



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

CIGEFI

Centro de
Investigaciones Geofísicas

Resúmenes

LXIII MINI-CONGRESO

Centro de Investigaciones Geofísicas

13-14 DE NOVIEMBRE 2025



Palabras clave: Oceanografía**Modalidad de participación:** Ponencia Oral**CHARLA INAUGURAL****Condiciones mixtas del estado del mar y su influencia en el crecimiento del oleaje local****Rodney Mora Escalante**^{1,2}¹ Centro de Investigación en Ciencias Marinas y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica² Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica**rodney.moraescalante@ucr.ac.cr****Resumen:**

El efecto del swell en la modificación del esfuerzo del viento sobre la superficie del mar es ampliamente reconocido en la comunidad científica. Sin embargo, su impacto sobre las olas cortas sigue siendo motivo de debate, ya que aún no se comprende del todo cómo altera sus propiedades. A pesar de su presencia en la mayoría de los océanos, el swell suele ignorarse en estudios sobre el crecimiento del oleaje limitado por fetch o por duración. Durante las etapas iniciales del desarrollo del oleaje, las olas desempeñan un papel crucial en la modulación de la transferencia de calor, el momento y los gases entre el océano y la atmósfera.

En una campaña de medición realizada en el Golfo de México, utilizando una boya relativamente estable, se obtuvieron mediciones continuas que nos permiten el cálculo del espectro direccional del oleaje y los esfuerzos turbulentos de Reynolds con una resolución temporal muy alta. Se seleccionaron eventos asociados con frentes fríos, que resultan ideales para estudiar el crecimiento de las olas, debido al viento casi homogéneo y estacionario, con una dirección predominante. Utilizando el método propuesto por Hanson & Phillips (2001), se separó el swell del oleaje generado por el viento local en el espectro direccional de las olas. Se definió el oleaje en ausencia del swell con base en un índice que cuantifica la energía del swell en el espectro (R) y la pendiente asociada al swell (S_{swell}). Se observó que, en la región de equilibrio, la energía del oleaje es menor cuando el swell está presente en comparación cuando no está presente. La S_{swell} y R son parámetros que influyen en la energía de las olas cortas. La presencia del swell hace que las olas cortas pierdan energía por disipación y por la inestabilidad de su pendiente y, por lo tanto, rompan. En segundo plano, el swell reduce la extracción de energía del viento al disminuir la rugosidad superficial y limitar la transferencia de momento desde la atmósfera.

El swell modifica el nivel de energía del oleaje relacionada a la constante de Toba, a un nivel de energía subsaturado. El exponente promedio asociado a la forma espectral de la región de equilibrio tiende a valores mayores en presencia de swell. En condiciones de viento acelerado la transferencia de momento puede ser influenciado por las características del swell, sin embargo esto no se traduce necesariamente en una mejor transferencia de la velocidad de fricción o el coeficiente de arrastre reflejado en el crecimiento de las olas cortas. Se concluye que el impacto del swell sobre el oleaje depende de varios factores, como la dirección del swell relativa al viento, R y la S_{swell} . Esta investigación destaca la importancia de considerar el efecto del swell para mejorar la representación física en modelos numéricos, la interpretación de datos de sensores remotos, la estimación de flujos y la predicción del oleaje en huracanes.

Palabras clave: Métodos Estadísticos, Cambio Climático

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Factores climáticos relacionados con la incidencia de dengue en Costa Rica y proyecciones futuras

Hugo G. Hidalgo^{1,2,3}, Eric Alfaro^{1,2,4}

¹ Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

² Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

³ Centro de de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

⁴ Centro de Investigación en Ciencias Marinas y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

hugo.hidalgo@ucr.ac.cr

Resumen:

Esta ponencia consiste en una investigación en curso acerca de las posibles relaciones entre variables climáticas y la incidencia de dengue en Costa Rica y usar estas relaciones para generar las proyecciones para el siglo XXI de esta enfermedad vectorial usando los datos de modelos climáticos. El objetivo de esta investigación es identificar las variables climáticas más fuertemente relacionadas con variaciones en los conteos de casos de dengue en el período histórico y usar las relaciones para generar proyecciones futuras de dengue que ayuden al planeamiento y toma de decisiones futuras en Costa Rica.

Se utilizarán métodos de selección de predictores previamente probados para lograr calibrar modelos lineares parsimoniosos que expliquen la mayoría de la variabilidad de los casos de dengue a nivel cantonal o distrital y se utilizarán métodos estadísticos para generar las proyecciones usando datos de un trabajo previo de los autores. Los resultados preliminares muestra que aunque las variables relacionadas con la precipitación aparecen en la mayoría de modelos que relacionan clima-dengue en los distritos durante los meses de julio a octubre, en el resto de los meses las variables asociadas a la temperatura son relativamente más importantes.

