



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

CIGEFI

Centro de
Investigaciones Geofísicas

Resúmenes

LXIV MINI-CONGRESO
Centro de Investigaciones Geofísicas

21 de mayo de 2026



On the Interaction of Tropical Easterly Waves and the Caribbean Low-Level Jet Using Observed, ERA5 and WWLLN Data over the Intra-Americas Seas During OTREC 2019

Jorge A. Amador Astúa¹, Dayanna Arce Fernández, Tito Maldonado Mora^{1,2}, Erick R. Rivera Fernández^{1,2}

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

²Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

jorge.amador@ucr.ac.cr

The CLLJ is a regional climate system that influences the spatial and temporal distribution and variability of precipitation over much of the Intra-Americas Seas. On the one hand, it governs a good part of the synoptic and mesoscale behavior of meteorological systems, and on the other hand, it is influenced by large-scale phenomena such as the El Niño–Southern Oscillation and other global modes of variability. This dual role, with the CLLJ acting as an intermediate dynamical system, gives rise to a set of complex multiscale interaction processes, many of which remain poorly understood. Since the concept of the CLLJ was introduced in 1998, some progress has been made in understanding its structure and dynamics; however, many of its modes remain under-researched. This study examines the interaction between propagating easterly waves (EWs) and the Caribbean Low-Level Jet (CLLJ) during late boreal summer 2019 using radiosondes from the OTREC field campaign, ERA5 reanalysis, and independent convective proxies from lightning and precipitation datasets (WWLLN and GPM, respectively). Coherent, phase-locked dynamical and thermodynamical anomalies reveal that organized convection is tightly coupled to the EWs, while the mean CLLJ state preconditions the environment for wave-induced ascent. A robust vertical adjustment of the CLLJ, from 925 hPa over the Caribbean to 700 hPa over the eastern tropical Pacific, is documented and supported by climatology, consistent with jet-exit forcing and land–atmosphere coupling. Evidence of barotropic instability and mean-to-eddy momentum transfer suggests that barotropic processes play an important role in sustaining EW–CLLJ interactions across the Intra-Americas Seas. The final part of the presentation discusses advances in the understanding of the CLLJ dynamics and its relationship with different types of systems, in special with tropical easterly waves.

The Mesoamérica Affinity Group MAAG

Jorge A. Amador¹ (Divulgador)

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

`jorge.amador@ucr.ac.cr`

This presentation aims to highlight the MAAG initiative in Central America and the Caribbean—a gateway for researchers and students to advance tropical geophysical and environmental science by leveraging the group’s cutting-edge facilities and collaborative opportunities. MAAG is a collaboration among the National Science Foundation, the National Center for Atmospheric Research, Texas A&M University, and a growing network of universities and laboratories.

White paper sobre detección y atribución de cambio climático en América Central

Hidalgo, H.G.^{1,2,3}, Quesada-Román, A., Pérez-Briceño, P.M., Girot Pignot, P., Alfaro, E.J., Bautista-Solís, P., Guillén Bolaños, T., Fernández, R.

¹Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

²Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

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

`hugo.hidalgo@ucr.ac.cr`

Este documento propone una agenda centroamericana para fortalecer los análisis de detección y atribución (D&A) del cambio climático, en un contexto de calentamiento global ya observado ($\approx 1,1$ °C) e impactos crecientes sobre economías, sociedades y ecosistemas. Plantea que, pese a la alta vulnerabilidad regional y a su contribución marginal a las emisiones de la región, persisten brechas para distinguir la señal antrópica en los extremos hidrometeorológicos y para estimar pérdidas y daños atribuibles, lo que limita la toma de decisiones y el acceso a mecanismos internacionales. El marco conceptual diferencia dos enfoques. El primero, centrado en la intensidad de la amenaza, cuantifica cuándo el cambio climático modifica la probabilidad o severidad de un evento meteorológico. El segundo, centrado en el riesgo, integra amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidades, e incorpora pérdidas económicas directas e indirectas y pérdidas no económicas.

Para América Central se sintetizan evidencias de calentamiento generalizado y aumento de extremos de temperatura, mientras que las señales de precipitación son más heterogéneas; las proyecciones sugieren mayor aridez hacia finales de siglo, con especial preocupación por el Corredor Seco Centroamericano.

