

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CIGEFI Centro de Investigaciones Geofísicas

RESÚMENES

LXV MINI-CONGRESO

Centro de Investigaciones Geofísicas

05 y 06 de noviembre de 2026

El Niño y las sequías en América Central: respuestas de la vegetación y uso del suelo

Adolfo Quesada Román[1]

[1]Centro de Investigaciones Geográficas, Universidad de Costa Rica

[2]Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica

adolfo.quesadaroman@ucr.ac.cr

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) influye significativamente en las sequías del Corredor Seco Centroamericano (CADC), con efectos diferenciados sobre la vegetación, el uso y la cobertura del suelo (LULC) y los impactos documentados. Este estudio integró índices climáticos (RONI y SPEI-6), anomalías de vegetación MODIS, cambios de cobertura forestal y registros de desastres (EM-DAT y DesInventar). Los resultados muestran que El Niño favorece condiciones de sequía, mientras que La Niña se asocia con condiciones más húmedas. La relación RONI–SPEI-6 fue significativa en el 98,7 % del territorio, con desfases de 0 a 6 meses. La vegetación respondió a la sequía en el 67,9 % del área, con mayor sensibilidad en pastizales y menor en bosques. La pérdida forestal intensificó las anomalías negativas de vegetación, mientras que la recuperación forestal mostró beneficios decrecientes bajo sequías severas. El SPEI-6 coincidió con el 92,1 % de los eventos nacionales y el 83,8 % de los municipales registrados, aunque la concordancia disminuyó al aplicar umbrales más estrictos. Estos resultados evidencian que los impactos de las sequías dependen no solo de su intensidad climática, sino también de las condiciones territoriales y sociales, destacando la importancia de integrar ENSO, vegetación y LULC en los sistemas de alerta temprana.

Evaluación detallada del riesgo de inundación mediante drones, modelado hidráulico y encuestas en Parrita, Costa Rica

Daniel Santiago Brenes Salas[1,2]

[1]Laboratorio de Geografía Física, Universidad de Costa Rica

[2]Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica

daniel.brenessalas@ucr.ac.cr

Las inundaciones constituyen una problemática recurrente en la cuenca baja del río Parrita, Costa Rica, donde las características de la llanura aluvial y la ocupación de áreas inundables generan condiciones de riesgo para la población. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el riesgo de inundación en cuatro núcleos urbanos de la ciudad de Parrita: Parrita Centro, Sitradique, La Julieta y Pueblo Nuevo, mediante la integración de la amenaza hidráulica, la

exposición y la vulnerabilidad socioeconómica de los hogares. Su importancia radica en la necesidad de generar información detallada que contribuya a la planificación territorial y a la reducción del riesgo a escala local. La investigación, actualmente concluida, empleó un enfoque metodológico mixto que combinó levantamientos de campo, fotogrametría con dron, modelación hidráulica bidimensional mediante HEC-RAS y encuestas georreferenciadas aplicadas a 486 hogares. Se generó un modelo de elevación digital de alta resolución y se simuló un escenario de inundación con un caudal de 1550 m^3/s. Posteriormente, se calcularon índices normalizados de amenaza, exposición y vulnerabilidad, integrados en un índice compuesto de riesgo para cada vivienda. Los resultados evidenciaron que el 81,5 % de los hogares había experimentado inundaciones en su residencia y que el escenario hidráulico modelado alcanzó el 74,5 % de las viviendas, con profundidades máximas de 3,149 m. La clasificación del riesgo identificó un 40,5 % de viviendas con riesgo alto, un 31,1 % con riesgo medio y un 28,4 % con riesgo bajo. Se concluye que el riesgo presenta una distribución espacial heterogénea, determinada principalmente por las diferencias en la intensidad de la amenaza, aunque condicionada también por la exposición y vulnerabilidad de los hogares. Se propone incorporar la cartografía generada en la planificación territorial, priorizar las viviendas con mayor riesgo, fortalecer los sistemas de alerta y evacuación, evaluar periódicamente las obras de protección y promover medidas de adaptación habitacional mediante la coordinación institucional y comunitaria.

Dependencia Espacio-Temporal y Severidad Extrema de Pérdidas Financieras por Desastres Naturales en Costa Rica desde el 2005 al 2023

Jose Andrey Prado Rojas[1]

[1]Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica

joseandrey.prado@ucr.ac.cr

Este trabajo analiza las pérdidas económicas ocasionadas por desastres naturales en Costa Rica durante el período 2005–2023, utilizando datos de la CNE. Se implementan modelos semiparamétricos de cuerpo-cola, teoría de valores extremos y cópulas para estudiar la severidad y dependencia de las pérdidas entre provincias, sectores y categorías de desastre. Los resultados evidencian distribuciones de colas pesadas y dependencia predominantemente positiva, permitiendo cuantificar el riesgo conjunto mediante VaR y CVaR al 95 % y 99 %.

Modelado probabilístico de caudales mínimos en cuencas hidrográficas de Costa Rica mediante Mixture Density Networks

Jose Andrey Prado Rojas[1]

[1]Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica

joseandrey.prado@ucr.ac.cr

Se implementa una red neuronal de densidad de mezcla (MDN) para estimar la distribución condicional de caudales mínimos mensuales en Costa Rica, utilizando registros hidrológicos y variables climáticas con rezagos temporales. Se emplea una arquitectura neuronal con distribución log-normal, optimizada mediante validación cruzada para series temporales. El modelo obtuvo un R^2 de 0.6031 y un MAE de 5.59 en prueba, capturando la tendencia y estacionalidad de los caudales. Los resultados destacan su utilidad para cuantificar la incertidumbre hidrológica y generar escenarios probabilísticos.