Como conclusión, se espera una fuerte respuesta del dengue ante el calentamiento futuro antrópico en la mayoría de las unidades administrativas estudiadas.

Palabras clave: Modelos Estadísticos y Numéricos, Clima

Modalidad de participación: Ponencia Virtual

Aplicación de modelos con efectos aleatorios de rezago distribuido no lineal para el análisis de egresos hospitalarios respiratorios bajo exposición a factores climáticos y de aerosoles en Costa Rica

Emanuelle Parra Rodríguez¹, Shu Wei Chou Chen^{2,3}

¹ Escuela de Matemática, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

² Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

³ Centro de de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

emaparra@itcr.ac.cr

Resumen:

Este estudio analizó la relación no lineal y rezagada entre variables climáticas (temperatura, precipitación y humedad relativa), la profundidad óptica de aerosoles (AOD) y los egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Costa Rica durante el período 2000–2019. Se emplearon bases de datos satelitales y registros administrativos de salud, abarcando las siete regiones climáticas oficiales y sus subregiones.

Para capturar la variabilidad espacio-temporal y la presencia de ceros estructurales, se aplicaron modelos de rezago distribuido no lineal (DLNM) dentro del marco de modelos lineales mixtos generalizados (GLMM), considerando distribuciones Poisson, Binomial Negativa, Gamma, Normal y sus variantes con inflación de ceros. El modelo DLNM-GLMM con distribución Binomial Negativa describió con mayor precisión la heterogeneidad subregional en la Región del Valle Central, mientras que los modelos con factores aleatorios e inflación de ceros mejoraron el ajuste en regiones periféricas del país.

Se establecieron umbrales de los efectos rezagados de las variables ambientales sobre el riesgo relativo de incremento en los egresos hospitalarios, identificando periodos críticos de respuesta sanitaria. Los pronósticos con ventanas móviles mostraron estabilidad y precisión, confirmando la influencia de los factores climáticos y de contaminación en la salud respiratoria y aportando evidencia útil para la gestión sanitaria y la prevención de brotes estacionales.

Estos resultados forman parte de una tesis de maestría presentada en el Programa de Posgrado en Matemática y enmarcada en el proyecto Pry01-763-2024 de la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica (UCR), titulado “Análisis espacio-temporal del impacto de factores climáticos y de contaminación sobre las hospitalizaciones respiratorias”, dirigida por el Dr. Shu Wei Chou Chen (PI) y el Dr. Luis Barboza Chinchilla (Co-I).

Palabras Clave: Modelos Estadísticos, Clima, Enfermedades respiratorias

Modalidad de participación: Oral

Análisis de datos funcionales sobre el impacto del clima y la contaminación en las hospitalizaciones por problemas respiratorios en Costa Rica

Victoria Cao NG¹, Shu Wei Chou Chen^{1,2}, Luis A. Barboza^{2,3}

¹ Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

² Centro de de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

³ Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

shuwei.chou@ucr.ac.cr

Resumen:

Las enfermedades respiratorias representan una importante carga económica para los sistemas de salud. Su incidencia se ve fuertemente afectada por las variaciones climáticas estacionales, los factores socioeconómicos y la contaminación atmosférica. En este estudio, proponemos utilizar el análisis de datos funcionales (FDA) para investigar los egresos hospitalarios semanales por enfermedades respiratorias en Costa Rica, utilizando factores climáticos como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y la profundidad óptica de los aerosoles como indicador de contaminación.

Se ajustaron modelos lineales funcionales generalizados con diferentes distribuciones de respuesta (normal, Poisson y binomial negativa) para evaluar la relación entre estas variables climáticas y las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias. El modelo binomial negativo ofrece el mejor ajuste, considerando la sobredispersión de los datos. Este enfoque logra establecer empíricamente el impacto de las variables climáticas y el factor estacional sobre las hospitalizaciones, cumpliendo los supuestos estadísticos de la formulación del modelo.

La interpretación del modelo ofrece una perspectiva informativa y novedosa desde el enfoque del FDA. Aunque el análisis funcional de datos no se utiliza comúnmente en aplicaciones de salud pública, los hallazgos demuestran que, cuando se aplica adecuadamente, puede proporcionar información valiosa para respaldar la toma de decisiones sanitarias basada en la evidencia.

Palabras Clave: Modelos Estadísticos, Gestión del riesgo a desastres

Modalidad de participación: Oral

Condicionantes de los riesgos naturales a escala municipal en América Central

Adolfo Quesada Roman¹

¹ Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

adolfo.quesadaroman@ucr.ac.cr

Resumen:

Esta ponencia presenta una síntesis de investigaciones recientes sobre la gestión del riesgo de desastres a escala municipal en América Central, con énfasis en el análisis de patrones espaciales, determinantes socioeconómicos y variables ambientales asociadas a amenazas como inundaciones, deslizamientos y eventos hidrometeorológicos extremos. A partir de bases de datos como EM-DAT, DesInventar y registros nacionales, se han analizado más de mil municipios de Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica y Panamá.