En la D&A climática, se describen métodos contrafactuales basados en modelos y observaciones, se subraya la escasez y discontinuidad de series de estaciones en una región topográficamente compleja. En la D&A del riesgo se resaltan enfoques forenses, indicadores compuestos y métricas probabilísticas (p.e., fracción de riesgo atribuible) para explicar por qué los impactos no dependen solo de la amenaza. Se recomienda producir escenarios de alta resolución, monitorear sistemáticamente pérdidas y daños y fortalecer la coordinación institucional regional

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 Guevara¹, Reinhardt Pinzón¹

¹Centro de investigaciones Hidraulicas e Hidrotecnicas (CIHH), Facultad de Ciencias y Tecnologia, Universidad Tecnológica de Panamá

`brian.guevara@utp.ac.pa`

El presente trabajo aborda la reproducibilidad de eventos de fuertes precipitaciones en Panamá mediante simulaciones climáticas de alta resolución, utilizando técnicas de reducción de escala dinámica. El argumento central sostiene que los modelos climáticos regionales pueden representar con mayor fidelidad los eventos extremos locales, pero requieren validación rigurosa frente a datos observacionales para garantizar su confiabilidad en aplicaciones científicas y de gestión del riesgo.

La justificación radica en la necesidad de mejorar la comprensión y predicción de fenómenos hidrometeorológicos extremos, los cuales impactan significativamente la seguridad hídrica, la infraestructura y la sociedad panameña. Además, el estudio contribuye al desarrollo científico en regiones tropicales complejas, donde la interacción entre océano, atmósfera y topografía dificulta la modelación climática.

Metodológicamente, se emplea un enfoque cuantitativo, comparativo y analítico, basado en la evaluación de simulaciones climáticas de alta resolución (≈ 5 km) frente a datos observados de estaciones meteorológicas. Se aplican técnicas estadísticas como correlación de Pearson, RMSE, MAE y coeficiente de Nash-Sutcliffe, así como análisis espacio-temporal de eventos extremos definidos por percentiles elevados. Asimismo, se integran herramientas computacionales (Python, R, GIS) y bases de datos provenientes de colaboraciones internacionales, como el MRI de Japón y la UTP.

El trabajo se encuentra en proceso de realización, estructurado en fases que incluyen recopilación y validación de datos, análisis comparativo y elaboración de resultados. Como

conclusiones preliminares, se espera determinar el grado de capacidad de los modelos para reproducir la intensidad, duración y distribución espacial de eventos extremos. Entre las principales propuestas de solución se plantea: mejorar la calibración de modelos climáticos, aplicar corrección de sesgos y fortalecer la integración de datos observacionales de alta calidad. Además, se sugiere que estos modelos validados puedan ser utilizados como herramientas para la planificación y gestión del riesgo climático en Panamá.

Este estudio se complementa con iniciativas internacionales orientadas a comprender la variabilidad climática y su impacto en el ciclo hidrológico, como el desarrollo de bases de datos hidrometeorológicas de alta resolución en la cuenca del Canal de Panamá.

Análisis del descenso de las lluvias en puerto Limón, Costa Rica, durante el mes de setiembre

Eric J. Alfaro¹, Hugo Hidalgo^{1,2}

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

²Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

`erick.alfaro@ucr.ac.cr`

Puerto Limón en Costa Rica, está ubicado en la región suroeste de la cuenca del Mar Caribe. Una característica del ciclo anual de la precipitación en dicho sector caribeño, es el descenso de las precipitaciones durante el mes de setiembre. Esta es una característica intraestacional y pudo ser estudiada por medio del uso de datos diarios de lluvia para determinar el inicio, el final, la duración, la fecha del mínimo, la intensidad y la magnitud de dichos eventos en el periodo 1941-2022. Todas las características anteriores mostraron variabilidad interanual, la cual puede estar modulada por fuentes como El Niño – Oscilación del Sur (ENOS), la Oscilación Multidecenal del Atlántico (AMO por sus siglas en inglés) o la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ por sus siglas en inglés).

