

# Libro de Resúmenes

AtmosCol 2023



Símbolo  
**RED DE INVESTIGADORES  
DE CIENCIAS ATMOSFÉRICAS  
EN COLOMBIA**



PRIMER SIMPOSIO DE LA RED DE INVESTIGADORES DE CIENCIAS ATMOSFÉRICAS EN COLOMBIA,  
ATMOSCOL 2023. UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO, ARMENIA, COLOMBIA.

Comité Científico: Isabel Cristina Hoyos Rincón, Alfonso Ladino Rincón, José Daniel Pabón,  
Francina Dominguez, Nicole Rivera Parra, Iván Arias, Paola Andrea Arias Gómez, John Alejandro  
Martínez Agudelo.

Editores: Isabel Cristina Hoyos Rincón.

ISSN: xxxxxxxxxx

*Publicado xxxxxxxxx*



# Simposio RED DE INVESTIGADORES DE CIENCIAS ATMOSFÉRICAS EN COLOMBIA

## Contenido

<b>1</b>	<b>Síntesis</b>	<b>6</b>
1.1	Comité Científico	6
1.2	Asistentes y ponencias	7
1.3	Escuela de datos climáticos	8
1.4	Radiosondeo atmosférico	8
1.5	Paneles de discusión	9
1.5.1	¿Por qué debemos conocer la atmósfera y el clima?	10
1.5.2	Retos, avances y mecanismos de cooperación	11
1.5.3	Integración del conocimiento científico y la gestión del riesgo	13
<b>2</b>	<b>Programación de ponencias orales</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Resúmenes Ponencias Destacadas</b>	<b>18</b>
3.1	Cómo involucrar a más científicxs colombianxs en los reportes del IPCC	18
3.2	Advancing in water and climate sciences in South America	18
3.3	La iniciativa GEMM de OPTICA Y AGU: Perspectivas en Colombia	19
3.4	Ciencia abierta para el desarrollo colaborativo	19
3.5	Relevancia de estudiar el clima en Colombia	20
3.6	Mecanismos de control de la precipitación en el Chocó	20
3.7	Avances en la Reducción de Incertidumbres en la Respuesta Climática	21

<b>4</b>	<b>Resúmenes Ponencias Orales .....</b>	<b>23</b>
4.1	Caracterización de tormentas convectivas en el norte de Suramérica	23
4.2	Precipitación convectiva y rayos nube tierra en el Valle de Aburrá	24
4.3	Radares para la detección de granizo y alertas tempranas	24
4.4	Escenarios de CC en el siglo XXI para la Cuenca del Río Bogotá	25
4.5	Evento de sequía en la cuenca del río Orinoco, 2018-2020	25
4.6	Simulación del espectro de la radiación solar incidente	26
4.7	Modelamiento calidad del aire en San Juan de Pasto	27
4.8	Caracterización agroclimática cafetera del Quindío	28
4.9	Índices de inestabilidad atmosférica para Bogotá con radiosondeo	29
4.10	Emisiones de incendios, calidad del aire y precipitación	30
4.11	Mecanismos de la lluvia convectiva en regiones de Colombia	30
4.12	Avances en la convección atmosférica en Colombia	31
4.13	Interacción entre los Chorros de Chocó y Panamá	32
4.14	Interacción Aerosol-Nubes en el Trópico	33
4.15	Circulación de mesoescala usando convección permitida en WRF	33
4.16	El clima de Sur América en un escenario de deforestación idealizada	34
4.17	Clima y Café en la adaptación al cambio climático	34
4.18	Biósfera Mariposa Monarca: modelamiento y conocimiento local	35
4.19	Características del Servicio Meteorológico Marino Nacional	35
4.20	Conocimiento científico del clima y comunidades en la Alta Montaña	36
4.21	Efecto de bloqueos en radares en la estimación de la precipitación	36
4.22	Efectos del ENSO en la conexiones de una red climática	37
4.23	Almacenamiento de agua subterránea usando información satelital	38
4.24	Importancia y Herramientas del pronóstico en EPM	38
4.25	Seguridad hídrica atmosférica en la cuenca del Río Magdalena	39
4.26	Extremos de precipitación en un valle interandino tropical	39
4.27	Variabilidad intraestacional de la precipitación en Colombia	40
4.28	Rastros de eventos de El Niño ocurridos en el siglo XVII	41
4.29	ENSO y TEWs en la hidroclimatología colombiana	41
4.30	Influencia de los ciclones tropicales en la precipitación en Colombia	42
4.31	Interacción de los Chorros de bajo nivel en el Norte de Suramérica	42
4.32	Extremos en América Latina y el Caribe en modelos de alta resolución	43



