

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**INSTITUTO DE BIOLOGÍA MARINA**

*En cooperación con el*  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO SUR-ORIENTAL**  
**(COPAS).**

**PROGRAMA DE ASIGNATURA**  
**“TÓPICOS DE LA OCEANOGRAFÍA DEL PACÍFICO SUR-ORIENTAL” (TOPAS)”.**

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

- 1.1 Nombre de la asignatura** : **TÓPICOS DE LA OCEANOGRAFÍA DEL PACÍFICO SUR-ORIENTAL” (TOPAS).**
- 1.2 Código** : BIMA 422
- 1.3 Créditos** : 4
- 1.4 Semestre** : 2 (sólo en años pares).
- 1.5 Tipo de asignatura** : teórico-práctico
- 1.6 Horas teóricas** : 3
- 1.7 Horas prácticas** : 2
- 1.8 Pre-requisitos** : BIMA 231, BIMA 281 o equivalentes.
- 1.9 Profesor responsable** : Humberto González E.
- 1.10. Profesor(es) colaborador(es)** : Wolfgang Schneider, Rubén Escribano V., Carmen Morales V., Oscar Pizarro A., Osvaldo Ulloa Q., Giovanni Daneri H., Laura Farías, Silvio Pantoja G., Renato Quiñones B., Rodrigo González S., Carina Lange M., Victor Ariel Gallardo G.
- 1.11 Cupos** : Sin restricción.

**2. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA**

Curso ofrecido por el Instituto de Biología Marina (UACH) y dictado por los integrantes del Centro de Oceanografía del Pacífico Sur-Oriental (COPAS, U. de Concepción, U. Austral de Chile y U. del Mar). Este curso está orientado a conocer y discutir las tendencias actuales (nuevos paradigmas) de investigación en el Sistema de Corriente de Humboldt (SCH) de Chile. Se enfatizarán los impactos ejercidos por perturbaciones locales (eventos de surgencia) y remotas (p. ej. El Niño Oscilación del Sur: ENOS) sobre los ecosistemas pelágicos y bentónicos. Además se

discutirá el rol de la **Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO)**, establecida por la presencia del agua ecuatorial sub-superficial) sobre los ciclos biogeoquímicos y sus impactos sobre el sistema climático global y la productividad regional.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general :

Analizar críticamente las perturbaciones físicas (remotas y locales) y la presencia de la ZMO sobre los sistemas pelágicos / bentónicos y los ciclos biogeoquímicos del SCH de Chile.

Al finalizar el curso, se espera que los alumnos estén en condiciones de:

#### 3.2 Objetivos específicos

- Entender la circulación de la gran escala del Pacífico con énfasis en el SCH.
- Analizar los ciclos de vida y dinámica poblacional del zooplancton asociados a la variabilidad ENOS.
- Analizar de procesos tróficos y metabólicos de organismos zooplanctónicos en relación a zonas de mínimo oxígeno: incidencia sobre los flujos de C y N del SCH.
- Entender los mecanismos físicos de ENOS y su impacto en la región.
- Comprender la variabilidad espacial y temporal de la producción primaria del SCH.
- Discutir los procesos de formación y utilización de materia orgánica en zonas oceánicas anóxicas.
- Analizar los mecanismos y procesos involucrados en el ciclo del nitrógeno en la ZMO del SCH.
- Discutir los procesos de transporte y alteración de material orgánico en el océano.
- Analizar retrospectivamente los estudios paleoceanográficos del SCH.
- Entender la dinámica de las comunidades macrobióticas bentónicas en Chile central dentro de un ciclo ENOS.
- Analizar los modelos y procesos de acoplamiento pelágico-bentónico en el SCH.