La variabilidad observada en estos eventos repercute también en otros aspectos de la precipitación del mes de setiembre como son los acumulados mensuales de precipitación, los días con precipitación y la ocurrencia de eventos extremos secos o húmedos. También, ayuda con la interpretación de la variabilidad observada en diversos índices de lluvia como el Índice Estandarizado de Precipitación o SPI por sus siglas en inglés. La identificación de las fechas de inicio y final de los descensos permitió además estudiar las características sinópticas predominantes en la región durante la ocurrencia de los mismos.

Simulating Farmer behaviour to Climate Related Economic Risks in Québec

Paula Marcela Pérez Briceño^{1,2,3}

¹Laboratoire de Géosimulation Environnementale, Université de Montréal

²Département de Géographie, Université de Montréal

³Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica

`paula.perez@ucr.ac.cr`

Agriculture in Québec is undergoing rapid transformation as climate change intensifies biophysical and socio economic pressures across the province. Rising temperatures, shifting precipitation patterns, and emerging pest risks are expected to alter crop suitability and productivity, with impacts varying significantly between southern agricultural regions and northern zones where climatic constraints persist. While warmer conditions may extend the growing season and enable new crop opportunities, they may also trigger cascading ecological and economic effects. Despite existing resources, a critical gap remains in spatially explicit assessments of climate related agricultural risks and in understanding how farmers may adapt to them. This research conceptualizes Québec agriculture as a socio ecological system characterized by dynamic interactions and emergent behaviors. Leveraging recent advances in data availability, the study integrates agent based modeling to simulate heterogeneous farmer responses to climate induced economic risks across six key crops: soybeans, barley, forage corn, oats, wheat, and maple syrup production. The project addresses the central question of how farmers may adapt under evolving climatic conditions and how these responses can inform decision making. The resulting simulations will be operationalized within an open source CyberGIS spatial decision support system to enhance evidence based climate adaptation and resilience planning for Québec's agricultural sector.

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

Rodrigo Castillo¹, Matías Arias Ortega²

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

² Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera, Sistema de Estudios de Posgrado,
Universidad de Costa Rica

`matias.arias@ucr.ac.cr`

Se analiza la teleconexión entre el Modo Anular del Sur (SAM) y los núcleos de las corrientes en chorro de bajo nivel del Caribe (CLLJ) y del Chocó (CJ), en escalas estacional, bimestral

y mensual, para el período 1979–2023. El estudio se motiva en evidencia previa que vincula el SAM con la variabilidad hidroclimática de Mesoamérica.

La metodología separa la componente temporal y espacial del patrón. La componente temporal se evalúa mediante correlación de Pearson y correlación parcial (controlando Oceanic Niño Index(ONI) 3.4), con significancia estadística evaluada mediante prueba t-Student ($p < 0,05$). La componente espacial se analiza mediante composiciones condicionadas al índice SAM, con evaluación de significancia mediante bootstrapping (1000 iteraciones, 90 % de confianza). Se consideran desfases ($lag = 1$) en cada escala temporal.

Resultados preliminares sugieren una modulación diferenciada del SAM sobre los núcleos de ambas corrientes, con variabilidad dependiente de la escala temporal y del control ejercido por ENSO. Se está en proceso de obtener los patrones espacio-temporalmente coherentes que podrían contribuir a explicar mecanismos de transporte de humedad y su relación con la variabilidad climática regional.

Al completarse este estudio se tendrá nueva información sobre la influencia de forzantes extratropicales en la dinámica atmosférica de Mesoamérica, con implicaciones para la comprensión de la variabilidad climática regional.

Calibración y validación del modelo HBV para la evaluación hidrológica del cambio climático en el sur de América Central

Kendall Ugalde^{1,2}, Hugo Hidalgo³, Eric Alfaro³, Tito Maldonado³

¹Doctorado en Ciencias para el Desarrollo

²Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia

³Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

kendall.ugalde@ucr.ac.cr

América Central (AC) es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático por su complejidad climática, diversidad geográfica y dependencia de los recursos naturales. Esta investigación doctoral evaluara el impacto del cambio climático sobre variables hidrológicas al sur de AC mediante el modelo HBV, forzado con simulaciones de modelos climáticos bajo escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. En la fase hidrológica inicial, se calibraron los parámetros del modelo HBV en cuencas de Costa Rica usando datos observados de escorrentía, precipitación y temperatura, además de evapotranspiración potencial estimada mediante Hargreaves. La calibración se realizó con el método GAP de HBV-light, maximizando el KGE para el periodo 1990–2020. Posteriormente, con los parámetros calibrados en Costa Rica se generaron funciones de transferencia basadas en regresiones múltiples usando las características climáticas y fisiográficas de las cuencas. Las funciones de transferencia se