Análisis de la variabilidad del giro centroamericano desde 1979

Hidalgo, H.G.[1,2,3], Díaz, H.F., Alfaro, E.J., Saénz, F., Hernández–Deckers, D., Martínez Abarca, A.

[1]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

[2]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

[3]Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica

hugo.hidalgo@ucr.ac.cr

Los giros centroamericanos (CAG, por sus siglas en inglés) son circulaciones ciclónicas cerradas de escala sinóptica que se presentan en Centroamérica, generalmente durante la temporada de mayo a noviembre. Los CAG producen precipitaciones extraordinarias que pueden provocar inundaciones severas, daños considerables y pérdidas de vidas humanas y de infraestructura. En este trabajo presentamos un estudio sobre la variabilidad de estos sistemas en términos de su relación con otros precursores de gran escala y proponemos un mecanismo dinámico basado en compuestos climatológicos. Los resultados muestran que el ciclo estacional de los CAG es similar a los ciclos estacionales de la precipitación y de los vientos alisios en la región. El análisis de su relación con la Oscilación Madden-Julian (MJO) revela que los giros ocurren predominantemente durante las fases 8, 1 y 2 de la MJO. La comparación con los tipos de tiempo (WT) de Centroamérica y el Caribe, obtenidos a partir de datos de velocidad del viento, muestra que los CAG presentan un tipo de tiempo característico propio, por lo que constituyen un modo particular de variabilidad diaria en la región. Un resultado

de particular interés es la presencia de una estructura anticiclónica durante los días en que ocurren los giros, la cual genera un gradiente de presión que refuerza la circulación ciclónica durante los eventos de CAG. Asimismo, las condiciones similares a La Niña parecen proporcionar condiciones óptimas para el desarrollo de estos eventos, ya que los vientos anómalos del este en el Pacífico Tropical Oriental favorecen la circulación ciclónica que se desarrolla en la costa caribeña de Centroamérica. Por lo tanto, el mecanismo propuesto resulta de la interacción entre las condiciones tropicales de fondo y la evolución de una anomalía extratropical de altura geopotencial. A medida que el dipolo se establece plenamente, las anomalías de circulación se intensifican y contribuyen a mantener el giro durante varios días.

Experiencias de una red científica multidisciplinaria y equitativa sobre cambio climático en América Central: coautoria de socios

Pável Bautista Solís[1,2,3]

[1]Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco, Universidad Nacional

pavel.bautista.solis@una.ac.cr

La Red Centroamericana de Ciencias sobre el Cambio Climático (RC4), es una iniciativa interdisciplinaria orientada a articular capacidades científicas para abordar un problema global complejo, en una región altamente vulnerable y con recursos limitados. Bajo un enfoque de equidad intergeneracional, perspectiva de género, diversidad étnica y geográfica, RC4 desarrolló su primer ciclo de trabajo de 2023 a 2025, logrando consolidar una red regional de colaboración, construyendo colaborativamente un mecanismo de gobernanza, generando conocimiento científico clave para la región e incluso incidiendo en procesos de diplomacia científica globales. En este contexto, el objetivo de esta ponencia es sistematizar críticamente la experiencia de RC4, identificando fortalezas y desafíos claves para la consolidación redes científicas interdisciplinarias en contextos de alta vulnerabilidad. Metodológicamente, este estudio parte de un trabajo cualitativo que integra una revisión documental, una reconstrucción histórica de la experiencia y la identificación de hitos y desafíos documentados en los informes de avance del proyecto ejecutado. Los resultados evidencian que, en esta fase inicial, el funcionamiento de RC4 dependió significativamente de los liderazgos científicos senior, aprovechando las capacidades instaladas de redes de colaboración, saber hacer científico y las relaciones con procesos de diplomacia científica internacionales en el ámbito de la adaptación al cambio climático. Asimismo, se documentaron desafíos importantes en la integración y sostenibilidad en la participación de personas jóvenes, mujeres y personas socias indígenas. Estos son explicados por factores estructurales como la estabilidad laboral, la afinidad temática y las relaciones de trabajo preexistentes al lanzamiento de RC4, que condicionaron la

continuidad y calidad de los aportes de las personas asociadas a esta red. La experiencia de RC4 aporta evidencia empírica relevante para orientar el diseño, gobernanza y evaluación de redes científicas interdisciplinarias en el Sur Global.

Temperatura superficial del mar en Costa Rica: señales del calentamiento global y la variabilidad de El Niño

Rodney Eduardo Mora Escalante[1,2,3], Oscar Álvarez[2]

[1]Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

[2]Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica

[3]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

rodney.moraescalante@ucr.ac.cr

La temperatura superficial del mar (TSM) responde a los intercambios de energía entre el océano y la atmósfera, la radiación solar y los procesos de mezcla y transporte de calor en la columna de agua. Aunque las regiones tropicales presentan una variabilidad térmica generalmente menor que las latitudes medias y altas, los cambios en el viento, la precipitación y la circulación oceánica pueden modificar significativamente la temperatura del mar. Además, el océano actúa como un importante reservorio de calor, absorbiendo gran parte del exceso de energía acumulado en el sistema climático como consecuencia del calentamiento global. La TSM también presenta variaciones asociadas a fenómenos climáticos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que pueden alterar las condiciones oceanográficas regionales. Estas variaciones tienen implicaciones importantes para los intercambios de calor entre el océano y la atmósfera, la formación e intensificación de ciclones tropicales y el funcionamiento de los ecosistemas marinos, incluidos los procesos de migración de especies, el blanqueamiento y la mortalidad de corales, y la proliferación de algas. Este estudio tiene como objetivo caracterizar la variabilidad temporal de la temperatura superficial del mar en las aguas adyacentes a Costa Rica y explorar su relación con fenómenos océano-atmosféricos y tendencias de largo plazo. Para ello, se utilizarán datos diarios de TSM del programa Coral Reef Watch de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), con una resolución espacial de 5 km, así como observaciones in situ provenientes de estaciones mareográficas ubicadas en las costas del país. Se analizarán series temporales de TSM en diferentes localidades del Pacífico y el Caribe costarricenses, mediante estadísticas descriptivas y análisis de tendencias. Asimismo, se comparará la evolución de la temperatura registrada en estaciones seleccionadas del Pacífico con la ocurrencia de eventos de El Niño, con el fin de explorar su posible influencia en la variabilidad térmica regional. Este trabajo contribuirá a mejorar el monitoreo y la comprensión de la variabilidad de la temperatura superficial del

