



**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: Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera

Plan de estudios: 2021-1

Nombre de la unidad de aprendizaje: Oceanografía Costera: Física

Clave de la unidad de aprendizaje:

Tipo de unidad de aprendizaje: Obligatoria

Horas clase (HC):

2

Horas prácticas de campo (HPC):

0

Horas taller (HT):

1

Horas clínicas (HCL):

0

Horas laboratorio (HL):

0

Horas extra clase (HE):

2

Créditos (CR): 5

Requisitos:

**Perfil de egreso del programa**

El egresado del Programa de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera, tendrá una formación que le permita desarrollar una alta capacidad técnica y metodológica para la práctica de la investigación en las ciencias del mar. Su formación le permitirá contribuir a la solución de problemas específicos, al desarrollo científico y a la protección del medio ambiente marino. El egresado del Programa de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera será capaz de:

Analizar el comportamiento de las condiciones oceanográficas y climatológicas, mediante la aplicación profesional del método científico incluyendo el trabajo multidisciplinario y su análisis crítico, para el desarrollo y la difusión del conocimiento que contribuya a la implementación de estrategias adecuadas a las condiciones regionales y globales para el aprovechamiento y protección de la zona costera, con honestidad, responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

Analizar los efectos de las variaciones físicas y climatológicas en las variables químico-biológicas que ocurren en la zona costera, mediante la comprensión de conceptos y la aplicación multidisciplinaria de metodologías y técnicas de análisis biogeoquímicos, para proponer acciones 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.

Analizar 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 multidisciplinarios y el uso de herramientas biotecnológicas, para contribuir al desarrollo de medidas de conservación y manejo de los recursos marinos fundamentadas en el valor de los 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:**

El programa de unidad de aprendizaje de Oceanografía Costera: Física tiene la finalidad de capacitar al alumno en los distintos procesos y fenómenos físicos que ocurren en el océano, en sus múltiples escalas de espacio y tiempo con un enfoque multidisciplinario, para que contribuya al avance del conocimiento científico y a la solución de problemas del medio ambiente marino.

**Competencia de la unidad de aprendizaje:**

Analizar las condiciones físicas del océano, a través del estudio de los fenómenos y procesos que intervienen en la distribución espacio-temporal de sus propiedades, para resolver problemas del medio ambiente marino, con una actitud crítica y responsable.

**Universidad Autónoma de Baja California**  
Coordinación General de Investigación y Posgrado

<b>Evidencia de aprendizaje (desempeño o producto a evaluar) de la unidad de aprendizaje:</b>	<p>Portafolio de evidencias que conjunte los resultados de las prácticas de taller y tareas realizadas, que incluyan el análisis e interpretación de datos oceanográficos.</p> <p>Presentación de una investigación documental sobre las bases teórico-prácticas de la oceanografía física, mediante la síntesis de textos científicos de contenido interdisciplinario.</p>
---	---

<b>Temario</b>	
<b>I. Nombre de la unidad:</b> Introducción a la Oceanografía Física	<b>Horas: 3</b>
<b>Competencia de la unidad:</b> Examinar la variabilidad de los fenómenos y procesos físicos del océano a diferentes escalas espacio-temporales, por medio del análisis de referentes teóricos, para construir un panorama sobre los antecedentes de la Oceanografía Física, con actitud analítica.	
<p><b>Tema y subtemas:</b></p> <p><b>1.1. Formas de estudio y perspectivas de la oceanografía física</b></p> <p>    <b>1.1.1.</b> Oceanografía observacional/sinóptica y dinámica. Relación entre observaciones, teoría y modelos</p> <p>    <b>1.1.2.</b> Importancia de su estudio</p> <p><b>1.2. Características físicas de los océanos</b></p> <p>    <b>1.2.1.</b> Dimensiones del océano, fisiografía general del piso oceánico</p> <p><b>1.3. Escalas de los movimientos oceánicos</b></p> <p>    <b>1.3.1.</b> Escalas espaciales y temporales de los procesos y fenómenos en el océano</p> <p><b>1.4. Reseña sobre los avances de la oceanografía física</b></p> <p>    <b>1.4.1.</b> Extracto sobre su evolución</p> <p>    <b>1.4.2.</b> Personajes más relevantes y sus contribuciones</p>	
<b>Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):</b>	<b>Horas: 1</b>
1. Desarrollar un mapa conceptual que considere los procesos y fenómenos oceánicos para identificar sus escalas y forzantes. (1 hora)	