usaron para simular la escorrentía en cuencas de Panamá, que posteriormente se validaron con escorrentía observada mediante el KGE en cuencas con registros. Una vez validadas, las funciones de transferencia se aplicaron al conjunto de cuencas de Panamá para obtener parámetros regionalizados. Con el modelo HBV calibrado en Costa Rica y Panamá se constituye la base para simular caudales históricos y futuros bajo modelos climáticos que contemplan escenarios de emisión.

La avalancha del 9 de diciembre de 1963 en la ciudad de Cartago: Estudios científicos, memoria e informes periodísticos del Diario de Costa Rica

Ronald Eduardo Díaz Bolaños¹, Michael Solano Mora¹

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

`ronald.diaz@ucr.ac.cr`

En el bienio 1963-1965, Costa Rica atravesó una coyuntura marcada por la actividad del Volcán Irazú, el más alto del país y provocó un impacto en la economía y la vida cotidiana de la época. La emergencia provocada debió ser atendida por la administración del presidente Francisco Orlich Bolmarcich (1962-1966).

El punto más álgido ocurrió el 9 de diciembre de 1963 cuando se produjo una avalancha en el río Reventado, situado al oeste de la ciudad de Cartago que causó la pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños en la infraestructura.

Según informes científicos, esta avenida se produjo por la concatenación de factores hidrometeorológicos y geológicos, debido a la acumulación de material volcánico en las nacientes del río Reventado que colapsó a raíz de fuertes precipitaciones en dicha zona. A pesar de la magnitud del desastre, la avalancha de 1963 ocupó un lugar incierto en la memoria pública costarricense. Este trabajo en curso examina cómo el Diario de Costa Rica construyó y transformó el recuerdo del evento entre 1963 y 1973, a partir de los marcos teóricos de Maurice Halbwachs sobre la memoria colectiva y los trabajos de la memoria propuestos por Elizabeth Jelin. El análisis de los informes periodísticos muestra que la prensa no se limitó a registrar los hechos, sino que operó como un arquitecto activo de la memoria pública: priorizó voces institucionales y técnicas por encima de los testimonios de las víctimas, naturalizó las causas del desastre como fenómeno inevitable y cerró narrativamente el acontecimiento en un plazo relativamente breve.

Se concluye que este proceso derivó en un silencio conmemorativo sistemático durante la década siguiente, donde las escasas referencias al desastre aparecen reencuadradas en registros administrativos y discursos de modernización, más que en evocaciones del trauma colectivo. El caso ilustra cómo los desastres socioambientales pueden quedar atrapados en memorias

funcionales que desplazan tanto la experiencia de quienes los vivieron como las preguntas incómodas sobre responsabilidad institucional

Terremoto y ruinas: el caso de la Ciudad de Cartago (mayo, 1910)

Guillermo Alfonso Brenes Tencio¹

¹Investigador independiente

guiller.bt70@gmail.com

El terremoto que sacudió la ciudad de Cartago el miércoles 4 de mayo de 1910 a eso de las 6 y 50 de la tarde y una magnitud calculada en 6.4 en la escala de Richter, constituye uno de los episodios más trágicos de la historia sísmica costarricense. Mientras las réplicas sacudían a Cartago y sus alrededores, científicos y fotógrafos se apresuraron a la tierra siniestrada, registrando notas detalladas y tomando fotografías de los daños.



El severo seísmo, con un saldo de alrededor de 800 muertes y la destrucción casi total de la urbe, no solo marcó a la población en términos sociales y económicos, sino que también generó una profunda huella cultural, mental y visual. Las imágenes fotográficas de las ruinas, conservadas hasta hoy, ofrecen una veta privilegiada para analizar la estética del desastre y la construcción de la memoria colectiva a partir del movimiento telúrico. La presente ponencia, que tiene un carácter exploratorio, se sustenta en preguntas de investigación específicas sobre el medio fotográfico y sus prácticas en el registro y la configuración de relatos visuales relacionados con las catástrofes de tipo geológico.