mar en Costa Rica, proporcionando una base para futuros estudios sobre tendencias de largo plazo, variabilidad interanual e impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos. Además, permitirá avanzar en el análisis de las relaciones entre las condiciones térmicas de los mares costarricenses, el calentamiento global y los fenómenos de variabilidad climática del Pacífico ecuatorial.

Radiación solar y ultravioleta en superficie durante máximos de actividad solar: comparación del ciclo 24 con otros ciclos en el período 1979–2025

Jefersson Manzanares[1], Rodrigo Castillo[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas

jefersson.manzanares@ucr.ac.cr

El ciclo solar es un fenómeno periódico de aproximadamente 11 años, caracterizado por variaciones en la actividad solar que generan períodos de máximos y mínimos de actividad. Estas fluctuaciones producen cambios en la radiación emitida por el Sol, los cuales pueden influir en la cantidad de radiación solar y ultravioleta que alcanza la superficie terrestre. El presente trabajo tiene como objetivo analizar las variaciones de la radiación solar superficial y ultravioleta durante el máximo del ciclo solar 24, el cual se caracteriza por una actividad relativamente baja, en comparación con otros máximos solares. Para ello, se utilizan datos del reanálisis climático ERA5 correspondientes al período 1979-2025, que proporcionan información sobre la radiación solar superficial, la radiación ultravioleta, la cobertura nubosa, el contenido total de vapor de agua en columna y el contenido total de ozono en columna. La metodología comprende el cálculo de climatologías, anomalías y diferencias entre períodos, así como la aplicación de técnicas de remuestreo bootstrap para evaluar la significancia estadística de las diferencias observadas. La investigación se encuentra en proceso de desarrollo. Los análisis preliminares de la radiación solar superficial y la cobertura nubosa muestran relaciones que podrían contribuir a explicar algunas de las diferencias observadas. Se plantea incorporar el contenido total de vapor de agua en columna para profundizar en la interpretación de estas relaciones. De manera similar, se analizará la relación entre la radiación ultravioleta, la cobertura nubosa y el contenido total de ozono en columna, con el propósito de identificar posibles factores atmosféricos asociados con su variabilidad. Se espera que los resultados permitan identificar patrones espaciales y estacionales en la radiación recibida en superficie, así como evaluar la contribución de distintas variables atmosféricas a las diferencias encontradas.

Patrón espacio-temporal de teleconexión entre el Modo Anular del Sur y las corrientes en chorro de bajo nivel del Caribe y del Chocó

Matías Arias Ortega[1], Rodrigo Castillo[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

[2]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

matias.arias@ucr.ac.cr

Se examina la señal del Modo Anular del Sur (SAM/AAO) en la variabilidad interanual de los chorros de bajo nivel del Chocó (CHCLLJ) y del Caribe (CLLJ), cuyos núcleos se emplean como detectores regionales. Primero, se evalúan las correlaciones estacionales entre los índices AAOI/SAMI y las variables atmosféricas-oceánicas de ambos núcleos, utilizando correlaciones parciales para remover la señal de ONI3.4. Se consideran significativas todas aquellas correlaciones con un valor p<0,05, calculado usando el número de grados de libertad efectivos. Segundo, se diagnostican patrones de circulación de bajo nivel en las componentes zonal y meridional del viento y su magnitud (a 925hPa), divergencia, vorticidad relativa, geopotencial, potencial de velocidad y componte divergente del campo de viento (promedio vertical entre 850 y 1000hPa), presión a nivel del mar y temperatura superficial del mar mediante diferencias de composiciones de una variable de campo bajo un índice externo (Castillo et al.2021). El dominio se extiende desde la costa antártica hasta 40°N y desde el borde occidental del Pacífico oriental hasta 40°E; la significancia se evalúa con la técnica de Bootstrap permutando la serie 1000 veces y aplicando un umbral de significancia del 90 % . Tercero, se estudia si la señal del SAM/AAO coincide con cambios en los aportes de humedad del Atlántico Norte y Sur, Pacífico Norte y Sur, Golfo de México y mar Caribe hacia la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). La máscara de convergencia tropical se define como el conjunto C de puntos tales que su divergencia supera el umbral de convergencia propuesto por Berry et al.2014, el laplaciano del campo de divergencia supera el umbral propuesto por Wodzicky 2018 para el análisis en escala mensual y la temperatura de bulbo húmedo potencial a 850 hPa (calculado a partir del método propuesto por Davis-Jones 2014) supera los 295K. El trabajo está en proceso de realización y el siguiente paso será repetir los 3 experimentos anteriores en escalas bimestrales y mensuales con el fin de ubicar el posible origen en el tiempo de la señal de teleconexión.