<b>5</b>	<b>Resúmenes Pósters .....</b>	<b>45</b>
5.1	Composición isotópica de la precipitación en la cuenca del río Bogotá	45
5.2	Estructura de clima e incendios en Suramérica tropical	46
5.3	Circulación atmosférica en el Valle Geográfico del Río Cauca	47
5.4	Cambio Climático y eventos extremos en un Valle interandino tropical	48
5.5	Teleconnections of ENSO-NAO and ENSO-Precipitation in Colombia	49
5.6	Precipitación extrema en Suramérica Tropical, modelos CMIP6	49
5.7	Variabilidad climática asociada a ENSO y SAM en el oeste Antártico	50
5.8	Modelos CMAQ y WRF-Chem en la predicción de AOD	51
5.9	Modalidad de la precipitación en Colombia vía transformada de Fourier	51
5.10	Variabilidad de la SST en el Pacífico tropical más allá del ENSO	52
5.11	Sistemas convectivos de mesoescala en Suramérica tropical	52
5.12	Intercomparación de sensores meteorológicos	53
5.13	Análisis de las granizadas en Colombia.	54
5.14	Condiciones climáticas y socioeconómicas para la malaria	54
5.15	dispositivos de bajo costo para la medición de la interacción AS-AS	55
5.16	Conectividad climática de los páramos colombianos	55
5.17	Calentamiento Dependiente de la Altura en los Andes colombianos	56
5.18	Modelos de predicción de irradiancia solar a corto plazo	57
5.19	Ondas Tropicales del Este en el ChocoJet durante la Campaña OTREC	58
5.20	Precipitación y convección en las cuencas del Amazonas y el Orinoco	58



Simposio  
RED DE INVESTIGADORES  
DE CIENCIAS ATMOSFÉRICAS  
EN COLOMBIA

## 1. Síntesis



Imagen cortesía de Ana Beatriz Acevedo Jaramillo

ABAJ.

El Primer Simposio de la Red de Investigadores de Ciencias Atmosféricas en Colombia (AtmosCol 2023) se realizó en la Universidad del Quindío del 26 al 27 de octubre de 2023, en el marco del proyecto de Extensión solidario SL-098-2023. En resumen, el evento tuvo un total de 94 asistentes, 39 ponencias orales, 20 ponencias en modalidad póster, 1 taller sobre el Manejo de Datos Climáticos y Ciencia Abierta, 3 paneles de discusión y una demostración técnica de un radiosondeo.

La programación de todas las actividades se discutió en el Comité Científico, en reuniones semanales que tuvieron lugar desde el 16 de mayo hasta el 10 de octubre de 2023. El trabajo del Comité Científico se fundamentó en principios de equidad epistémica, equidad de género y diversidad en la representación de todos los actores que intervienen en el clima como problema de interés general: universidad, empresa, instituciones, acción climática comunitaria, entre otros.

### 1.1 Comité Científico

El Comité Científico tuvo la tarea de definir y coordinar las actividades que se programaron en el evento, evaluar los resúmenes y asignar el tipo de ponencia para cada contribución. Estuvo integrado por:

- Isabel Cristina Hoyos Rincón (Universidad del Quindío, organizadora local)
- Alfonso Ladino Rincón (University of Illinois)
- José Daniel Pabón (Universidad Nacional de Colombia)
- Francina Dominguez (University of Illinois)

- Nicole Rivera Parra (Universidad de Antioquia)
- Iván Arias (Colorado State University)
- Paola Andrea Arias Gómez (Universidad del Antioquia)
- John Alejandro Martínez Agudelo (Universidad de Antioquia)

## 1.2 Asistentes y ponencias

El evento tuvo un total de 94 asistentes (42.6% mujeres y 57.4% hombres). Tuvimos un total de 39 ponencias orales y 20 ponencias en modalidad póster. Con representación desde la academia, la empresa privada, las instituciones estatales y la acción climática comunitaria. Los temas que se presentaron durante el evento cubrieron una amplia gama de tópicos alrededor de clima, que van desde lo instrumental, la modelación, la física y microfísica, hasta la acción climática, entre otros. A continuación se presenta el listado de las instituciones participantes, de acuerdo con las filiaciones reportadas por los asistentes y ponentes:

