

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado



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: Análisis de Datos Satelitales

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:

El propósito de la unidad de aprendizaje es analizar series de tiempo de variables medidas con sensores remotos desde el espacio y mediante el estudio de los resultados obtenidos, desarrollar la capacidad de categorizar la variabilidad climática regional y elaborar hipótesis sobre los mecanismos y procesos de interacción físico-biológicos del océano. El análisis permitirá identificar los forzamientos de diferentes escalas temporales, desde la estacional hasta la interanual, y la manera en que responde y acopla un ecosistema costero. Se recomienda que el estudiante posea conocimientos de estadística básica y que

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

	domine alguno de los idiomas de programación para el manejo de matrices y sus operaciones (Matlab, R, Python, etc.).
Competencia de la unidad de aprendizaje:	Construir modelos conceptuales de interacción físico-biológicos, mediante el desarrollo y aplicación de algoritmos de cómputo, para distinguir los efectos de la variabilidad climática en el ecosistema y proponer estrategias de mitigación o aprovechamiento sustentable, con responsabilidad e imparcialidad.
Evidencia de aprendizaje (desempeño o producto a evaluar) de la unidad de aprendizaje:	Presentar y defender un proyecto integrativo de investigación donde distinga y explique los procesos de variabilidad climática en el océano, y además construya un modelo conceptual regional sobre los efectos del cambio climático en el acoplamiento físico-biológico de un ecosistema.

Temario	
I. Nombre de la unidad: Escalas de variabilidad espacio-temporal	Horas: 6
Competencia de la unidad: Identificar las diferentes escalas de variabilidad en el océano y la atmósfera, por medio del análisis de series de tiempo, para separar y descomponer las diferentes señales que integran un registro de datos, con actitud analítica y proactiva.	
Tema y subtemas:	
<p>1.1. Escalas espacio-temporales</p> <p>1.1.1. Escalas de los fenómenos físicos en el océano</p> <p>1.1.2. Escalas de los fenómenos físicos en la atmósfera</p> <p>1.1.3. Escalas relevantes del acoplamiento físico-biológico</p> <p>1.1.4. Intervalo de muestreo y la Frecuencia de Nyquist</p> <p>1.2. Identificación de señales cíclicas</p> <p>1.2.1. Peridiograma y espectros de potencia</p> <p>1.2.2. Función de autocorrelación</p> <p>1.2.3. Identificación de escalas espaciales y temporales</p> <p>1.2.4. Ciclicidad y procesos de acoplamiento físico-biológico</p> <p>1.3. Filtros</p> <p>1.3.1. Filtros pasa banda</p> <p>1.3.2. Eliminación de frecuencias no deseadas</p> <p>1.3.3. Promedio corrido y suavizado de series</p>	
Prácticas (taller):	Horas:6
<p>1. Peridiogramas y espectros de potencia. Aplicar las técnicas de peridiograma y espectros de potencia para identificar las señales más energéticas en un registro temporal de una o más variables ambientales. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p> <p>2. Escalas de decorrelación temporal. Integrar matemáticamente la función de autocorrelación que se deriva de los registros temporales de T1, y evaluar la escala de decorrelación temporal (Euleriana o Lagrangeana) de la serie de tiempo. Comparar resultados con los obtenidos con el análisis de</p>	

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p>peridiograma y espectro de potencia. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p> <p>3. Aplicación de filtros a series temporales. Una vez identificadas las señales más energéticas y las escalas de de correlación temporal, Aplicar técnicas de filtrado y suavizado a las series de tiempo para eliminar frecuencias no deseadas y conservar solamente las relevantes al proceso de acoplamiento en estudio. Se identificarán las escalas relevantes en términos del intervalo de muestreo. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p>	
--	--

II. Nombre de la unidad: Promedios y Climatologías Aritméticas	Horas: 6
---	-----------------

<p>Competencia de la unidad: Analizar bases de datos de variables oceánicas y atmosféricas, por medio de criterios estadísticos, para estimar los promedios de largo periodo y la variación estacional, con actitud ordenada y constructiva.</p>