Simulación de la respuesta atmosférica al eclipse solar anular de 2023 en Costa Rica mediante el modelo WRF-ARW

Erick Rivera[1,2], Marian Quesada[1], Marcial Garbanzo[1,2], Tito Maldonado[1,2]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

[2]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

marian.quesada@ucr.ac.cr

El presente trabajo analiza la respuesta de la atmósfera ante el eclipse solar anular ocurrido el 14 de octubre de 2023 en Costa Rica, con énfasis en los cambios de temperatura del aire y en los procesos atmosféricos asociados a la reducción de la radiación solar. El estudio parte de la necesidad de comprender y representar adecuadamente perturbaciones atmosféricas de corta duración en condiciones tropicales costeras, utilizando el eclipse como un experimento natural y evaluando la capacidad del modelo WRF-ARW para reproducir dicha respuesta. La metodología combina observaciones meteorológicas de cinco estaciones ubicadas en la región Caribe —Limón, Manzanillo, Sixaola, Puerto Vargas y Playa Cocles— con simulaciones numéricas de tres dominios anidados de 27, 9 y 3 km de resolución. Se realizaron cuatro experimentos, con y sin forzamiento del eclipse y con y sin asimilación de datos mediante 3DVAR. La evaluación se efectuó mediante métricas estadísticas y el análisis de variables relacionadas con la radiación, el balance energético superficial, la capa límite atmosférica y el viento. Los resultados obtenidos muestran un enfriamiento asociado al eclipse en las cinco estaciones, con una importante variabilidad espacial. Las simulaciones que incorporan el forzamiento del eclipse reproducen la evolución temporal y el momento del enfriamiento, aunque presentan diferencias respecto a la magnitud observada, particularmente en Sixaola. El trabajo se encuentra en proceso de finalización.

Hidrodinámica en una zona de afloramiento costero en el Pacífico Norte de Costa Rica

Addy Echevarría Figueroa[1], Rodney Eduardo Mora Escalante[1,2]

[1]Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

[2]Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica

[3]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

addy.echevarria@ucr.ac.cr

En la dinámica de un estuario, una bahía o un golfo, las corrientes marinas desempeñan un papel fundamental en el comportamiento de las masas de agua. Su caracterización permite

comprender procesos físicos, como la estratificación y la mezcla, así como el transporte de sedimentos. Asimismo, son importantes para diversos procesos biológicos, entre ellos la dispersión larval de especies marinas y el transporte y ciclo de los nutrientes. Sin embargo, el sistema de corrientes y el régimen mareal del Pacífico norte de Costa Rica, particularmente en Bahía Culebra, aún requieren mayor investigación, especialmente debido a la influencia del afloramiento costero estacional asociado al golfo de Papagayo. Este estudio tiene como objetivo caracterizar las principales componentes armónicas de la marea, cuantificar su contribución a las corrientes y determinar la relación entre la corriente residual y la velocidad del viento. Para ello, se instalaron dos perfiladores acústicos de corrientes y oleaje (AWAC, por sus siglas en inglés) en dos sitios de Bahía Culebra, donde se realizaron mediciones durante un año. El monitoreo comprendió dos campañas de seis meses, correspondientes a la época seca, caracterizada por el afloramiento, y a la época lluviosa, durante la cual este fenómeno disminuye o está ausente. Los resultados preliminares indican que las componentes armónicas K1 y M2 presentan una contribución importante a las corrientes mareales. De acuerdo con el factor de forma mareal (F), Jícaro presenta un régimen mixto predominantemente diurno (F = 2,312), mientras que Punta Arenillas presenta un régimen mixto predominantemente semidiurno (F = 0,809). No obstante, la marea explica solo una fracción de la variabilidad de las corrientes observadas, con contribuciones reportadas de 13,2 % para K1 y 17,7 % para M2. Estos resultados sugieren que otros factores, como el viento y el esfuerzo del viento sobre la superficie del mar, podrían desempeñar un papel importante en la dinámica de las corrientes residuales en Bahía Culebra.

Hidrodinámica en una zona de afloramiento costero en el Pacífico Norte de Costa Rica

Fabricio Acevedo[1], Iván Pérez-Santos[2,3], Rodney Eduardo Mora Escalante[1,4,5]

[1]Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica

[2]Centro i-mar de la Universidad de Los Lagos, Puerto Montt, Chile

[3]Center for Oceanographic Research COPAS COASTAL, Universidad de Concepción, Chile

[4]Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

[5]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

fabricio.acevedo@ucr.ac.cr

El Océano Pacífico adyacente a la costa chilena transporta masas de agua hacia la Patagonia Norte, modulando diversos procesos oceanográficos vinculados a la disponibilidad del oxígeno disuelto (OD) en los fiordos y canales interiores. El presente estudio analiza datos de instrumentos oceanográficos, como sensores acústicos ADCP, sensores ópticos de oxígeno y

CTDO, ubicados a lo largo de la Boca del Guafo, el Canal Moraleda y el Fiordo Puyuhuapi, en el periodo 2016 al 2026. El objetivo principal de este trabajo es comprender la influencia de la circulación profunda en el transporte de OD a escalas de tiempo a escala mareal, submareal y sinóptica. Los resultados demuestran la presencia de corrientes de marea intensas que se extienden hasta los 280 m de profundidad. Específicamente en el Canal Moraleda, la marea explica el 96 % de la variabilidad física de la columna de agua, frente al escaso 4 % del componente residual. Además, el análisis vertical del OD revela contrastes significativos. Mientras, que a una profundidad de 150 m existe una variabilidad mareal, en la serie temporal a 280 m la marea no fue detectada, observándose una disminución paulatina desde el mes de febrero hasta junio del 2026, alcanzando valores de hipoxia para el último mes mencionado. Estos resultados complementan antecedentes previos sobre el flujo neto hacia el interior de la Patagonia por debajo de los 100 m, evidenciando la necesidad de entender la influencia de la circulación profunda en la advección horizontal del oxígeno y su conexión con la desoxigenación de las aguas.