Se emplearon modelos estadísticos como regresión lineal, Poisson y Random Forest para identificar los principales factores explicativos de la ocurrencia de desastres, incluyendo la densidad de población, uso del suelo, accesibilidad vial y el índice de desarrollo humano. Los resultados revelan desigualdades territoriales en términos de exposición y vulnerabilidad, así como una débil articulación entre el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo.

Se proponen enfoques integrados para fortalecer la planificación municipal, incluyendo sistemas de alerta temprana, gestión por microcuencas y estrategias diferenciadas de reducción del riesgo. Esta investigación ofrece herramientas replicables para la toma de decisiones, y aporta evidencia clave para diseñar políticas públicas adaptadas a los desafíos actuales del cambio climático y la urbanización descontrolada en la región.

Palabras clave: Métodos Estadísticos, Eventos Extremos

Modalidad de participación: Oral

Uso de modelos de aprendizaje automático para la predicción de caudales extremos

Adriana Sánchez^{1,2}, Shu Wei Chou^{2,3}, Martin Morales, Andrey Prado²

¹ Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

² Centro de de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

³ Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

joseandrey.prado@ucr.ac.cr

Resumen:

La predicción de caudales extremos constituye un desafío central en la gestión de recursos hídricos, especialmente en contextos como el de Costa Rica, donde las lluvias intensas y las sequías estacionales generan una alta variabilidad hidrológica. La naturaleza caótica de estos sistemas y la influencia de fenómenos climáticos como El Niño dificultan la aplicación de métodos estadísticos tradicionales, los cuales no logran capturar adecuadamente las relaciones no lineales presentes en las series temporales de caudal. Ante esta limitación, el aprendizaje automático surge como una alternativa prometedora para modelar las dinámicas complejas de los sistemas hidrológicos.

Entre las técnicas más destacadas se encuentran los algoritmos Random Forest, XGBoost, redes neuronales y modelos ARIMA, los cuales han mostrado resultados satisfactorios en estudios previos. Este trabajo propone una metodología innovadora que integra la Teoría de Valores Extremos (EVT) con redes neuronales recurrentes del tipo Gated Recurrent Unit (GRU) para la predicción de caudales mínimos. La combinación de ambos enfoques permite capturar la dependencia temporal de las series y, simultáneamente, modelar adecuadamente las colas de distribución asociadas a eventos extremos. La metodología se evalúa con datos hidrológicos nacionales, comparando su desempeño frente a modelos clásicos de referencia. Actualmente, el proyecto se encuentra en proceso de desarrollo y análisis de resultados preliminares.

Los experimentos realizados hasta el momento muestran que el modelo GRU-EVT mejora la capacidad predictiva frente a los enfoques tradicionales, especialmente en la detección de valores atípicos y periodos de sequía. Se concluye que la integración de técnicas de aprendizaje profundo con la Teoría de Valores Extremos representa un avance significativo en la predicción hidrológica, ofreciendo una herramienta robusta para la toma de decisiones y la planificación del recurso hídrico. Como propuesta de trabajo futuro, se plantea generalizar el modelo para predecir también caudales máximos y su aplicación en sistemas de alerta temprana.

Palabras clave: Optimización Bayesiana, Gestión ambiental dinámica adaptada

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Aprendizaje de refuerzo para gestión ambiental en escenarios complejos y dinámicos

¹**Felipe Montealegre Mora**

¹ Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

felimomouni@gmail.com

Resumen:

En años recientes, la metodología de aprendizaje de refuerzo (reinforcement learning en inglés) ha encontrado un número creciente de aplicaciones en ámbitos como la robótica, el desarrollo de modelos de lenguaje masivos y el desarrollo de "jugadores IA" de juegos de mesa. Estos algoritmos se especializan en aprender como controlar un sistema dinámico: aprender cuales acciones tomar sobre ese sistema para lograr un objetivo.

En el caso de ajedrez, modelos como AlphaZero han sido inclusive usados por jugadores profesionales para aprender nuevas y sorprendentes estrategias descubiertas por el algoritmo. En esta charla presentaré mi trabajo reciente aplicando aprendizaje de refuerzo y optimización Bayesiana a problemas de gestión ambiental, uso sostenible de recursos naturales y de conservación.

En estas áreas es común usar modelos minimalistas unidimensionales del ecosistema para así obtener estrategias de gestión con optimalidad garantizada. Nuestra metodología, por lo contrario, permite optimizar estrategias de gestión aproximadamente en escenarios más complicados. Esto nos permite optimizar estrategias para modelos ecológicos más realistas, e interrogar estrategias en las que múltiples observaciones ambientales se utilizan para la toma de decisiones ambientales.