- Asociación Comunitaria Fortaleza de la Montaña.
- Centro Nacional de Investigaciones del Café CENICAFE.
- Colorado State University.
- Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal - UNISARC.
- Dirección General Marítima DIMAR.
- Empresas Públicas de Medellín EPM.
- Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.
- KAUST University.
- Keraunos S.A.S.
- METEOCOLOMBIA S.A.S.
- Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá SIATA.
- Universidad de Antioquia.
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Universidad de Estocolmo.
- Universidad de Nariño.
- Universidad de Nariño.
- Universidad del Quindío.
- Universidad EAFIT.
- Universidad EAN.
- Universidad Nacional Autónoma de México UNAM.
- Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Universidad Surcolombiana.
- Universidad Tecnológica de Pereira.
- Universidad Tecnológica del Chocó.
- University of Illinois.

En el Capítulo 2, se presenta la programación de las ponencias orales. Los resúmenes correspondientes se presentan en los Capítulos 3 y 4. Los resúmenes de las ponencias tipo póster se presentan en el Capítulo 5.



### 1.3 Escuela de datos climáticos

La escuela sobre manejo de datos climáticos se propone como una actividad de iniciación en la programación científica con Python y R, dirigida a estudiantes o investigadores que están comenzando a trabajar en el área. Tiene como objetivo promover el paradigma emergente de investigación conocido como *Ciencia Abierta* en el campo de las ciencias atmosféricas. Este enfoque busca fomentar el acceso y el uso de los datos hidrometeorológicos de diversas fuentes, así como la reproducibilidad de los códigos para impulsar el desarrollo colaborativo y la participación en actividades científicas en todos los niveles de la sociedad.

Esta actividad tuvo un total de 47 participantes inscritos previamente. El taller fue coordinado por Alfonso Ladino Rincón de la Universidad de Illinois, en colaboración con Nicole Rivera Parra de la Universidad de Antioquia, Nestor Ricardo Bernal Suárez de la Universidad Nacional de Colombia y María Fernanda Moreno Ramón de la Universidad Nacional de Colombia. El taller está abierto a la comunidad en general, alojado en la plataforma Pythia como parte de los recursos educativos e investigativos en geociencias basados en Python, de código abierto y de propiedad comunitaria.

El taller está compuesto por tres módulos básicos: i) Introducción a la adquisición de datos climáticos. ii) Procesamiento básico de datos climáticos. iii) Homogeneización de series de tiempo climáticas. Para acceder al taller: [github-AtmosCol2023](#).

En la Figura 1.1 se presenta un registro fotográfico de esta actividad.

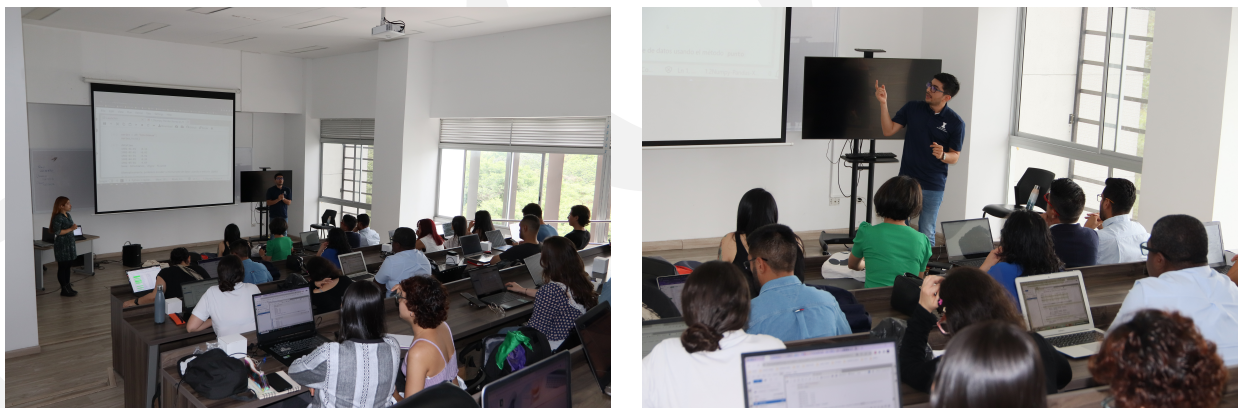


Figura 1.1: Registro fotográfico durante la realización del taller sobre Manejo de Datos Climáticos.