<p>Tema y subtemas:</p> <p>2.1. Promedios mensuales, estacionales y de periodo largo</p> <p> 2.1.1. Promedios aritméticos</p> <p> 2.1.2. Estadística básica: media, mediana, moda, desviación estándar, varianza, error de la media</p> <p>2.2. Climatología de variables oceánicas y atmosféricas</p> <p> 2.2.1. Climatologías aritméticas</p> <p> 2.2.2. Evaluación de anomalías aritméticas</p> <p> 2.2.3. Mapas regionales de anomalías</p>
--

Prácticas (taller):	Horas: 8
----------------------------	-----------------

<p>1. Promedios espacio-temporales. Analizar una base de datos mensuales de temperatura superficial del mar (TSM) obtenida por sensores remotos y evaluar los promedios mensuales de TSM en al menos tres localidades geográficas. Graficar los promedios correspondientes, así como las estimaciones de la desviación estándar y el error de la media en cada localidad. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p> <p>2. Climatología aritmética Analizar una base de datos mensuales de temperatura superficial del mar (TSM) obtenida por sensores remotos y evaluar los promedios mensuales de TSM en una región del océano (por definir) y elaborar mapas regionales mensuales de dichos promedios. Así mismo, elaborará mapas mensuales de desviación estándar y del error de la media. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p> <p>3. Distribución espacial de climatologías Utilizar los mapas mensuales promedio de TSM para evaluar los promedios mensuales de anomalías de TSM y elaborar mapas promedio mensuales de un año en específico (intervalo de tiempo a determinar durante la sesión de taller). Así mismo, elaborar gráficos mensuales de desviación estándar y error de la media. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p>	
--	--

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p>4. Anomalías aritméticas Analizar una base de datos mensuales de variables adicionales (clorofila satelital [CHL], topografía dinámica absoluta [ADT] o anomalía del nivel del mar [SLA], intensidad y dirección del viento, etc.) para elaborar las respectivas climatologías aritméticas mensuales y sus anomalías. Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p>	
--	--

III. Nombre de la unidad: Variabilidad estacional	Horas: 10
--	------------------

Competencia de la unidad: Analizar bases de datos de variables oceánicas y atmosféricas, mediante la metodología de ajuste por cuadrados mínimos, para evaluar los coeficientes de regresión por series de Fourier y obtener mapas climatológicos estacionales, con una actitud crítica y responsable.

<p>Tema y subtemas:</p> <p>3.1. Regresión lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1. Determinación de coeficientes del ajuste e incertidumbres 3.1.2. Bondad del ajuste. Correlación y varianza <p>3.2. Regresión con Coeficientes de Fourier</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1. Aproximación de señal cíclica con funciones senoidales: Series de Fourier 3.2.2. Caso de ejemplo: Constituyentes de marea en un registro 3.2.3. Bondad del ajuste armónico: Amplitud, fase y varianza explicada. Incertidumbres <p>3.3. Ajuste armónico</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1. Evaluación de los coeficientes de Fourier en registros 3.3.2. Climatología estacional con coeficientes de Fourier 3.3.3. Mapas de media, amplitud, fase, porcentaje de varianza explicada por el ajuste, y errores 3.3.4. Climatologías y los procesos físicos de escala estacional 3.3.5. Análisis de las respuestas del ecosistema: caso de variabilidad de pelágicos menores

Prácticas (talle):	Horas: 8
---------------------------	-----------------

<p>1. Regresión lineal Aplicar algoritmos de cómputo y álgebra lineal para evaluar los coeficientes de regresión lineal que definen la relación entre TSM y CHL en alguna localidad geográfica (por definir). Al finalizar, elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones ante el pleno del grupo.</p> <p>2. Análisis armónico Aplicar técnicas de regresión en el sentido de mínimos cuadrados mediante una función armónica con periodicidad anual para obtener los coeficientes de la regresión, y evaluar los parámetros de media, amplitud, fase y varianza explicada del ajuste. Graficar la distribución espacial de los parámetros de la regresión.</p> <p>3. Bondad del ajuste del análisis armónico Examinar las diferencias en varianza explicada que se producen al incorporar la frecuencia semi-anual en el ajuste de los datos. Elaborar un reporte acerca de sus interpretaciones de las distribuciones espaciales y la respuesta del ecosistema a escala estacional y presentarlo de forma oral ante el pleno del grupo.</p>	
---	--