Mi enfoque para la charla serán los resultados de dos estudios finalizados en administración de pesca sostenible, y resaltaré estudios en proceso de realización sobre gestión de especies invasoras y de conservación de salmón.

Palabras clave: Correlación de Pearson, Variabilidad interanual del recurso solar, ERA5

Modalidad de participación: Virtual

Variabilidad interanual del recurso solar en América Central asociada al ciclo de manchas solares

Kevin Vega Gutiérrez¹, Rodrigo Castillo¹

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

kevin.vegagutierrez@ucr.ac.cr

Resumen:

El aprovechamiento del recurso solar en América Central representa una alternativa estratégica ante la vulnerabilidad climática de la región y su alta dependencia de fuentes hidroeléctricas. No obstante, la radiación solar presenta una variabilidad interanual influenciada por factores astronómicos y atmosféricos que aún no han sido completamente caracterizados. Comprender estas variaciones es esencial para fortalecer la planificación energética regional y promover una transición hacia fuentes renovables sostenibles.

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la influencia del ciclo de manchas solares en la variabilidad interanual del recurso solar en América Central durante el periodo 2000–2024. Se emplean datos de radiación superficial procedentes de los conjuntos de reanálisis ERA5, con resolución espacial de 0.25 por 0.25 grados, y del producto satelital CERES, con resolución de 1 por 1 grado. Los índices solares utilizados son el número de manchas solares (SSN) y el flujo de radio F10.7, obtenidos del National Centers for Environmental Information (NOAA) y del Space Weather Prediction Center.

El procesamiento de la información se realizó mediante CDO y MATLAB. En primer lugar, se generaron máscaras geográficas para delimitar cada país y posteriormente se extrajeron las series temporales de radiación. Luego se efectuaron conversiones a unidades de PSH (kilovatios hora por metro cuadrado) y se aplicaron correlaciones de Pearson para evaluar la relación entre radiación y actividad solar. A partir de estos resultados se elaboraron tablas mensuales y estacionales, además de tablas de anomalías de SSN y F10.7 para distintos periodos de tiempo. En una etapa posterior se aplicará un método de bootstrapping con mil permutaciones para estimar los patrones espaciales asociados a cada una de las fases del ciclo de manchas.

Los resultados preliminares muestran correlaciones y anticorrelaciones variables entre países y estaciones. Este trabajo, actualmente en proceso de desarrollo, busca aportar evidencia científica que contribuya a una mejor gestión del recurso solar y a la diversificación de la matriz energética centroamericana hacia fuentes más sostenibles.

Palabras clave: Métodos Estadísticos, Variabilidad del Recurso Solar

Modalidad de participación: Virtual

Estudio del recurso solar en Costa Rica empleando registros de radiación solar global para el periodo 2007-2022

Joshua Castro¹, Rodrigo Castillo¹

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

joshua.castro@ucr.ac.cr

Resumen:

Este proyecto de investigación se encuentra en desarrollo y parte de la hipótesis de que existe una relación significativa entre el Ciclo de Actividad Solar (CAS) y el Recurso Solar (RS) en Costa Rica (CR), país ubicado en una región tropical con alto potencial para la generación de energía solar. A pesar de estudios previos sobre el RS, persisten vacíos importantes en el análisis de largo plazo mediante series temporales homogéneas y en la vinculación explícita entre la variabilidad en el recurso solar y el ciclo de actividad solar.

La motivación principal del estudio surge de dos carencias fundamentales. Primero, la escasa aplicación de metodologías basadas en series temporales continuas y homogéneas limita el entendimiento de las tendencias del RS y, por ende, la formulación de políticas energéticas sólidas. Segundo, la falta de un análisis que conecte directamente el RS con el CAS representa una oportunidad desaprovechada para optimizar la planificación energética, considerando la influencia potencial del ciclo de manchas solares.

La metodología propuesta contempla tres componentes esenciales. Primero, se construirá un conjunto robusto de datos a partir de registros in situ, datos satelitales y salidas de modelos de reanálisis para garantizar una evaluación integral del RS. Segundo, se aplicarán técnicas de análisis estadístico y de correlación para identificar posibles vínculos entre el ciclo de actividad solar y la radiación solar registrada in situ. Tercero, se emplearán enfoques espacio-temporales basados en diferencias de fases del CAS para detectar patrones de teleconexión en las anomalías del RS sobre el territorio nacional.