### 1.4 Radiosondeo atmosférico

La Empresa Datum Ingeniería realizó una demostración técnica de un radiosondeo atmosférico, el día 26 de octubre de 2023. En particular este día en la ciudad de Armenia estuvo marcado por un estado atmosférico bastante húmedo con lluvias torrenciales que desataron una tormenta extrema en la tarde. Los datos del radiosondeo se pueden ver en la Figura 1.2.

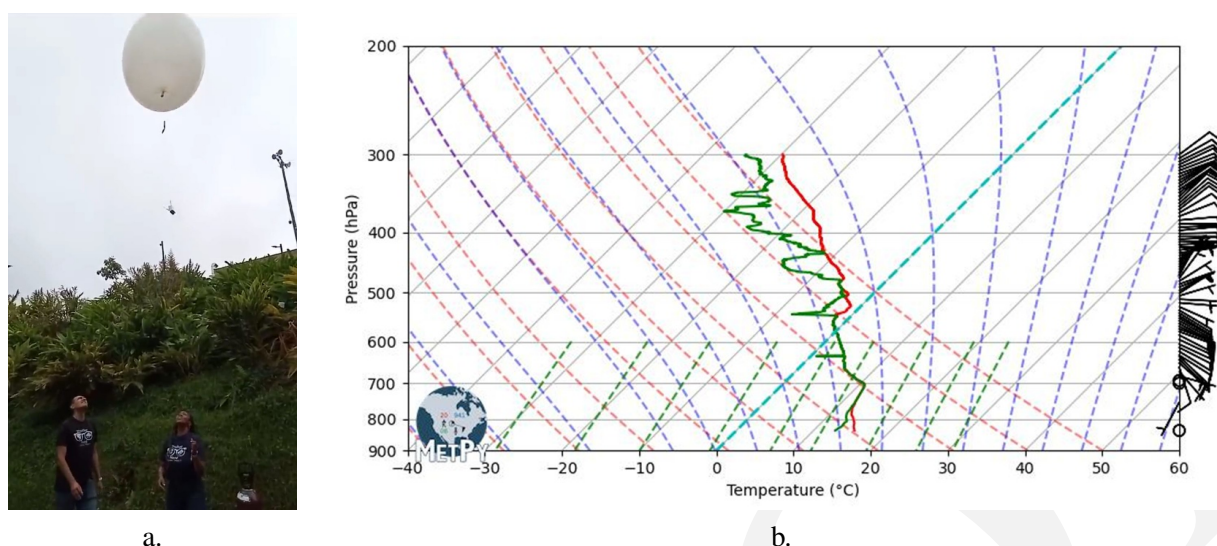


Figura 1.2: Radiosondeo atmosférico por Datum Ing. a. Lanzamiento. b. Datos del radiosondeo, figura elaborada por Alfonso Ladino.

## 1.5 Paneles de discusión

Con el objetivo de cerrar cada día con un espacio para el diálogo sobre problemáticas de interés general alrededor del problema del clima, realizamos tres paneles de discusión, dos de ellos con transmisión por youtube. Cada panel estaba compuesto por un moderador y 3 o 4 panelistas, como se presenta en la Tabla 1.1.

Panel	Moderador	Panelistas
¿Por qué debemos conocer la atmósfera y el clima? Octubre 25, 16:15 a 17:15	Francina Dominguez, Universidad de Illinois	Adriana Piña Fulano (UNAL), Daniel Hernández (UNAL), Daniel Aranguren (Keraunos)
Retos, avances y mecanismos de cooperación para la investigación en clima, meteorología e hidroclimatología en Colombia. Octubre 27, 7:30 a 8:15	Ángela Guzman, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	Ghisliane Echeverry (IDEAM), Juan Fernando Salazar (UdeA), Julián Sepulveda (SIATA)
Retos en la integración del conocimiento científico del clima en Colombia con la gestión del riesgo climático. Octubre 27, 16:15 a 17:15	José Daniel Pabón, Universidad Nacional de Colombia	Florentino Márquez Ospina (HILL), Luisa Fernanda Pedraza (Asociación Comunitaria Fortaleza de la Montaña), Reiner Palomino Lemus (Universidad Tecnológica del Chocó), Jorge Giovanni Jimenez Sanchez (IDEAM)

Tabla 1.1: Paneles de discusión. Temas y participantes.