Universidad Autónoma de Baja California
 Coordinación General de Investigación y Posgrado

<p>4. Predicción armónica y cálculo de anomalías. Mediante el uso de funciones armónicas en la regresión, comparar los registros de datos crudos con las predicciones del ajuste armónico para realizar el cálculo computacional de anomalías de cada uno de los parámetros. La evidencia de esta actividad será la generación de base de datos de anomalías espacio-temporales de al menos dos variables seleccionadas, la generación de mapas promedio de distribución de anomalías y su interpretación acerca del paralelismo con variables biológicas. Presentar de forma oral los resultados obtenidos ante el pleno del grupo.</p>	
---	--

<p>IV. Nombre de la unidad: Variabilidad no estacional</p>	<p>Horas: 10</p>
<p>Competencia de la unidad: Analizar bases de datos de variables oceánicas y atmosféricas mediante Funciones Empíricas Ortogonales, para identificar, separar y evaluar las señales no estacionales, con actitud crítica y responsable.</p>	
<p>Tema y subtemas:</p> <p>4.1. Señales no estacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1.1. Matrices espacio-temporales de anomalías aritméticas y del ajuste armónico: Ventajas y desventajas 4.1.2. Identificación de señales no estacionales 4.1.3. Variabilidad interanual y el cambio climático <p>4.2. Funciones empíricas ortogonales (FEOs)</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.2.1. Ejes principales de varianza 4.2.2. FEOs escalares. Eigenvectores y Eigenvalores 4.2.3. Extracción de variabilidad interanual y de mesoescala 4.2.4. FEOs vectoriales. Eigenvectores y Eigenvalores 4.2.5. Varianza local vs. varianza total 4.2.6. Cambio climático, procesos físicos y respuesta de ecosistemas marinos 	
<p>Prácticas (taller):</p> <p>1. Funciones Empíricas Ortogonales a datos escalares. Aplicar la metodología de Funciones Empíricas Ortogonales (FEOs) a datos escalares (TSM, CHL, ADT) y separar la variabilidad no estacional (interanual) en modos normales de variabilidad. Elaborar mapas espaciales y series de tiempo de los primeros tres modos de FEOs que explican el mayor porcentaje de la varianza total. Elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones y presentarlo de forma oral ante el pleno del grupo.</p> <p>2. Funciones Empíricas Ortogonales a datos vectoriales. Aplicar la metodología de Funciones Empíricas Ortogonales (FEOs) a datos vectoriales (viento, corrientes) para separar la variabilidad no estacional (interanual) en modos normales de variabilidad. Elaborar mapas espaciales y series de tiempo de los primeros tres modos de FEOs que explican el mayor porcentaje de la varianza total. Elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones y presentarlo de forma oral ante el pleno del grupo.</p>	<p>Horas: 10</p>

<p>3. Índices climáticos y FEOs regionales. El propósito de este taller es relacionar la variación temporal de los modos normales de FEOs con los índices climáticos. Utilizar series temporales de índices climáticos (PDO, MEI, ENSO, ONI, etc.) para comparar con las series temporales de los diferentes modos de FEOs. Elaborar tabla Gantt donde se detallen los coeficientes de correlación entre índices climáticos y los resultados de FEOs. Elaborar un reporte escrito sobre sus resultados, con énfasis en la interpretación de la variabilidad temporal regional (definida por FEOs) con la variabilidad de recursos bióticos, y su relación con eventos de escala global (El Niño-La Niña). Presentar su reporte de forma oral ante el pleno del grupo.</p> <p>4. Avances del proyecto final. Exponer de forma oral ante el pleno del grupo los avances del proyecto final. Se dará énfasis a la discusión grupal y la retroalimentación de opiniones que deberá incorporarse en el informe final.</p> <p>5. Proyecto final. El proyecto final deberá reflejar la capacidad de análisis y síntesis de los resultados obtenidos a lo largo de la unidad de aprendizaje, con énfasis en la discusión de hipótesis acerca de los procesos y mecanismos de acoplamiento físico-biológico que ocurren debido a la variabilidad climática regional. El proyecto se entregará en forma escrita y se expondrá de forma oral ante el pleno del grupo.</p>	
---	--