Como soluciones a las brechas identificadas, se propone (1) generar series mensuales y estacionales de radiación solar continua y homogénea para caracterizar el comportamiento climático del RS, y (2) establecer la relación entre fases del CAS y las variaciones espaciales del RS en CR. Este enfoque permitirá anticipar tendencias en la producción solar y brindará herramientas estratégicas para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del aprovechamiento del recurso solar en el país.

Palabras clave: Python, Termodinámica Computacional

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Calculadora Termodinámica

Hernán Barquero ¹, Barnald Bocker ¹, Queshia Porras ¹

¹ Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

barnald.bocker@ucr.ac.cr

Resumen:

Los ciclos termodinámicos constituyen un área de estudio fundamental para el desarrollo de máquinas de uso cotidiano, como los automóviles, plantas industriales y son fundamentales para comprender la termodinámica en el salón de clases. No obstante, la estandarización de las metodologías para analizar los datos provenientes de los diferentes procesos termodinámicos no ha evolucionado al ritmo de las tecnologías actuales.

De esta necesidad surge Calculadora Termodinámica, una biblioteca desarrollada en Python cuyo propósito es el cálculo de propiedades termodinámicas para agilizar el análisis de sistemas y facilidad de variación de parámetros. Mediante el paradigma de Programación Orientada a Objetos, se creó una base que permite a los usuarios incorporar y expandir modelos para representar con mayor precisión ciertos tipos de procesos.

En su estado actual, la biblioteca incluye la capacidad de utilizar el modelo de Gas Ideal y el de Van der Waals. Asimismo, se exploró la inclusión de soporte para el estado mixto (líquido-vapor), aunque su implementación completa no fue posible debido a limitaciones de tiempo. Se considera que los modelos ya establecidos guiarán a futuros aportes.

Palabras clave: Clustering kmeans, Clima regional, ERA5

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Selección de modelos de CMIP6 a partir de su representación de los patrones de circulación atmosférica en América Central

¹ Fernán Sáenz, Hugo G. Hidalgo^{1,2,3}, Eric Alfaro^{1,2,4}

¹ Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

³ ² Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

³ Centro de de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

⁴ Centro de Investigación en Ciencias Marinas y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

fernan.saenzsoto@ucr.ac.cr

Resumen:

Esta ponencia muestra los avances del proyecto C5067: Proyecciones de Circulación Atmosférica en América Central y su impacto en las proyecciones de precipitación. Se definió un grupo de patrones de circulación atmosférica sobre América Central, obtenido de los datos del reanálisis ERA5. Estos patrones se identificaron a través de un procedimiento basado en el método de clustering kmeans++.

El procedimiento fue ideado de forma que se procure que los patrones obtenidos sean consistentes estadísticamente y relevantes para la variabilidad de la precipitación regional. El dominio espacial y las variables agrupadas fueron determinados con ayuda del método de toma de decisiones multicriterio PROMETHEE II. El método fue aplicado a las métricas de calidad estadística de los clusters, generando un ranking de opciones. Se complementó el método multicriterio con una medida de la relevancia hidrológica de cada opción de patrones de circulación.

Esta relevancia se midió determinando la varianza de la precipitación observada (CHIRPSv2), que es explicada por un modelo estadístico basado en la segregación temporal en grupos. El conjunto de patrones consta de 8 categorías y se constituyó a partir del campo de viento en el nivel de 850 hPa y en un dominio definido entre 106° O y 70° O de longitud, y 5° N y 23° N de latitud. Las características espaciales y temporales de este grupo de patrones de circulación fueron usadas para evaluar las simulaciones históricas, para el periodo 1981-2010, de un grupo de 15 modelos del proyecto CMIP6.

Se utilizaron métricas para determinar la representación, por parte de los modelos, de los campos característicos de viento y precipitación, la frecuencia de ocurrencia de los patrones y los ciclos anuales de estas frecuencias. Se usó, nuevamente, el método PROMETHEE II para obtener un ranking de modelos basado en su capacidad de representar las características espacio-temporales de este grupo de patrones de circulación relevantes para la precipitación regional.

Palabras clave: Historia Ambiental

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Aspectos históricos, geográficos y ambientales presentes en las fuentes documentales relacionadas con la historia del cantón de Coto Brus

Ronald Eduardo Díaz Bolaños¹, Michael Solano Mora¹

¹ Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

ronald.díaz@ucr.ac.cr

Resumen:

En la primera fase de la investigación en curso sobre el cantón de Coto Brus se hizo un acopio de fuentes bibliográficas y documentales por medio de la investigación de acervos en archivos y bibliotecas de diversas instituciones, para reconstruir los procesos históricos que han tenido lugar en dicho cantón de la Zona Sur de Costa Rica.