### 4. CONTENIDOS

(1) La circulación de la gran escala del Pacífico con énfasis en el SCH.

a. Background:

- Circulación termohalina, masas de agua.
- Movimiento de Ekman.
- Corrientes geostroficas.

b. La circulación actual del Pacífico:

- Distribución de masas de agua
- Giros sub-tropicales
- El Pacífico Sur Oriental

c. Sesión práctica: Visualización de datos hidrográficos con OCEAN DATA VIEW

(2) Ciclos de vida y dinámica poblacional del zooplancton asociados a la variabilidad ENOS

- Se describirán las estrategias de vida del zooplancton del SCH en relación a sus historias de vida y la influencia de variaciones ambientales en escalas de surgencias, estacionales e interanuales asociadas al ciclo ENOS.
- Se revisarán los métodos actuales para estudios de dinámica poblacional del zooplancton, con énfasis en aproximaciones para estimar sus tasas productivas y factores que determinan sus patrones de distribución espacial y temporal.
- Los tópicos serán cubiertos con clases en la mañana y un práctico en la tarde sobre metodologías de muestreo y análisis de ciclos de vida, métodos de estimación de producción secundaria y avances en el desarrollo de modelos biofísicos para estudiar dinámica poblacional de especies claves.

(3) Procesos tróficos y metabólicos de organismos zooplanctónicos en relación a zonas de mínimo oxígeno: incidencia sobre los flujos de C y N del SCH.

Rol de los componentes zooplanctónicos pelágicos en la dinámica de la bomba biológica, exportando C y N hacia profundidad, en forma pasiva y/o activa, con énfasis en estudios en zonas de mínimo oxígeno, donde parte importante de estos componentes pueden estar limitados en sus incursiones verticales mientras que otros viven asociados a estas condiciones. Se describen en detalle información sobre los procesos tróficos y metabólicos de zooplancton que inciden en la transferencia de C y N en sistemas pelágicos y en zonas de mínimo oxígeno, así como el grado de importancia en relación a otros procesos concurrentes. Se analiza información existente sobre la materia del SCH y se discuten los avances necesarios, en el contexto de variaciones climáticas.

(4) El Niño-Oscilación del Sur y su impacto en la región.

(a) Una visión actual del ENOS.

- Introducción a modelos acoplados de Océano-Atmósfera en regiones tropicales.
- Perturbaciones de larga escala en el océano y la atmósfera asociadas al ENOS.

(b) Impacto regional del ENOS.

- Características generales de la circulación oceánica regional.
- Perturbaciones intra-estacionales.
- El ciclo anual y las fluctuaciones inter-anales en la región: corrientes, nivel del mar, temperatura superficial del mar (TSM), termoclina y la oxiclina.
- Efectos sobre la circulación atmosférica y la precipitación en Sudamérica.

(5) Producción primaria en el SCH.

- Motivación, conceptos y definiciones.
- Diversidad de organismos fotosintéticos.
- Luz y fotosíntesis.
- Razón Redfield y limitación por macro y micro nutrientes.
- Producción primaria en distintos ambientes del SCH.
- Cambios de la producción primaria en el pasado en el SCH.

(6) Procesos de formación y utilización de materia orgánica en zonas oceánicas anóxicas.

- Formación de materia orgánica a través de procesos quimiosintéticos y de fotosíntesis en condiciones anóxicas.
- Utilización de materia orgánica disuelta en la zona del mínimo de oxígeno.

(7) Mecanismos y procesos involucrados en el ciclo del nitrógeno en la zona de mínima de oxígeno del SCH.

- Transformación de materia orgánica asociados a la oxiclina: tasas y procesos.
- Producción de  $N_2O$  por procesos de nitrificación y desnitrificación.
- Procesos de respiración anaeróbica como la desnitrificación en la columna de agua y sedimentos y sus implicancias ecológicas y climáticas.
- Metodologías y aproximaciones experimentales. Incluiría, además, ejercicios y problemas teóricos-prácticos.

(8) Transporte y alteración de material orgánico en el océano.

