



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
COORDINACIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

Datos de identificación

Unidad académica: Facultad de Ciencias Marinas e Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Programa: Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera

Plan de estudios: 2021-1

Nombre de la unidad de aprendizaje: Dinámica del Océano

Clave de la unidad de aprendizaje:

Tipo de unidad de aprendizaje: Optativa

Horas clase (HC):

3

Horas prácticas de campo (HPC):

0

Horas taller (HT):

1

Horas clínicas (HCL):

0

Horas laboratorio (HL):

0

Horas extra clase (HE):

3

Créditos (CR): 7

Requisitos:

Perfil de egreso del programa

El egresado del Programa de Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera, tendrá una formación que le permita desarrollar una línea de investigación en las ciencias del mar de manera original e independiente con alta capacidad técnica y metodológica. Su formación le permitirá contribuir al avance del conocimiento científico y la solución de problemas emergentes del medio ambiente marino. El egresado del Programa de Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera será capaz de:

Evaluar el comportamiento integral de las condiciones oceanográficas y climatológicas, mediante la aplicación profesional del método científico incluyendo el trabajo interdisciplinario y multidisciplinario, así como su análisis crítico, para la implementación de estrategias innovadoras que resuelvan problemáticas emergentes regionales y globales para el aprovechamiento y protección del medio ambiente marino, con honestidad, responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Evaluar los efectos de las variaciones físicas y climatológicas en las variables químico-biológicas que ocurren en el océano, mediante la generación y aplicación de metodologías y técnicas multidisciplinarias de análisis biogeoquímicos, para la implementación de acciones innovadoras e integrales de mitigación que permitan la protección y uso sostenible de los recursos naturales marinos, con una actitud propositiva e innovadora y de responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Evaluar los componentes biológicos de un ecosistema, su relación y adaptación a las variables fisicoquímicas del ambiente y sus variaciones antrópicas, mediante la participación en equipos interdisciplinarios y multidisciplinarios, así como la generación de herramientas biotecnológicas innovadoras, para contribuir a la implementación de medidas de conservación y manejo de los recursos marinos fundamentadas en el valor de los bienes y servicios ambientales que brindan a los ecosistemas, con una actitud propositiva e innovadora y de responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Definiciones generales de la unidad de aprendizaje

Propósito general de esta unidad de aprendizaje:

Dinámica del Océano es una unidad de aprendizaje optativa del área de física del programa de Doctorado en Oceanografía Costera. Tiene como propósito capacitar al estudiante en caracterizar los procesos físicos más comunes en una

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

	región y analizar el efecto que tienen en la circulación y termodinámica a lo largo de la costa, y su aplicación a otras áreas de la oceanografía. Se recomienda haber cursado Oceanografía Física.
Competencia de la unidad de aprendizaje:	Distinguir los principales procesos oceánicos, a través del análisis de observaciones oceanográficas y simulaciones numéricas, para evaluar su impacto e integrarlos de manera global a eventos comunes en otras áreas de la oceanografía, con una actitud crítica y responsable.
Evidencia de aprendizaje (desempeño o producto a evaluar) de la unidad de aprendizaje:	Portafolio de evidencias que incluya la resolución de problemas y de las prácticas de cada unidad, en donde el estudiante aplica la teoría para resolver problemas, que ayuden a desarrollar la intuición de la dinámica oceánica y relacionarla con otras áreas de la oceanografía.

Temario	
I. Nombre de la unidad: Ecuaciones de movimiento en un sistema en rotación	Horas: 13
Competencia de la unidad: Analizar los efectos que tiene la rotación de la tierra y los distintos forzamientos en el océano, al jerarquizar los términos de las ecuaciones de movimiento, con la finalidad de evaluar su importancia en la dinámica oceánica, con una actitud crítica y responsable.	
Tema y subtemas:	
<p>1.1. Escalas de movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1. Escalas Temporales 1.1.2. Escalas espaciales <p>1.2. Sistemas de coordenadas y simetrías</p> <p>1.3. Campos vectoriales y escalares</p> <p>1.4. Operadores diferenciales</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1. Gradiente 1.4.2. Rotacional 1.4.3. Divergencia <p>1.5. Importancia de la rotación en los fluidos y efecto de Coriolis</p> <p>1.6. Aproximación en coordenadas cartesianas: Plano β y plano f</p> <p>1.7. Ecuaciones de conservación</p> <p>1.8. Ecuaciones de movimiento en un sistema en rotación</p> <p>1.9. Aproximación de Boussinesq e hidrostática y condiciones de frontera</p>	
Prácticas (taller):	Horas: 3
<p>1. Escalas temporal y espacial Elaborar una lista de los procesos oceánicos más comunes para asignar a cada uno de ellos su escala temporal y espacial, y especificar si las variables involucradas en este proceso son escalares o vectores.</p> <p>2. Análisis Vectorial Resolver ejercicios matemáticos que involucren los operadores diferenciales definidos en clase.</p>	

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p>3. Movimiento Inercial Se trabajará con las ecuaciones de movimiento de una partícula libre en un sistema no inercial. Se identificará la trayectoria que sigue la partícula, y la relación que existe entre el radio de la circunferencia y el tiempo que tarda en completar un ciclo.</p>	
---	--

II. Nombre de la unidad: Modelos de aguas someras	Horas: 11
--	------------------

Competencia de la unidad: Aplicar las distintas aproximaciones físicas a las ecuaciones de movimiento, mediante modelos que evidencian los procesos fundamentales de la dinámica oceánica, para analizarlos en su forma más simple, con una actitud proactiva y responsable.