Las fuentes bibliográficas se localizaron principalmente en la Benemérita Biblioteca Nacional Miguel Obregón Lizano y en el Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información (SIBDI) de la Universidad de Costa Rica mediante una revisión de libros, artículos académicos y periodísticos, así como Trabajos Finales de Graduación referentes al cantón de Coto Brus. Las fuentes documentales se ubicaron en el Archivo de la Municipalidad de Coto Brus (actas del Consejo Municipal), el Archivo Nacional de Costa Rica (documentos ubicados en los fondos Agricultura e Industrias; Congreso; Cultura, Juventud y Deportes; Gobernación; Hacienda; Presidencia de la República), la Biblioteca de Derecho de la Universidad de Costa Rica (Colección de Leyes y Decretos de la República de Costa Rica) y el archivo personal del Sr. Abelardo Madrigal Hernández (1934-2023) quien recopiló documentos relacionados con los orígenes del cantón cotobrusense.

En todos los casos, las fuentes documentales proporcionaron datos de interés sobre el desarrollo histórico-institucional de dicho cantón sureño. Dentro de los documentos se localizaron informaciones referentes al contexto ambiental en el cantón de Coto Brus que permiten visualizar algunos impactos de fenómenos hidrometeorológicos en este territorio de la Zona Sur.

Palabras clave: Oceanografía, ERA5

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Observaciones de mareas y temperatura superficial del mar en el Pacífico Central de Costa Rica

Andrés Chacón Escalante¹, Rodney Mora Escalante^{1,2}, Juan Pablo Ureña Mora¹

¹Centro de Investigación en Ciencias Marinas y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

²Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

andres.chaconescalante@ucr.ac.cr

Resumen:

El presente estudio tiene como objetivo simular la dinámica oceánica en los mares adyacentes de Costa Rica mediante una configuración semi-realista del modelo numérico CROCO (Coastal and Regional Ocean COmmunity model), con el fin de analizar y comprender los principales procesos físicos que caracterizan el Pacífico y Caribe, altamente influenciada por la variabilidad estacional, los jets de viento, las surgencias costeras, los remolinos de meso escala y las corrientes litorales.

El área de interés incluye el Domo Térmico de Costa Rica (DTCR), un sistema oceánico de afloramiento reconocido por su alta productividad biológica y relevancia ecológica, que se manifiesta principalmente entre febrero y abril. Este domo, forzado por un jet costero y asociado a gradientes térmicos y salinos, constituye un elemento clave en la dinámica del Pacífico tropical oriental. Su modelación permite mejorar la comprensión de los mecanismos que controlan la variabilidad térmica y la circulación regional, así como su interacción con fenómenos de gran escala como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

La metodología comprende la configuración, ejecución y validación del modelo CROCO en dos entornos computacionales (estación de trabajo y plataforma computacional), utilizando forzamientos atmosféricos del reanálisis ERA5, condiciones de frontera del reanálisis oceánico global CMEMS y batimetría global suavizada. Se implementan dos dominios anidados: uno madre de baja resolución y otro hija de alta resolución centrado sobre Costa Rica y sus mares. Tras una corrida de "calentamiento" para estabilizar el sistema, se ejecuta la simulación principal, cuyos resultados —temperatura superficial, salinidad y corrientes— se comparan con observaciones satelitales e in situ.

El modelo se apoya en las ecuaciones de Navier-Stokes bajo las aproximaciones hidrostática y de Boussinesq, con una grilla Arakawa tipo C y coordenadas verticales sigma que siguen la batimetría. Se espera que la simulación reproduzca adecuadamente la variabilidad estacional, las surgencias costeras y los gradientes térmicos característicos de la región. Finalmente, se incorpora el uso de herramientas de inteligencia artificial para optimizar los procesos de configuración y resolución de errores. Este trabajo constituye una base metodológica sólida para futuros estudios de modelación oceánica regional en Centroamérica, contribuyendo al conocimiento y gestión de sus ecosistemas marinos.

Palabras clave: Oceanografía, Atmósfera

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Climatología del transporte y bombeo de Ekman en sistemas de afloramiento y hundimiento cercano a la costa del Pacífico Norte de Costa Rica utilizando un modelo de alta resolución MOM6

Juan Pablo Ureña Mora^{1,2}

¹Centro de Investigación en Ciencias Marinas y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

²Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica

juan.urenamura@ucr.ac.cr

Resumen:

Gran parte de las aguas del Pacífico Norte de Costa Rica forman parte del Domo Térmico de Costa Rica (DTCR), una región reconocida por su alta productividad biológica del Pacífico Tropical del Este (PTE). Esta propuesta se centra en estudiar la climatología de los fenómenos de afloramiento y hundimiento de las aguas en estas costas por dos mecanismos: primero, el transporte de las aguas mar adentro por medio del rotacional del estrés del viento que genera bombeo de Ekman, sumado a esto el transporte vertical que genera el balance geostrófico, y segundo, el transporte vertical de Ekman de la divergencia de las aguas que es producido por la componente paralela de los vientos a la costa.