<p>Estrategias de aprendizaje utilizadas:</p> <p>Al finalizar cada sesión de taller, el alumno elaborará un reporte escrito sobre sus resultados, interpretaciones y discusiones y lo presentará de manera oral ante el pleno del grupo. Se promoverá la interacción y el intercambio de ideas, encaminadas a explicar los patrones espaciales y temporales de variables biológicas y los resultados del análisis de variables físicas. Las ideas plasmadas en el escrito y en la presentación oral deberán incorporar conceptos vertidos en artículos científicos relevantes al tema en discusión.</p> <p>Criterios de evaluación:</p> <p>Reportes de taller y exposición oral de la unidad 1: 10% Reportes de taller y exposición oral de la unidad 2: 15% Reportes de taller y exposición oral de la unidad 3: 20% Reportes de taller y exposición oral de la unidad 4: 20% Proyecto final integrativo y exposición oral: 35% Total: 100%</p> <p>Criterios de acreditación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Bibliografía.</p> <p>Alessio, S.M. (2016). <i>Digital Signal Processing and Spectral Analysis for Scientists: Concepts and Applications</i>. USA: Springer International Publishing. https://libcon.rec.uabc.mx:4476/book/10.1007%2F978-3-319-25468-5</p>

Universidad Autónoma de Baja California

Coordinación General de Investigación y Posgrado

- Björnsson, H. & Venegas, S.A. (2000). *A manual for EOF and SVD analyses of Climatic Data*. Canadá: McGill University. [clásico]
<http://shoni2.princeton.edu/ftp/lyo/journals/BjornssonVenegasEOF-SVD-Matlab2000Report.pdf>.
- Kämpf, J. & Chapman, P. (2016). *Upwelling Systems of the World: A Scientific Journey to the Most Productive Marine Ecosystems*. USA: Springer. <https://libcon.rec.uabc.mx:4440/10.1007/978-3-319-42524-5>
- Mikhailov, E.E. (2017). *Programming with MATLAB for Scientists: A Beginner's Introduction*. USA: CRC Press/ Taylor & Francis Group. Q183.9 M54 2017
- Preisendorfer, R.W. (1988). *Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography*. USA: Elsevier. [clásico] Disponible en biblioteca CICESE: QC 871.P88 1988
- Talley, L.D., Pickard, G.L., Emery, W.J. & Swift, J.H. (2011). *Descriptive physical oceanography: an introduction*. USA: Academic Press. [clásico] GC150.5 D48 2011
- Thomson, R.E. & Emery, W. (2014). *Data analysis methods in physical oceanography*. USA: Elsevier Science. [clásico] GC57.T384 2014 EB.
- Wilks, D.E. (2020). *Statistical methods in the atmospheric sciences*. USA: Elsevier. (Adquirir)
- Witte, R.S. & Witte, J.S. (2017). *Statistics*. USA: Wiley. QA276.12 W58 2017

Fecha de elaboración / actualización: Agosto, 2020.

Perfil del profesor: El docente debe contar con un grado de Doctor en Ciencias con afinidad a las Ciencias del Mar y conocimientos en el área de variabilidad climática.

Nombres y firmas de quienes diseñaron 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

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

Nombre y firma de quien 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

Universidad Autónoma de Baja California
Coordinación General de Investigación y Posgrado

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

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

Dr. Rafael Hernández Walls
Profesor de Tiempo Completo
FCM, CA de Oceanografía Sinóptica