Tema y subtemas:

2.1. Ecuaciones de aguas someras en un fluido homogéneo

2.1.1. Balance geostrófico

2.1.2. Ecuaciones de aguas someras en un fluido estratificado

2.2. Modelo de 2 capas

2.2.1. Modo Barotrópico

2.2.2. Modo Baroclínico

2.3. Modelo de 1 y ½ capas

Prácticas (taller):	Horas: 4
----------------------------	-----------------

1. Circulación en fluidos homogéneos.
 Utilizar un modelo numérico para estudiar la propagación de ondas en ausencia de estratificación, con diferentes escalas temporales y espaciales en océanos con geometrías simples. Además, se revisarán los conceptos de número de onda, frecuencia, y rapidez de fase, los cuales están relacionados a través de la relación de dispersión para este sistema de ecuaciones.

2. Balance Geostrófico
 Utilizar la mesa rotatoria, para probar diferentes métodos para inducir movimiento en el agua y analizar las diferencias para casos con y sin rotación.

3. Aplicaciones del Balance Geostrófico.
 Calcular velocidades geostróficas a partir de imágenes satelitales del nivel del mar. A partir de dichas velocidades, se identificarán rasgos sobresalientes en cada región. Generar remolinos en la mesa rotatoria mediante diferentes métodos, para observar el balance geostrófico involucrado en su generación.

III. Nombre de la unidad: Ondas oceánicas (Barotrópicas y Baroclínicas) y Remolinos de Mesoescala.	Horas: 12
---	------------------

Competencia de la unidad: Identificar los diferentes tipos de ondas oceánicas con y sin estratificación, a través del análisis de soluciones ondulatorias a las ecuaciones de movimiento, para determinar sus características y su relevancia en la dinámica oceánica, con actitud analítica y asertiva.

Tema y subtemas:

3.1. Ondas de gravedad sin rotación

3.1.1. Ondas inerciales

<p>3.1.2. Ondas de Kelvin</p> <p>3.2. Ondas de Rossby</p> <p style="padding-left: 20px;">3.2.1. Ondas de Rossby topográficas</p> <p style="padding-left: 20px;">3.2.2. Ondas de Rossby planetarias</p> <p>3.3. Remolinos de mesoescala</p> <p style="padding-left: 20px;">3.3.1. Remolinos ciclónicos</p> <p style="padding-left: 20px;">3.3.2. Remolinos anticiclónicos</p>	
<p>Prácticas (taller):</p> <p>1. Diferencias entre modos barotrópicos y baroclínicos. Utilizar modelos numéricos de 1 y 1.5 capas para generar ondas planas monocromáticas de frecuencia arbitraria y analizar las diferentes respuestas de cada modelo.</p> <p>2. Respuesta ante estratificación. Analizar la respuesta de cada uno de los modos con una onda de Kelvin, y reportar las principales características de estas, así como las diferencias encontradas entre el modelo con y sin estratificación.</p> <p>3. Importancia de los remolinos de mesoescala. Especificar las condiciones iniciales de un remolino en un modelo de 1.5 capas. Experimentar con remolinos ciclónicos y anticiclónicos de diferentes latitudes, radios, amplitudes, estratificaciones y con el grosor de la capa. Además, analizar la propagación en función de los parámetros ambientales.</p> <p>4. Visualizar el impacto de los remolinos de mesoescala en el ambiente marino. En la mesa rotatoria construir un sistema de dos capas de diferente densidad, para formar remolinos ciclónicos y anticiclónicos y observar la respuesta de la interfase y el movimiento de la traslación del remolino.</p>	<p>Horas: 5</p>

IV. Nombre de la unidad: Sistemas de surgencias costeras y frentes oceánicos	Horas: 12
<p>Competencia de la unidad: Caracterizar los forzantes que producen surgencias, a través del análisis de las ecuaciones que describen el evento, con el fin de identificar los diferentes mecanismos físicos presentes en frentes oceánicos, con actitud proactiva y analítica.</p>	
<p>Tema y subtemas:</p> <p>4.1. Descripción del proceso de surgencias</p> <p style="padding-left: 20px;">4.1.1. Forzamiento por viento</p> <p style="padding-left: 20px;">4.1.2. Transporte de Ekman</p> <p>4.2. Surgencias costeras</p> <p style="padding-left: 20px;">4.2.1. Escalas de tiempo físicas</p> <p style="padding-left: 20px;">4.2.2. Regímenes de surgencias costeras</p> <p>4.3. Otros mecanismos que producen surgencias</p> <p style="padding-left: 20px;">4.3.1. Divergencia del viento</p> <p style="padding-left: 20px;">4.3.2. Succión por viento</p>	