Para esto se utilizará un modelo numérico de alta resolución, Modelo Oceánico Modular (MOM6 por sus siglas en inglés), y así obtener la climatología, y los promedios estacionales de los puntos de rejilla más cercanos a la costa y mar adentro. El modelo posee una resolución espacial de $1/20^\circ$ (0.05° , ~ 5.56 km) y abarca un periodo de 26 años (1993-2018), con resolución horaria superficial y diaria en 140 niveles de profundidad. Por medio de la teoría de Sverdrup del transporte de masas se calculan índices de afloramiento para dos dominios, uno mar adentro y otro de los puntos más cercanos a la costa los cuales muestran patrones marcados estacionales y temporales (ciclo anual) de afloramientos y subsidencia en el Pacífico Norte de Costa Rica.

Por último, utilizando análisis de funciones ortogonales empíricas se encontraron patrones con alta correlación negativa estacional entre el transporte vertical de masas de agua y la temperatura superficial de mar (TSM) que se encuentra en fase para el dominio cercano a la costa y casi en fase en el dominio mar adentro.

Palabras clave: Física computacional, Fluidos Geofísicos

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Utilizando el Simulador de Fluidos Geofísicos Fluidism como Herramienta Didáctica y de Investigación

Estiven Hernández¹, Tito Maldonado^{1,2}

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

²Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

estiven.hernandez@ucr.ac.cr

Resumen:

El simulador Fluidsim fomenta la colaboración de código abierto y ciencia abierta dentro de la comunidad de mecánica de fluidos, con fines educativos y de investigación. Los solucionadores en Fluidsim son códigos escalables de computación de alto rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés) que se basan en el rico ecosistema científico de Python y las interfaces de programación de aplicaciones.

Actualmente, Fluidsim incluye solucionadores para una variedad de problemas físicos que utilizan diferentes métodos numéricos (incluidos los métodos de diferencias finitas) y solucionadores seudoespectrales, en particular los solucionadores Navier-Stokes bidimensionales y tridimensionales. El programa incluye funcionalidades que permiten diseñar y reproducir experimentos de laboratorio, tal es el caso del estudio hecho por Rodda et al. (2023), quienes investigaron la transición de ondas internas de gravedad a turbulencia en un fluido establemente estratificado, utilizando un tanque de rotación localizado en la instalación Coriolis de gran escala en Grenoble.

En este experimento se realiza un análisis estadístico de la turbulencia estratificada inducida por ondas de gran escala. Este nivel de detalle permite realizar un tratamiento numérico y computacional de la teoría. Este simulador ha sido implementado como parte del laboratorio del curso Dinámica de Fluidos, permitiendo estudiar los efectos del forzamiento, la vorticidad y analizar cómo la dinámica de los fluidos depende de la viscosidad cinemática.

Rodda, C., Savaro, C., Bouillaut, V., Augier, P., Sommeria, J., Valran, T., Viboud, S., & Mordant, N. (2023). From Internal Waves to Turbulence in a Stably Stratified Fluid. *Physical Review Letters*. 131. 10.1103/PhysRevLett.131.264101.

Palabras clave: Instrumental. meteorológico

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Implementación operativa de un Cielómetro en el Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños Palma (AITBP)

María Mercedes Álvarez Acevedo¹

¹Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica

maria.alvarezacevedo@ucr.ac.cr

Resumen:

El Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños Palma (AITBP) es uno de los aeropuertos internacionales de Costa Rica y, como tal, debe cumplir con las regulaciones establecidas por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) y la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) mediante la Regulación Aeronáutica Costarricense (RAC). En cumplimiento de estos estándares y con el fin de fortalecer la calidad de la información meteorológica, esta práctica dirigida tuvo como objetivo principal la implementación de un cielómetro en el AITBP para mejorar la exactitud en la determinación de la altura de las bases de las nubes y la cobertura nubosa, complementando las observaciones visuales realizadas por los observadores meteorológicos.

Para alcanzar este objetivo, se llevaron a cabo diversas etapas. Primero, se seleccionó la ubicación óptima del instrumento conforme a los estándares del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), la Organización Mundial de la Meteorología (OMM) y la DGAC. Luego, se realizó la instalación y configuración del cielómetro, seguida por la implementación de un sistema de comunicación en tiempo real con la oficina meteorológica del aeropuerto. Además, se instaló un software de visualización para facilitar la interpretación de los datos y se almacenó la información de 3 meses para la revisión de la información. Finalmente, se elaboró un procedimiento de operación y mantenimiento del equipo y se capacitó al personal encargado de su uso.