El jueves 26 de octubre tuvimos una emergencia climática por fuertes lluvias y nos quedamos atrapados en el coliseo de la Universidad del Quindío, donde se estaba realizando la presentación de las ponencias tipo póster. El panel programado para el jueves tuvo que posponerse para el viernes 27 de octubre a las 7:30 am, desafortunadamente sin transmisión por youtube. Sin embargo, varios de los asistentes aceptaron el encargo de tomar nota para la posterior elaboración de esta síntesis.

### 1.5.1 ¿Por qué debemos conocer la atmósfera y el clima?

En este panel abordamos las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es importante avanzar en la comprensión de los procesos climáticos e hidrológicos en un país como Colombia?
- En el escenario de cambio climático cuál o cuáles componentes del sistema tendrán una mayor afectación?
- ¿Cuál o cuáles aspectos del sistema climático necesitan estudiarse con más profundidad y por qué?
- ¿Cómo avanzar en un fortalecimiento de la comunidad científica y en los procesos de formación en Colombia?
- ¿Qué beneficios representa para la sociedad una mejor comprensión de los procesos climáticos, su variabilidad y los cambios esperados con el cambio climático?
- El clima es un problema transversal que implica el diálogo entre la ciencia, la tecnología, la medición y la gestión del riesgo, entre muchos otros. ¿Cómo se está dando este diálogo y qué necesitamos para avanzar?

El principal mensaje de esta discusión es que avanzar en la comprensión de los procesos hidrometeorológicos y climáticos es un tema de competitividad del país. La capacidad de producir mejores sistemas de monitoreo y pronóstico es vital para el país en el escenario de cambio climático, donde la infraestructura de la red eléctrica, la red de comunicaciones, la red fluvial, la red de hidrocarburos, etc. es altamente vulnerable. Estamos teniendo un aumento en la frecuencia de los eventos extremos, lo que evidencia los impactos del cambio climático. De acuerdo con la información de los modelos, esperamos que esta tendencia se agudice. Por lo que esperamos un aumento en la afectación general en todos los sectores económicos y productivos del país. Otro aspecto importante es que estamos teniendo cambios en todos los componentes del ciclo hidrológico en diversas escalas espacio-temporales, algunos que incluso no tenemos bien identificados, ni conocemos cómo son los mecanismos dinámicos que producen estos cambios. Entre los aspectos clave podemos mencionar la dinámica de la precipitación, la dinámica de los eventos extremos, la conexión con el ciclo hidrológico y la dinámica de recarga de acuíferos. Este tipo de investigación es de vital importancia para avanzar en la producción de conocimiento que sirva como base para una gestión del riesgo climático fundamentado en la prevención.

Para avanzar en estos aspectos, es necesario fortalecer de los procesos formativos en el área, no solo desde los programas de posgrado, sino también con la formación básica profesionalizante desde el pregrado, que permita la formación investigativa y además la formación en meteorología operacional para el pronóstico práctico.

También es necesario el fortalecimiento de las relaciones interinstitucionales con el objetivo de

avanzar conjuntamente en las necesidades reales del país y que la producción de conocimiento desde la academia pueda incorporarse de manera significativa en las decisiones. De este modo podemos lograr que la agenda investigativa desde la academia responda a las necesidades institucionales y de los tomadores de decisiones. Es necesario sumar esfuerzos para que la información recopilada desde las diferentes instituciones sea útil, accesible y asequible. Es crucial la formación del capital humano con las habilidades y competencias adecuadas para las necesidades de formación de las diferentes instituciones involucradas en la cuestión climática.

Para fortalecer el diálogo entre la ciencia, la tecnología, la gestión del riesgo y la sociedad, entre otros, debemos propiciar escenarios de convergencia. Es necesario modular el discurso científico para que sea accesible a todas las esferas de la sociedad, desde el campesino que se enfrenta los efectos del clima y el cambio climático en el territorio y el ciudadano que en su día a día toma decisiones que tienen incidencia en el clima, hasta los tomadores de decisiones que se encargan de definir la ruta nacional de acciones frente al cambio climático.

### **1.5.2 Retos, avances y mecanismos de cooperación para la investigación en clima, meteorología e hidroclimatología en Colombia**

En este panel abordamos las siguientes preguntas:

- Desde la experiencia de cada uno de ustedes, ¿cuáles son los principales retos para avanzar en mecanismos de cooperación alrededor del problema del clima en Colombia?
- Desde su lugar de actuación, ¿cómo se está avanzando en el trabajo colaborativo para abordar el problema del clima?
- ¿Cómo podemos avanzar en los mecanismos de cooperación entre la Academia y los Centros de Investigación?
- ¿Cuáles son los compromisos que debemos asumir y cómo podemos sumar esfuerzos para fortalecer la investigación en clima, hidrología y meteorología en Colombia para el manejo del riesgo climático?

La síntesis de este panel se elaboró con base en las notas de los profesores Alejandra Carmona (Universidad EAFIT), Daniel Hernández Deckers (Universidad Nacional de Colombia) y Ángela Guzman (Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales).

En este panel conversamos sobre retos y posibles estrategias que nos permitan una mayor capacidad de acción como comunidad científica para plantear soluciones mas eficientes y adecuadas que conduzcan a contribuir a la adaptación al cambio climático. Se identificaron multiples retos que van desde la comunicación científica hasta el marco normativo de los diferentes actores.

La comprensión del riesgo climático no es una cuestión exclusiva de la comunidad científica. Para que los argumentos científicos puedan ser incorporados en la toma de decisiones, deben ser comprensibles por la sociedad en general, lo que requiere un ejercicio de comunicación diferente al que hemos estado realizando. Necesitamos que el conocimiento científico sea asequible y comprensible para buscar el acercamiento urgente entre ciencia y sociedad y para que los ciudadanos podamos tomar decisiones de manera informada y responsable haciendo uso del conocimiento científico. Es muy importante trabajar en la construcción de un imaginario comunitario del quehacer científico para que



la ciencia colombiana sea aprovechada como herramienta para abordar los problemas del país.

En el manejo del riesgo climático tenemos diferentes escalas de tiempo en competencia. Por un lado están los tiempos necesarios para producir el conocimiento sobre el sistema climático (largos periodos de registro, procesos formativos y científicos), pero por otro lado estás los tiempos en los que se dan las emergencias climáticas (se necesita información confiable e inmediata para tomar decisiones). Para acortar esta brecha es necesario trabajar en diferentes frentes como la formación, la cooperación institucional, la comunicación científica y la infraestructura tecnológica, entre otros.

Uno de los aspectos clave es la producción de información científica. Algunas veces la información que se genera es suficiente pero no es clara, otras, puede ser insuficiente y no permite tomar decisiones contingentes. También puede ocurrir que estemos generando demasiada información y no se esté priorizando de manera adecuada. Determinar la información necesaria, suficiente y útil es un proceso que solo se puede refinar en función de las necesidades del país. En la producción de información hay un aspecto crítico que es la automatización y el reporte de datos en tiempo real, lo que requiere inversión en infraestructura tecnológica sostenible en el tiempo, ya que para ofrecer una red activa de monitoreo y sentido es necesario el mantenimiento permanente.

Uno de los retos transversales más importante que se identificó tiene que ver con el marco administrativo, jurídico y normativo de las instituciones. En la Universidad es urgente y necesaria una administración que entienda mejor las dinámicas de la investigación y que esté realmente al servicio de la academia. Por otro lado, instituciones como el IDEAM enfrentan la misma problemática a escala nacional. No basta con avanzar en formación o reestructurar organizacionalmente las instituciones si seguimos con un marco administrativo y normativo que ahoga con burocracia a los investigadores. En el marco jurídico y normativo actual del país es muy difícil un ejercicio científico e institucional enfocado en la prevención y el cuidado, ya que la administración pública funciona sobre los desastres y no sobre los riesgos.

La discusión que tuvo lugar en este panel fue muy interesante y constructiva, ya que se evidenciaron los múltiples retos que enfrentamos para abordar el clima y todas sus dimensiones. Como estrategia de participación del público, se les invitó a responder un par de preguntas mediante una encuesta digital. A continuación las preguntas y las respuestas de los asistentes.