Modelación numérica de la circulación oceánica en Centroamérica: implementación y validación del modelo CROCO

Andrés Escalante Chacón,[1], Rodney Eduardo Mora Escalante[1,2,3]

[1]Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica

[2]Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

[3]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

andres.menavargas@ucr.ac.cr

Los mares que bordean Centroamérica comprenden el mar Caribe y el vasto océano Pacífico, cuyas dinámicas oceanográficas están determinadas por una diversidad de procesos físicos. Entre ellos destacan las ondas ecuatoriales del Pacífico tropical, los remolinos de mesoescala en el Caribe, las surgencias costeras asociadas a los jets de viento de Papagayo y de la bahía de Panamá, así como fenómenos de gran escala, como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). El presente estudio tiene como objetivo simular las principales variables físicas de los mares adyacentes a Centroamérica mediante una configuración numérica realista. Para ello, se utilizará el modelo de circulación oceánica CROCO (Coastal and Regional Ocean COmmunity model), forzado con datos atmosféricos del reanálisis ERA5, condiciones de frontera provenientes del reanálisis oceánico global de CMEMS y una base batimétrica global debidamente suavizada. Se presentarán resultados de temperatura y salinidad superficiales, elevación de la superficie del mar y corrientes superficiales. Asimismo, los resultados del modelo se compararán con observaciones satelitales y mediciones in situ. Para evaluar su desempeño, se calcularán

diversas métricas estadísticas que permitan validar la configuración e implementación del modelo en la región centroamericana. Se espera obtener resultados que reproduzcan de manera realista los principales procesos físicos que caracterizan el Pacífico tropical oriental y el mar Caribe, cuya dinámica está fuertemente influenciada por la variabilidad estacional, los jets de viento, las surgencias costeras, los remolinos de mesoescala y las corrientes costeras. Se prestará especial atención al Domo Térmico de Costa Rica (DTCR), un sistema oceánico de afloramiento reconocido por su elevada productividad biológica y relevancia ecológica, cuya manifestación estacional más característica ocurre entre febrero y abril. Este sistema, cuya dinámica está asociada al forzamiento del jet de viento de Papagayo y a los gradientes de temperatura y salinidad, constituye un elemento clave de la circulación del Pacífico tropical oriental. Su representación numérica permitirá profundizar en la comprensión de los mecanismos que controlan la variabilidad térmica y la circulación regional, así como en su interacción con fenómenos de gran escala, como el ENOS. En conjunto, este trabajo establecerá una base metodológica sólida para futuros estudios de modelación oceánica regional en Centroamérica, contribuyendo a mejorar el conocimiento de los procesos físicos que gobiernan sus mares y proporcionando información relevante para la investigación y la gestión de los ecosistemas marinos.

La configuración, calibración y validación de modelos hidrodinámicos y de oleaje en el Golfo de Nicoya mediante Delft3D-FM y Delft3D-WAVEY

Marcelo Salas Cascante[1,2], Mauro Vargas Hernandez[2], Rodney Eduardo Mora Escalante[3,4,5]

[1]Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo

[2]Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero (LAOCOS), Universidad Nacional

[3]Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica

[4]Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

[5]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

rodney.moraescalante@ucr.ac.cr

El Golfo de Nicoya, ubicado en la costa pacífica de Costa Rica, constituye un estuario tropical caracterizado por una dinámica compleja, influenciada por las mareas, los aportes fluviales, los vientos y la propagación del oleaje. La representación numérica de estos procesos resulta fundamental para comprender su variabilidad espacial y temporal y las interacciones entre la circulación estuarina y el campo de oleaje. En este trabajo se presentan los avances en la configuración, calibración y validación de los modelos Delft3D-FM y Delft3D-WAVE, orientados a reproducir las condiciones hidrodinámicas y de oleaje del Golfo de Nicoya. Para la simulación hidrodinámica se implementó Delft3D-FM mediante una malla computacional de

resolución variable, incorporando condiciones de frontera y forzamientos ambientales representativos del estuario. Su calibración y validación se desarrollan mediante la comparación de los niveles de agua y las corrientes simuladas con registros instrumentales disponibles en diferentes sectores del golfo. Paralelamente, se configuró el modelo espectral Delft3D-WAVE, basado en SWAN, utilizando una malla curvilínea adaptada a la geometría y batimetría del dominio. Se incorporaron forzamientos atmosféricos y condiciones de frontera de oleaje para representar su generación, propagación y transformación. La calibración se realiza mediante la comparación de series temporales de altura significativa del oleaje (Hs) simuladas y observadas en Caldera y Puntarenas. Los resultados preliminares permiten evaluar la respuesta de ambos modelos, identificar discrepancias respecto a las observaciones y orientar el ajuste de sus parámetros. Una vez validados independientemente, se prevé acoplar ambos modelos para representar las interacciones entre oleaje, corrientes y variaciones del nivel del agua, contribuyendo al estudio integrado de la dinámica del Golfo de Nicoya.

Caracterización climatológica del Jardín Botánico Lankester: análisis de datos meteorológicos del período 2013–2026

Celeste Ureña Sandí[1], Alberto Salazar Murillo, Erick Rivera Fernández[1,2]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

[2]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

maria.urrenasandi@ucr.ac.cr

Se tiene como objetivo caracterizar las condiciones climáticas del Jardín Botánico Lankester a partir de los registros de una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 durante el período 2013–agosto de 2026. El estudio se encuentra en proceso y busca describir cómo varían la temperatura, la humedad relativa, la precipitación, el viento y la radiación solar a lo largo del día y del año, para aportar información que sirva de referencia en las investigaciones y actividades de manejo del jardín. El procesamiento comienza con la revisión de fechas y horas, la identificación de registros duplicados y períodos sin información y la detección de valores sospechosos, para luego determinar la cantidad de datos válidos disponibles por variable y su distribución temporal. A partir de esta revisión se analizan los ciclos diurnos de temperatura, humedad relativa y radiación solar, comparando los períodos diciembre–abril y mayo–noviembre, así como las temperaturas medias y extremas de cada mes. En el caso de la precipitación, se estudian los acumulados medios mensuales y la evolución de la lluvia acumulada por año, mientras que las direcciones y velocidades predominantes del viento se representan mediante rosas de viento. El análisis preliminar de los datos ha permitido identificar períodos sin información y valores de precipitación que necesitan verificarse, lo que

limita la comparación entre años, pues una menor cantidad de lluvia registrada podría deberse a datos faltantes. Por esta razón, es necesario considerar la calidad y continuidad de la serie antes de interpretar los resultados, indicando la cobertura temporal, los criterios de selección y la cantidad de observaciones válidas utilizadas en cada análisis. Una vez completado este proceso, se podrán establecer las conclusiones sobre las condiciones climáticas del jardín durante el período estudiado.