- Introducción. Ciclos biogeoquímicos.
- Composición bioquímica de organismos marinos.
- Distribución de compuestos orgánicos en el ambiente marino.
- Biogeoquímica del material orgánico disuelto.
- Materia orgánica particulada.
- Preservación de materia orgánica en sedimentos.

(9) Estudios paleoceanográficos del SCH.

Cambios en la circulación, ventilación, surgencia y productividad del SCH desde el último glacial al reciente, y su relación a cambios climáticos globales, con énfasis en estudios en zonas de mínimo oxígeno. Se enfatizan las reconstrucciones de a) la paleoproduktividad basadas en asociaciones de organismos marinos calcáreos y silíceos preservados en los sedimentos del SCH, y b) los cambios climáticos abruptos basados en la señal terrígena preservada cuya composición esta directamente ligada a cambios en las condiciones ambientales en el continente.

Estudios de alta resolución del Holoceno dirigidos hacia la reconstrucción histórica de eventos El Niño. Discusión de los avances necesarios, en el contexto de variaciones climáticas.

(10) Dinámica de las comunidades macrobióticas bentónicas en Chile central dentro de un ciclo ENOS.

Se examinará los cambios que experimenta la comunidad macrobiótica bentónica del sub-litoral frente a Concepción, incluyendo sus componentes eucarióticos y procarióticos, y el efecto de los cambios oceanográficos interanuales (ciclo ENOS) en la productividad, aporte y calidad de materia orgánica al fondo.

Los temas se desarrollarán en clases teóricas durante la mañana, mientras que la tarde se dedicará a hacer demostraciones sobre las características de la macro-biota bentónica, con especial énfasis en dar a conocer el peculiar componente procariótico. Esto considera la exhibición de videos y examen de muestras conservadas.

(11) Acoplamiento pelágico-bentónico en el SCH.

- Acoplamiento pelágico-bentónico. Conceptos y casos de estudio.
- Mecanismos de exportación de materia orgánica particulada a zonas profundas del océano.
- Flujos tróficos asociados a diversos ambientes del SCH. Trama trófica clásica versus anillo microbiano versus trama gelatinosa.

## 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La mayoría de las clases serán expositivas, sin embargo, esta contemplado el trabajo de laboratorio con el análisis de material biológico, el desarrollo de seminarios, de modelos biofísicos, presentación de videos y discusiones grupales. Cada semana el curso lo tomará un nuevo profesor que incluirá parte de su material en una página electrónica habilitada (en la UACH y/o UdeC) para que los estudiantes puedan “bajar” la información antes de la sesión de trabajo.

## 6. EVALUACIÓN

Dos pruebas escritas al medio y al final del período del curso. Cada certamen tiene una ponderación de 50%.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

### 7.1 Textos guías o de referencia

- Berger, W. H. y L. D. Labeyrie (eds.), 1987. Abrupt Climatic Change. Evidence and Implications. D. Reidel Publ., NATO ASI Series, Dordrecht, 425 pp.
- Berger, W. H., V. Smetacek, G. Wefer (eds.), 1989. Productivity of the Ocean: Present and Past. John Wiley & Sons, Chichester, new York, 471 pp.
- Fischer, G. y G Wefer (eds.) 1999. Use of Proxies in Paleoceanography, Examples from the South Atlantic. Springer, 735 pp.
- Halpern D. (2000) Satellites, Oceanography and Society. Elsevier, Amsterdam, 367 pp.
- Handa N., E. Tanoue & T. Hama (2000) Dynamics and Characterization of Marine Organic Matter. Kluwer