Descomposición de los sesgos de precipitación de modelos CMIP6 sobre Centroamérica mediante patrones de circulación: contribuciones de los sesgos de frecuencia y de los sesgos en la respuesta condicional de la precipitación.

Fernán Sáenz Soto¹, Hugo G. Hidalgo León¹, Eric J. Alfaró Martínez¹

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

fernan.saenzsoto@ucr.ac

Una técnica para analizar la variabilidad espacio-temporal de la circulación atmosférica en una región específica consiste en determinar un grupo limitado de patrones espaciales de

circulación cuyas frecuencias y alternancias y producen la variabilidad espacio-temporal. Esta técnica es conocida como Weather-Typing. Una ventaja de esta técnica es que permite caracterizar la relación entre la ocurrencia de estos patrones de circulación y otras variables climáticas a partir de distribuciones condicionales. Esto ha permitido el uso de esta técnica para evaluar la representación de dichas relaciones en las simulaciones con modelos climáticos.

En el Proyecto “Proyecciones de circulación atmosférica en América Central y su impacto en las proyecciones de precipitación”, hemos usado un conjunto de 8 weather types y sus distribuciones condicionales de precipitación para evaluar 15 modelos del proyecto CMIP6. En esta presentación describimos una metodología para diagnosticar la naturaleza de los sesgos de la precipitación generada por estos modelos climáticos usando weather types (WT).

La metodología que presentamos consiste en usar la Ley de Esperanzas Iteradas para descomponer los sesgos de la precipitación de nuestros modelos. La descomposición que planteamos cuantifica la proporción entre los sesgos causados por los errores en la representación de las frecuencias de los weather types con respecto de los sesgos producto de la física interna. Esta descomposición puede dar resultados en términos tanto absolutos como estacionales.

El análisis preliminar sugiere que, en este caso, la mayoría de los sesgos son atribuibles, en primera instancia, a la física interna de los modelos.

Variabilidad interanual del recurso solar en Costa Rica asociada al ciclo de manchas solares

Joshua Castro¹, Rodrigo Castillo¹

¹Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica

joshua.castro@ucr.ac.cr

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 espaciotemporales 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.

Unveiling historical data and socioeconomic drivers of disaster risk at national and municipal levels in Guatemala

Adolfo Quesada-Román, Oscar David Calvo-Solano¹, Daniel Cruz-García, Edwin J. Castellanos, Débora Ley, Osmin-Jared Vásquez

¹Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera, Sistema de Estudios de Posgrado,
Universidad de Costa Rica

`oscar.calvosolano@ucr.ac.cr`

Guatemala faces acute disaster vulnerability due to the combined effects of geological hazards, climatic variability, and socio-economic inequality. This study applies a mixed-method design, combining descriptive interpretation of disaster trends with quantitative statistical modeling to analyze disaster patterns and socio-economic drivers at national and municipal levels.

National-scale disaster events ($n = 171$, 1902–2024) were obtained from EM-DAT, while municipal records ($n = 11256$, 1988–2015) came from DesInventar. The analysis employed multiple linear regression, Poisson regression, and Random Forest models to identify predictors of disaster occurrence. Results indicate that total population ($\beta = 0.00084$, $p < 0.001$), road distance ($\beta = -0.037$, $p < 0.001$ in linear; $\beta = 0.0016$, $p < 0.001$ in Poisson), and Human Development Index ($\beta = 118.2$, $p < 0.001$) were consistently significant.

Municipalities with higher population density and infrastructure, mostly urban areas, report more disasters, reflecting both greater exposure and improved reporting. Earthquakes and floods are the most lethal hazards, while hydrometeorological events show strong links to El Niño-Southern Oscillation variability, aggravating food insecurity and economic losses,

particularly in rural and indigenous communities dependent on rainfed subsistence agriculture. The findings highlight the need for differentiated data-driven disaster risk reduction strategies that address both urban exposure and rural vulnerability. Key recommendations include strengthening early warning systems, improving infrastructure resilience, incorporating traditional knowledge into risk assessments, and integrating socio-economic indicators into national DRR planning to enhance Guatemala preparedness and resilience.