Caracterización Climatológica de la Reserva Cuericí: Análisis de 9 años de datos meteorológicos (julio de 2017 – agosto de 2026)

Lucía Ortíz Soto[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

lucia.ortizsoto@ucr.ac.cr

Se presenta la caracterización climatológica de la Estación Biológica Cuericí (Costa Rica) a partir de nueve años de registros de una estación Davis Vantage Pro2. El análisis describe la calidad de la serie, los regímenes térmico, higrométrico y pluviométrico, y los campos de viento y radiación solar. Los resultados muestran estabilidad térmica, humedad relativa elevada y una marcada estacionalidad de la precipitación. El principal desafío identificado es la continuidad del registro.

Condiciones climáticas, conservación ambiental y riesgos en un distrito sureño de colonización reciente: el caso de Biolley de Buenos Aires, provincia de Puntarenas, Costa Rica (1995-2026)

Ronald Eduardo Díaz Bolaños[1], Michael Solano Mora[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

ronald.diaz@ucr.ac.cr

El distrito de Biolley es el octavo del cantón de Buenos Aires en el sur de la provincia de Puntarenas. Fue fundado en el año 1995 y su nombre procede de Paul Biolley (1862-1908), naturalista y profesor suizo radicado en Costa Rica, figura clave en el desarrollo científico costarricense en la transición de los siglos XIX al XX. Este distrito sureño se constituyó en un espacio de colonización reciente por su ubicación en las faldas de la Cordillera de Talamanca, donde se instalaron asentamientos campesinos dedicados al cultivo de granos, café y

actividad maderera en la segunda mitad del siglo XX. En el presente, las actividades agroecoturísticas han cobrado relevancia por su vecindad con el Parque Internacional La Amistad (PILA). El distrito posee un clima tropical húmedo y muy húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 2000 y 8000 mm anuales, un marcado gradiente altitudinal y comprende al menos siete zonas de vida de Holdridge. Esta diversidad implica una vulnerabilidad climática internamente diferenciada con zonas que concentran la mayor exposición a deslizamientos e inundaciones repentinas por la combinación de alta precipitación y pendientes pronunciadas, mientras otras presentan riesgo por saturación de suelos. Los principales riesgos identificados son inundaciones, deslizamientos, flujos de lodo, inestabilidad de laderas y erosión laminar, con una marcada concentración en setiembre y octubre. En este distrito se documentan el colapso de un puente (2007) y daños viales por la Tormenta Tropical Nate (2017) en siete poblados. Debido a estos factores, Biolley de Buenos Aires constituye un sitio de interés para el estudio histórico de las relaciones entre las sociedades humanas y el medio ambiente en la Zona Sur de Costa Rica mediante una revisión bibliográfica respaldada por información recopilada de la base de datos Desinventar, a nivel cantonal y distrital para identificar los principales riesgos que enfrenta el distrito. Esta investigación en proceso señala que son necesarios más estudios que detallen los riesgos que enfrenta la población del distrito en cuanto a pequeños y medianos eventos y una mayor participación de las organizaciones comunitarias y entes institucionales para la atención de futuras alertas.

Representaciones grotescas de la catástrofe: el caso del terremoto de Cartago del 4 de mayo de 1910

Guillermo Alfonso Brenes Tencio[1]

[1]Investigador independiente

guiller.bt70@gmail.com

El terremoto que devastó la ciudad de Cartago el 4 de mayo de 1910 transformó profundamente el paisaje urbano y las formas de representar la muerte, la destrucción y el desorden social. Esta ponencia analiza cómo las fotografías, las tarjetas postales y las caricaturas construyeron distintas representaciones visuales de la catástrofe, con especial atención a aquellas en las que se manifiesta una dimensión grotesca del 'acontecimiento-monstruo'. El argumento central plantea que estas imágenes no fueron únicamente registros de los daños provocados por el terremoto, sino construcciones culturales mediante las cuales la sociedad de la época intentó hacer inteligible una experiencia que desbordaba las categorías ordinarias de comprensión. La pertinencia de esta investigación radica en abordar el terremoto del 4 de mayo de 1910 no solamente como fenómeno sísmico, sino como acontecimiento visual y cultural.

La exposición de cadáveres, restos óseos, sepulturas abiertas y cuerpos infantiles alteró los límites simbólicos entre la vida y la muerte, al tiempo que convirtió la destrucción en imágenes susceptibles de circulación, observación y posterior incorporación a la memoria colectiva. La metodología corresponde a un análisis histórico-cultural y visual de fuentes fotográficas, tarjetas postales y caricaturas relacionadas con el terremoto. El estudio incorpora los aportes teóricos de Peter Burke sobre la imagen como fuente histórica, Mijaíl Bajtín para la comprensión de lo grotesco, Roland Barthes en torno a la relación entre fotografía y muerte, y Susan Sontag respecto de la representación del sufrimiento y la posición del espectador. La investigación se encuentra actualmente en proceso. Los hallazgos preliminares permiten observar que las imágenes de los nichos abiertos, los cadáveres reunidos en espacios públicos, los niños huérfanos fallecidos del Hospicio Salesiano y la caricatura de la catástrofe constituyen diferentes modalidades de representación de una experiencia límite. Como línea de trabajo, se propone profundizar en la relación entre lo grotesco, la visualidad de la muerte, el espectáculo y la construcción de la memoria histórica del terremoto de 1910, ampliando el corpus documental y contrastando las distintas modalidades de representación.

