



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: Modelación Numérica del Océano

Clave de la unidad de aprendizaje:

Tipo de unidad de aprendizaje: Optativa

Horas clase (HC):

2

Horas prácticas de campo (HPC):

0

Horas taller (HT):

2

Horas clínicas (HCL):

0

Horas laboratorio (HL):

0

Horas extra clase (HE):

2

Créditos (CR): 6

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:

La unidad de aprendizaje Modelación Numérica del Océano es de carácter optativa, está integrada en el área de física del programa de Doctorado en

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

	Oceanografía Costera con el propósito de que el estudiante adquiera los conceptos básicos y herramientas necesarias para representar numéricamente mecanismos que ayudan a entender fenómenos que gobiernan la dinámica oceánica, así como, evaluar las capacidades y límites de algunos modelos hidrodinámicos utilizados en oceanografía física y así contribuir en el entendimiento de procesos relacionados con fenómenos biológicos, químicos de la oceanografía.
Competencia de la unidad de aprendizaje:	Aplicar los conceptos básicos de la modelación numérica empleada en oceanografía, a través del análisis de métodos y esquemas utilizados en la resolución numérica de sistemas de ecuaciones, para representar de forma adecuada los procesos físicos del océano, de manera crítica, analítica y honesta.
Evidencia de aprendizaje (desempeño o producto a evaluar) de la unidad de aprendizaje:	Proyecto final de la construcción de un modelo sencillo para un problema específico, en donde el estudiante integra y aplica los conocimientos teórico-prácticos adquiridos y lo defiende de manera oral .

Temario	
I. Nombre de la unidad: Cálculo infinitesimal – <i>versus</i> – cálculo con diferencias finitas	Horas: 10
Competencia de la unidad: Analizar la estructura básica de un modelo numérico, por medio de la comparación de sus principales componentes, para representar adecuadamente diferentes procesos físicos de la dinámica oceánica, con un criterio constructivo, analítico y perseverante.	
Tema y subtemas:	
<p>1.1. Derivación e integración espacial de datos</p> <p> 1.1.1. Derivadas centradas de primer orden</p> <p> 1.1.2. Derivadas descentradas</p> <p> 1.1.3. Derivadas de orden superior</p> <p>1.2. Derivación e integración temporal de datos</p> <p> 1.2.1. El criterio Courant-Friedrich-Levy (CFL)</p> <p> 1.2.2. Esquema de Salto de Rana</p> <p> 1.2.3. Esquema predictor-corrector</p> <p>1.3. Diferencias finitas y ecuaciones diferenciales ordinarias: Esquemas de integración</p> <p> 1.3.1. Ecuaciones diferenciales de primer orden</p> <p> 1.3.2. Ecuaciones diferenciales de segundo orden</p> <p>1.4. Diferencias finitas y ecuaciones diferenciales parciales parabólicas e hiperbólicas en 1 dimensión.</p> <p> 1.4.1. Forzamientos y condiciones iniciales y de frontera utilizados en los modelos numéricos de circulación en oceanografía</p> <p> 1.4.2. Ecuación de difusión</p> <p> 1.4.3. Ecuación de KDV</p> <p> 1.4.4. Ecuación de onda</p>	

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p>Prácticas (taller):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar los conceptos de cálculo diferencial en el análisis de datos satelitales para calcular derivadas en espacio y tiempo de ciertas cantidades importantes en oceanografía (3 hrs). 2. Resolver numéricamente una ecuación diferencial ordinaria y otra parcial, en la que se haga uso de los conceptos de diferencias finitas y condiciones iniciales y de frontera aprendidos, apoyándose en la consulta de las notas de clase y la bibliografía recomendada (3 hrs). 3. Construir un modelo de las ecuaciones de aguas someras en 1D. El estudiante utiliza los conceptos de diferencias finitas e identifica la necesidad del uso de mallas descentradas. Trabajar de manera colaborativa, consultando los apuntes de clase y la bibliografía recomendada (4 hrs). 	<p>Horas: 10</p>
---	-------------------------

<p>II. Nombre de la unidad: Casos de estudio con ecuaciones de aguas someras</p>	<p>Horas: 17</p>
<p>Competencia de la unidad: Construir un modelo numérico bidimensional (2D), por medio del uso de diferencias finitas, para simular un proceso oceanográfico de interés, con actitud propositiva, analítica y compromiso.</p>	
<p>Tema y subtemas:</p> <p>2.1. Sistema de ecuaciones diferenciales parciales</p> <p style="padding-left: 20px;">2.1.1. Sistema de ecuaciones de aguas someras</p> <p style="padding-left: 40px;">2.1.1.1. Modo externo</p> <p style="padding-left: 40px;">2.1.1.2. Modo interno</p> <p>2.2. Forzamiento por viento</p> <p>2.3. Ondas</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.1. Olas</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.2. Mareas</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.3. Ondas atrapadas</p> <p>2.4. Simulación de un remolino oceánico</p>	
<p>Prácticas (taller):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modificar el modelo desarrollado en la unidad previa, para convertirlo en 2D y adaptarlo para representar algún evento oceánico (por ejemplo: mareas, propagación de ondas, forzamiento con viento, entre otros) (6 hrs). 2. Adaptar el modelo desarrollado anteriormente a un caso conocido (por ejemplo: mareas en el Golfo de California, propagación de ondas atrapadas a la costa, reflexión de ondas ante cuerpos sumergidos, diseño de un puerto, generación de surgencias entre otros). Realizar un reporte escrito donde detalle el evento estudiado y sus resultados (8 hrs). 3. Presentar una exposición oral que integre los conceptos aprendidos de diferencias finitas, y mostrar los resultados obtenidos acerca de las diferencias entre un modelo 1-D o 2-D lineal o no lineal (3 hrs). 	<p>Horas: 17</p>