<b>II. Nombre de la unidad:</b> Interacción océano-atmósfera	<b>Horas: 6</b>
<b>Competencia de la unidad:</b> Analizar las variables que interactúan en la interfaz océano-atmósfera, mediante modelos conceptuales, bases de datos y aplicación de fórmulas empíricas, para simular e inferir los procesos de intercambio aire-mar, con actitud crítica, responsable y respeto a la naturaleza.	
<p><b>Tema y subtemas:</b></p> <p><b>2.1. La radiación solar y su distribución en la tierra</b></p> <p>    <b>2.1.1.</b> Energía emitida por el sol como una radiación de cuerpo negro y la constante solar</p> <p>    <b>2.1.2.</b> Distribución de la energía. Geometría tierra sol, plano eclíptico y variabilidad anual</p> <p><b>2.2. Equilibrio radiativo y la temperatura efectiva</b></p> <p>    <b>2.2.1.</b> Energía promedio colectada y absorbida en la tierra</p> <p>    <b>2.2.2.</b> Temperatura de equilibrio radiativo. Efecto de invernadero</p> <p>    <b>2.2.3.</b> Ejemplos hipotéticos y consideraciones actuales del efecto de invernadero</p> <p>    <b>2.2.4.</b> Promedio global del balance de energía atmosférico</p>	

**2.3. Variables atmosféricas**

**2.3.1.** Temperatura del aire, presión atmosférica, viento, humedad relativa, cobertura de nubes

**2.4. Intercambios de calor y agua a través de la interfaz océano-atmósfera**

**2.4.1.** Flujos de radiación (onda corta, onda larga) y flujos de calor latente y sensible

**2.4.2.** Flujo neto de calor. Ejemplos de sus estimaciones

**2.4.3.** Consecuencias de los flujos de calor en el océano y en la atmósfera

**2.4.4.** Balance de calor en el océano: calor almacenado, flujo neto de calor y transporte horizontal de calor

**2.4.5.** Evaporación y precipitación

**2.5. Circulación atmosférica**

**2.5.1.** Celdas de convección: Hadley, Ferrel, Polar, Walker

**2.5.2.** Sistema de circulación atmosférica global

**2.5.3.** Sistema de vientos asociados a brisas y monzones. Ejemplos

**2.5.4.** Caso de estudio de patrones de viento regional: vientos tehuanos y vientos Santa Ana

**Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):**

**Horas: 3**

1. Efecto invernadero. (1 hora)

Plantear ejemplos de diferentes escenarios de equilibrio radiativo para resolver problemas del efecto de invernadero hipotético (una y dos capas) y analizar cómo se modifica la temperatura de la tierra. Comparar con la temperatura actual.

2. Flujos de calor (2 horas).

A partir de observaciones de variables atmosféricas y de la temperatura del mar estimar los intercambios de calor a través de la interfaz aire-mar. Discutir la importancia relativa de cada variable y su influencia sobre las ganancias y/o pérdidas en el flujo neto en una región de estudio..

**III. Nombre de la unidad:** Propiedades físicas y distribución de variables oceanográficas

**Horas: 8**

**Competencia de la unidad:** Analizar la distribución de las variables oceanográficas, mediante el estudio de bases de datos hidrográficas, para comparar las características oceánicas regionales, con actitud analítica y responsabilidad.