La erupción del volcán Hunga Ha'apai-Hunga Tonga el 15 de enero de 2022, reconsiderada

Jorge A. Amador[1,2], Jessy Acuña[1], y Adriana Mora

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

[2]Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

jorge.amador@ucr.ac.cr

El primer trabajo sobre la erupción del Hunga Ha'apai-Hunga Tonga, preliminar en esencia a pocos meses de la ocurrencia del evento, fue presentado en el MiniCongreso LVI del CIGEFI en junio del 2022. En esa investigación se analizaron datos de presión en superficie en Costa Rica (Santa Cruz, 10º 29', -85º 59'; CIGEFI, 09º 56', -84º 02'), y la estación de Aruba (12º 30', -69º 59') para documentar la onda de presión en superficie. Se estudió el desarrollo de las nubes de "ceniza" y su relación con la generación de descargas eléctricas usando datos cerca del volcán de la Red Mundial de Localización de Rayos (WWLLN, por sus siglas en inglés). En esta presentación se incluye el análisis de la presión en superficie en otras estaciones (p. e., San Ramón, 10º05'N 84º28', en Costa Rica) y se actualizan y refinan algunos conceptos y mecanismos, entre ellos, la velocidad de propagación de la onda de presión, el papel de la onda tipo Lamb en el evento y algunas ideas sobre la rotación observada en las nubes eruptivas. Se completa esta investigación con una revisión de literatura sobre el potencial efecto posterior de la erupción en el clima terrestre.

Análisis estadístico de NEX-GDDP-CMIP6 para Centroamérica

Andrés Mena Vargas[1], Rodrigo Castillo[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas

andres.menavargas@ucr.ac.cr

La NASA publica NEX-GDDP-CMIP6, un conjunto de datos que toma las proyecciones de los Modelos de Circulación General del proyecto internacional CMIP6, desarrollados por centros de investigación de todo el mundo, y les aplica una reducción de escala estadística hasta una resolución de 0,25° (25 km aprox). Estos modelos simulan el clima del planeta bajo distintos escenarios de emisiones (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5). En este trabajo utilizamos estos datos para estudiar posibles futuros climáticos de Centroamérica, principalmente de Costa Rica, en variables como temperatura, precipitación, humedad, radiación y viento. Con servidores institucionales de almacenamiento y procesamiento se calcularon climatologías de 30 años para cada modelo y se construyeron ensambles multimodelo, descartando en cada punto de malla los valores atípicos. Luego se calculó el cambio proyectado entre el final del siglo XX (1970–1999) y el final del siglo XXI (2070–2099), junto con su error estándar (método de Welch), que indica dónde los modelos concuerdan en la magnitud del cambio. Para esto fue necesario reconstruir el número de modelos que sobreviven al filtrado de atípicos en cada punto, que varía entre escenarios y variables. El trabajo está en proceso: los cálculos para todos los escenarios, periodos y variables están completos y verificados, y se están elaborando los mapas para Costa Rica. Se presentarán resultados preliminares que identifican las zonas donde el cambio proyectado es robusto, como insumo para estudios de impacto y adaptación en la región.

Proyecciones de circulación atmosférica en América Central y su impacto en las proyecciones de precipitación

Fernán Sáenz Soto[1], Hugo G. Hidalgo León[1], Eric J. Alfaro Martínez[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

fernan.saenzsoto@ucr.ac

Se presentan los avances y los retos del proyecto “Proyecciones de circulación atmosférica en América Central y su impacto en la proyecciones de precipitación”, cuyo objetivo principal

es evaluar un grupo de 15 modelos de CMIP6 (Climate Model Intercomparison Project pase 6) en su capacidad de representar los patrones de circulación atmosférica dominantes en América Central y usar esa información para ajustar condicionalmente los sesgos de las proyecciones de precipitación para esta región. Se hará un repaso de la metodología de clustering empleada para determinar los 8 patrones dominantes para el periodo 1981-2010, así como de la metodología empleada para evaluar las representaciones por modelos climáticos, generando un ranking y para hacer los ajustes de sesgos condicionados por la ocurrencia de los patrones. Se discutirán las principales dificultades y se justificará la solicitud de ampliación del proyecto para cumplir con todos los objetivos trazados.

Relaciones simultáneas y desfasadas entre la Oscilación Antártica y la variabilidad interanual de la precipitación mensual en Costa Rica

Edwin Alonso Pérez[1], Rodrigo Castillo[1]

[1]Centro de Investigaciones Geofísicas

edperez@estudiantec.cr

La precipitación en Costa Rica presenta una marcada variabilidad espacial y temporal asociada con la interacción entre la circulación atmosférica regional, la orografía y diferentes modos de variabilidad climática de gran escala. Entre estos se encuentra la Oscilación Antártica (AAO), uno de los principales modos de variabilidad de la circulación extratropical del hemisferio sur. En estudios previos se han identificado asociaciones entre la AAO y la precipitación costarricense; sin embargo, gran parte de su interpretación se ha realizado a escala estacional, por lo que resulta pertinente determinar si estas relaciones se mantienen de forma uniforme durante una estación o se concentran en meses específicos. El presente trabajo, actualmente en proceso de realización, busca caracterizar la relación entre la AAO y la precipitación mensual de Costa Rica durante el período 1979-2017. Para ello se emplearán registros de estaciones meteorológicas, el producto satelital PERSIANN-CDR y el reanálisis ERA5. Las series serán acondicionadas y transformadas en anomalías mensuales y anomalías estandarizadas. Posteriormente se calcularán correlaciones de Pearson y correlaciones parciales, utilizando El Niño–Oscilación del Sur (ENOS) como variable de control, además de evaluar desfases temporales de hasta tres meses. También se construirán composiciones mensuales correspondientes a las fases positiva, negativa y neutral de la AAO, cuya significancia se analizará mediante pruebas de permutación. La interpretación física de los patrones obtenidos se apoyará en campos de viento de bajo nivel y divergencia del flujo de humedad derivados de ERA5. Al tratarse de un estudio en desarrollo, aún no se dispone de conclusiones definitivas; no obstante, se espera identificar los meses y regiones donde la