4.4. Localización de los principales sistemas de surgencias en el mundo

4.4.1. Surgencia Ecuatorial

4.4.2. Vientos Paralelos a la costa

4.4.3 Viento perpendicular a la costa

4.5. Frentes oceánicos

4.5.1. Descripción de los frentes oceánicos

4.5.2. Clasificación de frentes oceánicos

Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):

Horas: 4

1. Evidencia de Surgencia en Mares Mexicanos.

Analizar imágenes satelitales de temperatura superficial del mar, clorofila, y viento de los mares mexicanos para señalar las regiones con anomalías de temperatura bajas, correlacionando visualmente con campos de viento y clorofila correspondientes.

2. Surgencias Regionales en México.

Repartir por equipo las siguientes regiones: Costa del Pacífico de Baja California, Golfo de California, Golfo de Tehuantepec, Golfo de México, Región de Cabo Corrientes. Buscar evidencias de surgencia y analizar el mecanismo forzante de cada una de estas regiones. Reportar en forma oral las conclusiones para la región.

Estrategias de aprendizaje utilizadas:

Durante las sesiones de teoría y taller se plantearán preguntas o ejercicios para motivar la discusión de los temas

- Realizar actividades correspondientes a teoría y taller.
- Entregar puntualmente los reportes requeridos.
- Participar activamente en las discusiones de teoría y taller.

Criterios de evaluación:

3 Exámenes parciales (20 % c/u).....	60%
Portafolio de prácticas.....	20%
Portafolio de ejercicios en clase.....	20%
Total.....	100%

Criterios de acreditación:

- El estudiante debe cumplir con lo estipulado en el Estatuto Escolar vigente u otra normatividad aplicable.
- Calificación en escala de 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 70.

Bibliografía:

LeBlond, P. & Mysak, L.A. (1978). *Waves in the ocean*. Elsevier Oceanographic Series (vol. 20). New York: Elsevier. [clásico] GC211.5 L42.

Gill, A. (1982). *Atmosphere-Ocean Dynamics*. International Geophysical Series (vol. 30). San Diego: Academic Press. [clásico] GC190 G55

Pedlosky, J. (1987). *Geophysical Fluid Dynamics*. New York: Springer Verlag. [clásico]

Universidad Autónoma de Baja California
Coordinación General de Investigación y Posgrado

Kundu, P.K. & Cohen, I. M. (2007). *Fluid Mechanics (4a. ed.)*. Massachusetts USA: Academic Press. [clásico]
QA901 K85

Cushman-Roisin, B. (2009). *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics*. New Jersey: Prentice Hall. [clásico]
QC809 .F5 C88

Cushman-Roisin, B. & Beckers, J.M. (2011). *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics: Physical and Numerical Aspects (2a. ed.)*. International Geophysical Series (vol. 101). Massachusetts: Academic Press. [clásico]
QC809 .F5 C88

Kämpf, J. & Chapman, P. (2016). *Upwelling Systems of the World*. Switzerland: Springer. GC 228.5 K35

Vallis, G. (2017). *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation*. Cambridge: Cambridge University Press. QC809 .F5 V35

Fecha de elaboración / actualización: Agosto, 2020.

Perfil del profesor: El instructor deberá tener el grado de Doctorado en un área afín a la Oceanografía Dinámica, tener conocimientos de modelación numérica y análisis de datos oceanográficos.

Nombres y firmas de quienes diseñaron el Programa de Unidad de Aprendizaje:

Dra. Ana Laura Flores Morales
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Oceanografía Sinóptica

Dr. Antonio Martínez Alcalá
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Dinámica de fluidos geofísicos

Dr. Reginaldo Durazo Arvizu
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Oceanografía Sinóptica

Nombre y firma de quién autorizó el Programa de Unidad de Aprendizaje:

Dra. Lus Mercedes López Acuña
Directora de la Facultad de Ciencias Marinas
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Biotecnología Acuícola Animal

Dr. Alejandro Cabello Pasini
Director del Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Investigador de Tiempo Completo
IIO, CA de Botánica Marina

Nombre(s) y firma(s) de quién(es) evaluó/revisó (evaluaron/ revisaron) de manera colegiada el Programa de Unidad de Aprendizaje:

Dr. Rubén Castro Valdez
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Oceanografía Sinóptica

Dr. Braulio Juárez Araiza
Investigador de Tiempo Completo
IIO, CA de Procesos Litorales