III. Nombre de la unidad: Características generales de modelos numéricos hidrodinámicos más empleados en oceanografía	Horas: 5
Competencia de la unidad: Comparar la estructura básica de algunos modelos numéricos hidrodinámicos más empleados en oceanografía, a través de la identificación de sus principales componentes numéricos, con la finalidad de seleccionar el modelo más adecuado que represente ciertos procesos oceánicos, con un criterio constructivo y analítico.	
Tema y subtemas: 3.1. Clasificación de los modelos numéricos hidrodinámicos más empleados en oceanografía 3.1.1. Revisión de las escalas de espacio dependiendo de los procesos oceánicos involucrados 3.1.2. Revisión de las escalas de tiempo dependiendo de los procesos oceánicos involucrados 3.2. Clasificación de los modelos numéricos hidrodinámicos dependiendo de las coordenadas verticales 3.2.1. Coordenadas zeta 3.2.2. Coordenadas sigma 3.2.3. Coordenadas isopicales 3.2.4. Coordenadas híbridas 3.3. Aplicaciones específicas 3.3.1. Hidrostáticos vs no-hidrostáticos 3.3.2. Modelos espectrales 3.3.3. Modelos de sedimentos 3.3.4. Modelos con asimilación de datos 3.4. Características generales de los principales modelos numéricos hidrodinámicos utilizados en oceanografía 3.4.1. ROMS 3.4.2. HYCOM 3.4.3. MERCATOR 3.4.4. FVCOM 3.4.5. DELFT3D 3.4.6. XBEACH	
Prácticas (taller): 1. Analizar las fortalezas y debilidades de cada modelo en función de los esquemas numéricos utilizados, poder de cómputo necesario para resolver un problema, uso dentro de la comunidad científica, disponibilidad de software libre, tipo de problema que el modelo resuelve con mayor precisión, límites del modelo, esquemas asociados al modelo hidrodinámico (por ejemplo, si contiene paquetería para resolver problemas biológicos, geoquímicos, biogeoquímicos, ecosistema, etc), dichos resultados se presentarán en una tabla (2 hrs). 2. Comparar imágenes de temperatura superficial y nivel de mar obtenidas tanto de satélite como de distintos modelos hidrodinámicos oceánicos, con y sin asimilación de datos, de cierta región de alguno de los mares mexicanos, para analizar las diferencias	Horas: 5

encontradas y evaluar el nivel de resolución de algunos fenómenos y características físicas que alcanza cada modelo (3 hrs).	
--	--

Estrategias de aprendizaje utilizadas:

- Realizar las actividades correspondientes a teoría y taller.
- Elaborar los reportes requeridos.
- Participar activamente en las sesiones de teoría y taller.
- Realizar exposiciones orales sobre los casos de estudio en cada unidad.
- Consultar y analizar la bibliografía recomendada.

Criterios de evaluación

Examen teórico-práctico 1	15%
Examen teórico-práctico 2	15%
Prácticas del taller	40%
Proyecto Final: Construcción de un modelo sencillo para un problema específico	30%
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:

O'Brien, J.J. (1986). *Advanced Physical Oceanographic Numerical Modeling*. Francia: NATO Science Series C. [clásico].

Kantha, L. & Clayson, C. (2000). *Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes*, International Geophysics Series (vol. 66). San Diego: Academic Press. [clásico]. GC10.4 .M36 K35

Griffies, S.M. (2004). *Fundamentals of Ocean Climate Models*. Princeton: Princeton University Press. [clásico]

Lars Petter Roed. (2018). *Atmospheres and Oceans on Computers: Fundamental Numerical Methods for Geophysical Fluid Dynamics*. New York: Springer.

Miller, R. (2007). *Numerical Modeling of Ocean Circulation*. Cambridge: Cambridge University Press. [clásico]

Kämpf, J. (2010). *Ocean Modelling for Beginners-Using Open-Source Software*. New York: Springer.

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 2011

Fecha de elaboración / actualización: Agosto, 2020.

Universidad Autónoma de Baja California
Coordinación General de Investigación y Posgrado

Perfil del profesor: El instructor deberá tener el grado de Doctorado en un área afín a la Oceanografía, tener experiencia en temas de modelación numérica del océano, métodos numéricos 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

Dra. Sorayda Tanahara Romero
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Dinámica de fluidos geofísicos

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

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

Nombres y firmas de quienes evaluaron/ revisaron de manera colegiada el Programa de Unidad de Aprendizaje:

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

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