Como resultado, se logró integrar el cielómetro en la operatividad del AITBP, permitiendo la generación de datos en tiempo real sobre la altura de la base de las nubes y la condición del cielo. Además, se obtuvieron productos innovadores como el perfil de retrodispersión, útil para el pronóstico a corto plazo. La información obtenida fortalece la calidad de los informes realizados por los observadores meteorológicos y contribuye a la mejora de la seguridad operacional del aeropuerto.

Palabras clave: Cambio Climático, Modelos Climáticos Globales

Modalidad de participación: Ponencia Oral

Análisis de escenarios futuros de cambio climático para Costa Rica basado en las proyecciones del conjunto de datos NEX-GDDP-CMIP6

Carlos Daniel Morales Coto¹

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica

carlosmoralescoto@gmail.com

Resumen:

El cambio climático representa una de las más grandes amenazas en términos sociales, económicos y ambientales en el siglo XXI, teniendo un impacto particularmente severo en regiones tropicales como Costa Rica. Para la planificación territorial, el uso sostenible del agua y la agricultura resulta esencial comprender cómo pueden evolucionar variables climáticas significativas. En este marco, esta investigación analiza las proyecciones futuras del cambio climático en Costa Rica durante el siglo XXI.

Para lograr esto, se utilizan las proyecciones climáticas del conjunto de datos NEX-GDDP-CMIP6, desarrollado por la NASA, que incorporan trayectorias socioeconómicas (SSP) recientes. El análisis utiliza un enfoque estadístico de múltiples modelos, que incluye los resultados de más de treinta Modelos Climáticos Globales (GCMs) a través de procedimientos de depuración como el método sigma-clipping. Esto se hace para disminuir la incidencia de valores atípicos y optimizar la coherencia de las proyecciones. Cuatro trayectorias socioeconómicas (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5) son utilizadas para examinar tres variables esenciales: humedad relativa, precipitación y temperatura promedio del aire, a nivel tanto mensual como estacional.

Los datos se procesaron en entornos de Python y MATLAB, lo que resultó en hipermatrices de datos climáticos con resolución espacial de aproximadamente $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ y organización temporal mensual y estacional, además de mapas que muestran las diferencias absolutas entre los períodos futuros (2070-2099) e históricos (1970-1999). Los datos iniciales muestran que la temperatura media de todo el país está aumentando, especialmente en los contextos de emisiones altas. Además, se aprecian cambios notables en los patrones de humedad relativa y precipitación, especialmente en las regiones del Pacífico costarricense, lo cual podría agudizar sequías o lluvias extremas.

El trabajo se encuentra en su fase final de desarrollo y se han logrado progresos significativos tanto en lo que respecta a la visualización espacial como a la organización de datos. Las conclusiones finales facilitarán la identificación de patrones espaciales del cambio climático previsto y brindarán pruebas científicas para que se tomen decisiones sobre políticas de adaptación y mitigación climática en Costa Rica.

Eje temático: Mediciones ambientales, ingeniería mecánica

Modalidad de participación: Oral

Diseño de la Estructura Mecánica de un Radar Biestático de Microonda para la Medición de Potencial Eólico

José Rubén Madrigal Cordero

¹Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
²Laboratorio de Observación del Sistema Climático, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

joseruben.madrigal@ucr.ac.cr

Resumen:

El presente trabajo presenta el diseño de la estructura mecánica de un radar meteorológico biestático para la medición remota de velocidad y dirección del viento, desarrollado como parte del Trabajo Final de Investigación Aplicada de la Maestría Profesional en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Costa Rica. El proyecto surge ante la necesidad de contar con instrumentación local para la caracterización de sitios con potencial eólico, aprovechando componentes donados por Radiográfica Costarricense (RACSA).

El sistema propuesto permite realizar mediciones a alturas de varios kilómetros y en un radio de decenas de kilómetros, superando las limitaciones de las torres anemométricas tradicionales. La metodología incluyó una revisión bibliográfica, diseño conceptual, simulaciones computacionales mediante dinámica de fluidos (CFD) y análisis por elementos finitos (FEA), además de la construcción de un prototipo a escala utilizando impresión 3D para probar el control.

Los resultados indicaron que la estructura soporta vientos de hasta 40 m/s manteniendo una precisión de apuntamiento de 0,1°. El diseño final integra dos antenas parabólicas de 1,2 m montadas sobre un sistema de posicionamiento dual controlado por motores de precisión. Con un costo estimado de materiales de construcción de 7 245 USD, el sistema representa una alternativa viable y de bajo costo frente a soluciones comerciales.

El proyecto demuestra la posibilidad de desarrollar tecnología meteorológica avanzada en Costa Rica, fomentando la independencia tecnológica y la innovación aplicada en la medición atmosférica y la evaluación de recursos eólicos.

**Transmisión del evento en las redes oficiales
del CIGEFI.**



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA