing the Ocean Planetary Boundary Layer. In Eric P. Chassignet and Jacques Verron, editors, *Ocean Modeling and Parameterization*, pages 81–120. Springer Netherlands, Dordrecht, 1998.