- Scientific Publishing Company, Tokyo, 558 pp.
- Harris R., P. Wiebe, J. Lenz, H. Skjoldal & M. Huntley (2000) ICES Zooplankton Methodology Manual. Academic Press, San Diego, 684 pp.
- Lalli C. & T. R. Parsons (1993) Biological Oceanography: An Introduction. Pergamon Press, Oxford, 301 pp.
- Longhurst A. (1998) Ecological Geography of the Sea. Academic Press, San Diego, 398 pp.
- Tomczak M. & J. S. Godfrey (1994) Regional Oceanography: An Introduction. Pergamon Press, Oxford. 422 pp.
- Schulz, H. D. & M. Zabel (eds.), 2000. Marine Geochemistry. Springer, Berlin, 455 pp.
- Seibold, E. y W. H. Berger, 1996 (third edition). The Seafloor. An introduction to marine Geology. Springer, Berlin, 356 pp.
- Summerhayes C. P., K.-C. Emeis, M. V. Angel, R. Smith & B. Zeitzschel (1995) Upwelling in the Ocean: Modern Processes and Ancient Records. John Wiley & Sons, Chichester, 422 pp.
- Summerhayes, C. P., W. L. Prell y K. C. Emeis (eds.), 1992. Upwelling Systems: Evolution since the early Miocene. The Geological Society, London, 517 pp.
- Wefer, G., W. H. Berger, G. Siedler, y D. J. Webb (eds.), 1996. The South Atlantic. Present and Past Circulation. Springer, Berlin, 644 pp.

## 7.2 Artículos científicos

- Daneri G., V. Dellarosa, R. Quiñones, B. Jacob, P. Montero & O. Ulloa (2000) Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 197: 41-49.
- Fossing H. V. A. Gallardo, B. Jorgensen, M. Hüttel, L. Nielsen, H. Schulz, D. Canfield, S. Forster, R. Glud, J. Gundersen, J. Küver, N. Ramsing, A. Teske, B. Thamdrup & O. Ulloa (1995). *Nature* 374: 713-715.
- González H. M. Sobarzo, D. Figueroa & E.-M. Nöthig (2000) Composition, biomass and potential grazing impact of the crustacean and pelagic tunicates in the northern Humboldt Current area off Chile: differences between El Niño and non-El Niño years. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 201: 201-220.
- Grünewald A., C. Morales, H. González, C. Silvestre & L. Castro (2002) Grazing impact of copepods assemblages and gravitational flux in coastal and oceanic waters off central Chile during two contrasting seasons. *J. Plankton Res.* 24(1): 5-67.
- Hebbeln D., M. Marchant & G. Wefer (2000) Seasonal variations of the particle flux in the Peru-Chile current at 30°S under "normal" and El Niño conditons. *Deep-Sea Res. II* 47: 2101-2128.
- Pagès F., H. González, M. Ramón. M. Sobarzo & J.-M. Gili (2001) Gelatinous zooplankton assemblages associated with water masses in the Humboldt Current System, and potential predatory impact by *Bassia bassensis* (Siphonophora: Calyptophorae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210: 13-24.
- Strub T., J. Mesias, V. Montecino, J. Rutllant & S. Salinas (1998) Coastal ocean circulation off Western South America. In: Brink, K. & A. Robinson (eds.) *The Sea*. Wiley & Sons, Inc., New York, pp: 273-313.
- Torres R., D. Turner, J. Rutllant, M. Sobarzo, T. Antezana & H. González (2002) CO<sub>2</sub> outgassing off central Chile (31-30°S) and northern Chile (24-23°S) during austral summer 1997: the effect of wind intensity on the upwelling and ventillation of CO<sub>2</sub>-rich waters. *Deep-Sea Res. I* (in press).
- Ulloa, O., R. Escribano, S. Hormazabal, R. Quiñones, R. González & M. Ramos (2001). Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in the upwelling ecosystem off northern Chile. *Geophys. Res. Lett.* 28(8): 1591-1594.

## 7.3 Revistas científicas de la especialidad

Nature, Science, Marine Ecology Progress Series, Journal of Geophysical Research, Journal of Physical Oceanography, Journal of Plankton Research, Limnology and Oceanography, Marine Biology, Journal of Marine Research, etc.