relación AAO–precipitación sea más consistente, así como determinar si dichas asociaciones se mantienen al controlar la influencia de ENOS. El trabajo pretende aportar una caracterización mensual y espacial actualizada que sirva como base para investigaciones posteriores sobre teleconexiones climáticas y variabilidad de la precipitación en Costa Rica.

Factores influyentes en el impacto de la variabilidad climática y fenómenos meteorológicos extremos sobre el ciclo hidrológico de la Cuenca del Canal de Panamá

Brian Guevara[1,2], Reinhardt Pinzón[1,2], Tosiyuki Nakaegawa, Josué Batista, Shoji Kusunoki

[1]Centro de investigaciones Hidraulicas e Hidrotecnicas,

[2]Facultad de Ciencias y Tecnologia, Universidad Tecnológica de Panamá

brian.guevara@utp.ac.pa

La reproducción de eventos de precipitación extrema constituye un desafío para la modelación climática regional, particularmente en Panamá, donde la complejidad topográfica y la influencia de los océanos Pacífico y Atlántico generan una elevada variabilidad espacial y temporal de las lluvias. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad del modelo climático regional no hidrostático NHRCM para reproducir eventos de fuertes precipitaciones mediante simulaciones de alta resolución horizontal de 5 km y 2 km, con el propósito de determinar su confiabilidad para el análisis de condiciones climáticas históricas y futuras. La metodología se fundamenta en la reducción de escala dinámica y en los principios físicos que describen la circulación atmosférica. Inicialmente, se analizan simulaciones correspondientes al período histórico 1980–1999, utilizando el conjunto de datos de precipitación APHRO-PA como referencia observacional. Se estudian la distribución espacial y temporal de la precipitación, su comportamiento climatológico y los índices de eventos extremos. La evaluación del desempeño del modelo contempla comparaciones estadísticas mediante sesgo, error cuadrático medio y correlación espacial. Posteriormente, se proyecta analizar simulaciones climáticas futuras generadas a partir de MRI-AGCM bajo el escenario SSP5-8.5, con el fin de identificar posibles modificaciones en la intensidad, frecuencia y distribución de las precipitaciones extremas hacia finales del siglo XXI. La investigación se encuentra en proceso de realización, específicamente en la etapa de evaluación y validación de las simulaciones históricas. Por tanto, las conclusiones definitivas dependerán de la integración y el análisis de los resultados obtenidos. Se espera identificar las fortalezas y limitaciones de ambas resoluciones espaciales y establecer criterios para interpretar las proyecciones futuras. Como contribución aplicada, se propone utilizar esta evidencia científica para fortalecer la evaluación del riesgo hidrometeorológico, la planificación territorial y las estrategias de adaptación al cambio climático en

Panamá.

Vulnerabilidad de los Sistemas de Producción de Café ante la Variabilidad Climática en la Zona de Los Santos

Jesús Ureña Badilla[1]

[1]Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica

william.urena@ucr.ac.cr

Esta investigación evaluó la vulnerabilidad climática de los sistemas de producción de café (SPC) en la Zona de Los Santos, Costa Rica (Tarrazú, Dota y León Cortés), región que aporta aproximadamente el 35.6 % de la producción nacional. Se adoptó un enfoque mixto que integró la caracterización histórica, biofísica y socioeconómica de los SPC; el análisis espacial de amenazas climáticas; la estimación de umbrales bioclimáticos; y la evaluación de la vulnerabilidad y capacidad adaptativa mediante 60 encuestas georreferenciadas a pequeños y medianos productores. Los resultados evidencian una transición desde un agroecosistema diversificado hacia un modelo altamente especializado y dependiente de insumos externos, consolidado durante la Revolución Verde, lo que generó vulnerabilidades estructurales. Las proyecciones climáticas indican un clima más cálido y húmedo, con mayor frecuencia de eventos extremos y migración altitudinal de las zonas aptas para el cultivo. Bajo el escenario SSP5-8.5 (2041-2060), mediante un modelo de zonificación, se encuentra que las categorías de aptitud alta se reducen drásticamente y se desplaza hacia altitudes superiores, disminuyendo el área cultivable y ejerciendo presión sobre los bosques de altura. La integración de los factores de vulnerabilidad sitúa una proporción significativa de las fincas en categorías “medianamente crítica” y “crítica”, explicada por la convergencia de alta exposición a amenazas climáticas, marcada sensibilidad, erosión de suelos, disminución de productividad e incidencia de plagas y limitada capacidad adaptativa, dependencia de ingresos del café, barreras de crédito y capacitación insuficiente. No obstante, la diversificación de ingresos, la presencia de microbeneficios y la adopción de variedades resistentes mejoran la resiliencia. Se concluye que la caficultura en Los Santos enfrenta una situación muy delicada, que exige estrategias de adaptación diferenciadas y territorialmente focalizadas. El estudio aporta cartografía detallada y evidencia empírica para la planificación territorial y la toma de decisiones.