**Tema y subtemas:**

**3.1.** Propiedades físicas del agua de mar

**3.1.1.** Calor específico, compresibilidad, viscosidad, difusión y conducción térmica

**3.1.2.** Presión

**3.1.3.** Temperatura, calor y temperatura potencial

**3.1.4.** Conductividad y salinidad

**3.1.5.** Ecuación de estado del agua de mar. Uso de las fórmulas internacionales TEOS-2010

**3.1.6.** Ecuación de equilibrio hidrostático

**Universidad Autónoma de Baja California**  
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p><b>3.1.7.</b> Estabilidad estática y Frecuencia de Brunt-Väisälä</p> <p><b>3.1.8.</b> La velocidad del sonido en el océano</p> <p><b>3.2.</b> Distribución de variables oceanográficas</p> <p><b>3.2.1.</b> Distribución horizontal de temperatura, salinidad y densidad</p> <p><b>3.2.2.</b> Formación de la capa de mezcla. Termoclina estacional y termoclina permanente</p> <p><b>3.2.3.</b> Distribución vertical de temperatura, salinidad y densidad</p> <p><b>3.2.4.</b> Diagramas T-S y masas de agua en los océanos. Circulación termohalina</p> <p><b>3.2.5.</b> Cuencas de concentración y de dilución</p> <p><b>3.3.</b> Aspectos regionales de las masas de agua en mares de México</p> <p><b>3.3.1.</b> Golfo de California</p> <p><b>3.3.2.</b> Pacífico Mexicano</p> <p><b>3.3.3.</b> Golfo de México</p>	
<p><b>Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):</b></p> <p>1. Gradientes de presión y densidad en la vertical (1 hora).</p> <p>Plantear casos de estudio para resolver problemas asociados a la presión hidrostática y la estabilidad en la columna de agua.</p> <p>2. Gradientes horizontales de salinidad.</p> <p>Por medio de bases de datos históricos disponibles de forma gratuita, analizar las diferencias de salinidad superficial en los distintos océanos. Discriminar los forzantes principales en grandes áreas del océano que dan lugar a las distribuciones de salinidad comparadas. El resultado del análisis se presentará en forma de ensayo y se discutirá en sesión de taller. (1 hora)</p> <p>3. Distribución de propiedades. (2 horas)</p> <p>Proporcionar al alumno datos de lances hidrográficos en mares diferentes de: temperatura conservativa, salinidad absoluta, densidad potencial, oxígeno disuelto y velocidad del sonido. Construir mapas de localización, gráficas de perfiles verticales y descripción de sus características (capa de mezcla, termoclina, estabilidad, etc.). Comparar y discutir las diferencias observadas de los diferentes mares. Construir diagramas T-S e investigar el origen de las masas de agua presentes.</p>	<p><b>Horas: 4</b></p>

<p><b>IV. Nombre de la unidad:</b> Movimiento del océano</p>	<p><b>Horas: 7</b></p>
<p><b>Competencia de la unidad:</b> Examinar los términos de las ecuaciones de movimiento del océano, mediante el análisis de las leyes físicas y datos oceanográficos, para determinar la importancia relativa de los forzantes de la dinámica oceánica, con una actitud analítica y responsabilidad.</p>	
<p><b>Tema y subtemas:</b></p> <p><b>4.1.</b> Clasificación de las fuerzas que originan y modifican los movimientos oceánicos.</p> <p><b>4.2.</b> Sistemas de coordenadas.</p> <p><b>4.3.</b> La ecuación de movimiento del océano</p> <p><b>4.3.1.</b> Ecuación de movimiento del océano y la segunda Ley de Newton. Sistema en rotación.</p>	

<p><b>4.3.2.</b> Fuerzas que actúan en el océano: gravedad, gradiente de presión, fricción, centrífuga y Coriolis.</p> <p><b>4.4.</b> Respuesta de la capa superficial del océano al forzamiento del viento.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.4.1.</b> Corrientes inerciales.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.4.2.</b> Balance de Ekman.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.4.3.</b> La capa de Ekman y el transporte de Ekman.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.4.4.</b> Divergencia y rotacional del esfuerzo del viento.</p> <p><b>4.5.</b> Balance geostrófico.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.5.1.</b> Altura dinámica.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.5.2.</b> Corrientes geostróficas en aproximación barotrópica.</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>4.5.3.</b> Corrientes geostróficas por balance de masa.</p>	
<p><b>Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):</b></p> <p>1. Realizar cálculos relacionados con los efectos de rotación de la tierra a diferentes latitudes: de la velocidad tangencial, la velocidad angular de la tierra y sus componentes, así como del parámetro y la deflexión de Coriolis. Se revisará también la importancia de la aceleración centrífuga. (1 hora)</p> <p>2. Comparar los órdenes de magnitud de las fuerzas involucradas en la ecuación de movimiento para analizar su importancia relativa. (1 hora)</p> <p>3. Evaluar la solución analítica de corrientes inerciales, así como la estimación de las velocidades geostróficas superficiales para diferentes casos asociados al gradiente de la altura superficial del mar y la latitud. (2 horas).</p>	<p><b>Horas: 4</b></p>

<b>V. Nombre de la unidad:</b> Ondas y corrientes oceánicas	<b>Horas: 8</b>
<p><b>Competencia de la unidad:</b> Examinar los conceptos de ondas, corrientes y su variabilidad espacio-temporal, por medio del análisis de fundamentos teóricos y datos oceanográficos, con la finalidad de evaluar su importancia relativa en función del área oceánica, con una actitud crítica y responsable.</p>	
<p><b>Tema y subtemas:</b></p> <p><b>5.1.</b> Ondas oceánicas</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.1.1.</b> Ondas de Kelvin y Rossby</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.1.2.</b> Ondas superficiales: oleaje y mareas</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.1.3.</b> Ondas internas</p> <p><b>5.2.</b> Corrientes oceánicas</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.2.1.</b> Generadas por viento</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.2.2.</b> Generadas por gradientes termohalinos</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.2.3.</b> Generadas por mareas</p> <p><b>5.3.</b> Corrientes costeras generadas por mareas</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.3.1.</b> Corriente de flujo</p> <p style="padding-left: 20px;"><b>5.3.2.</b> Corriente de reflujos</p>	

<b>5.4. Corrientes costeras generadas por el oleaje</b>  <b>5.4.1. Corrientes transversales:</b> deriva de Stokes y resaca  <b>5.4.2. Corrientes longitudinales:</b> corriente litoral  <b>5.4.3. Corrientes de retorno</b>	
<b>Prácticas (taller, laboratorio, clínicas, campo):</b>  1. Analizar un artículo científico sobre las mareas en el Golfo de California, realizar una síntesis y exposición oral del mismo, además de un ensayo.(1 hora)  2. Realizar un análisis de componentes armónicos de la marea a partir de una serie de tiempo sintética de mareas. (1 hora)  3. Realizar cálculos matemáticos para demostrar el proceso de asomeramiento del oleaje.  4. Realizar cálculos para demostrar el efecto que tiene la oblicuidad del oleaje sobre la generación de corrientes litorales a lo largo de la costa. (1 hora)  Al finalizar estas sesiones, el alumno entregará un portafolio con los reportes de las prácticas de taller. (1 hora)	<b>Horas: 4</b>

<b>Estrategias de aprendizaje utilizadas:</b>  Ejercicios en clase y problemas de tarea.  Estudio caso de la descripción y análisis de variables oceanográficas complementado con revisión bibliográfica.  Síntesis y exposición de artículos científicos.
<b>Criterios de evaluación:</b>  Examen unidades 1-3: 15%  Examen unidades 4-5: 25%.  Exposición de investigación documental de un artículo de Oceanografía Física con enfoque interdisciplinario: 15%  Ensayos de dos artículos científicos: 15%.  Portafolio de reportes de taller: 30 %  Total: 100%  <ul style="list-style-type: none"> <li>● El estudiante debe cumplir con lo estipulado en el Estatuto Escolar vigente u otra normatividad aplicable.</li> <li>● Calificación en escala de 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 70.</li> </ul>
<b>Bibliografía:</b>  Afanasyev, Y. D. (2016). <i>Physical Oceanography: A short course for beginners</i> (2a. ed.). Canada: Create Space Independent Publishing Platform.  Stewart, R. H. (2008). <i>Introduction to Physical Oceanography. Texas: Department of Oceanography Texas A &amp; M University.</i> [clásico] <a href="https://www.colorado.edu/oclab/sites/default/files/attached-files/stewart_textbook.pdf">https://www.colorado.edu/oclab/sites/default/files/attached-files/stewart_textbook.pdf</a>  Talley, L.D., Pickard, G.L., Emery, W.J. & Swift, J.H. (2011). <i>Descriptive physical oceanography: an introduction</i> (6a. ed.). Amsterdam; Boston: Academic Press. [clásico]

**Universidad Autónoma de Baja California**  
Coordinación General de Investigación y Posgrado

The Open University. (1999). *Waves, Tides and Shallow Water Processes* (2a. ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. [clásico]

The Open University. (2001). *Ocean Circulation* (2a. ed.). Boston Butterworth-Heinemann. [clásico]

Tomczak, M. & Godfrey, J. S. (2003). *Regional Oceanography: An Introduction* (2a. ed.). London: Pergamon Press. [clásico]

**Fecha de elaboración / actualización:** Agosto, 2020.

**Perfil del profesor:** Grado de Doctorado en Ciencias con especialidad en Ciencias del Mar, experiencia al menos dos años como docente, conocimientos en el área de Oceanografía Física observacional y teórica.

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

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

Dra. Amaia Ruiz de Alegria Arzaburu  
Investigador de Tiempo Completo  
IIO, CA de Procesos Litorales

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

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

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

Dr. Héctor García Nava  
Investigador de Tiempo Completo  
IIO, CA de Procesos Litorales

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