- ¿Cuáles son los principales retos de cooperación en los temas de clima en Colombia?  
Respuestas: Financiación, comunicación trámites jurídicos, burocracia.
- ¿Cuál puede ser una estrategia de colaboración?  
Respuestas: Inversión, construir redes, reconocimiento, publicaciones, salir de la academia, apoyo gubernamental, proyectos conjuntos, cofinanciar

Finalmente, para avanzar en estos retos, se proponen unas acciones básicas concretas:

1. Evitar celos y protagonismos en la comunidad científica, priorizando la cooperación sobre la competitividad académica.
2. Aunque existen nominalmente asientos para la Academia en el Sistema Nacional de Riesgo, hay que construir un mecanismo que le permita a la comunidad académica tener un rol definido,

involucrarse realmente y acompañar el proceso.

3. Buscar la apropiación de la ciudadanía de los resultados y recomendaciones territoriales mediante educación, involucrando a las universidades territoriales, para que la ciudadanía pueda realizar seguimiento de los procesos recomendados en cada territorio.
4. Propiciar la creación de una red de meteorología integrada con el IDEAM, para colaborar en aspectos científicos y direccionar la agenda de investigación nacional de acuerdo con las necesidades del país.

### 1.5.3 Retos en la integración del conocimiento científico del clima en Colombia con la gestión del riesgo climático

En este panel abordamos las siguientes preguntas:

- Desde su perspectiva particular, ¿a qué se refiere el riesgo climático?
- ¿Cómo se beneficia la población colombiana y en particular las poblaciones más vulnerables con la integración del conocimiento científico y la gestión del riesgo?
- Hablamos de adaptación al cambio climático como algo que está en el horizonte, sin embargo, desde hace mucho que las comunidades se vienen adaptando de una manera contingente al cambio climático. ¿Cómo respetar e incorporar este conocimiento construido desde la experiencia en los constructos científicos?
- Desde su punto de vista, ¿cuál cree que es la situación más crítica en Colombia para hacer la integración del conocimiento científico y el conocimiento comunitario para fortalecer la gestión del riesgo?
- ¿Tiene sentido pensar en una alianza regional para la gestión del riesgo climático?
- ¿Cómo podemos avanzar en los mecanismos de cooperación entre la Academia y los Centros de Investigación?
- ¿Cuáles son los compromisos que debemos asumir y cómo podemos sumar esfuerzos para fortalecer la investigación en clima, hidrología y meteorología en Colombia para el manejo del riesgo climático?

Cuando hablamos de riesgo climático estamos pensando en los posibles impactos diferenciados que se pueden producir en las comunidades y en los territorios, para los cuales tenemos mecanismos de adaptación también diferenciados. La capacidad de adaptación está condicionada por las políticas de desarrollo social y económico.

Desde el territorio, el riesgo se entiende en términos de la incertidumbre, la incompreensión y el desequilibrio de poder que se resume en la pregunta ¿quién puede decidir y qué decisiones se deben tomar? Hay diferentes niveles de riesgo pues una emergencia climática puede ser anecdótica para algunos, hay otros que pierden algo, mientras hay quienes lo pierden todo. Por lo que el riesgo no significa lo mismo para todos. A pesar de que tenemos regiones del país donde ya hemos identificado que son altamente vulnerables al riesgo climático, todavía no sabemos qué hacer o cómo orientar a la población en una situación de emergencia climática. No hay un balance entre los recursos que se invierten en atención y los que se invierten en prevención para disminuir la exposición al riesgo.

El manejo del riesgo implica un trabajo integral que vincule a la ciencia, el estado y las comunidades. Este trabajo debería estar en un marco de un debate ético, ontológico y horizontal, que permita

dinamizar y relajar las estructuras verticales del saber, el poder y el decidir.

Para avanzar en esta integración se debe concertar parte de la agenda de investigación científica para que responda a las necesidades del país en los casos en que sea posible. Es necesario revisar el marco normativo ambiental nacional (en las CAR no hay silla para la academia). También es necesario dignificar el trabajo del cuidado ambiental. También es necesario restaurar la confianza entre las comunidades y las instituciones académicas y ambientales para la formación de capacidades y la integración del conocimiento que se produce en el habitar el territorio, lo cual posibilitaría la creación de un discurso científico localizado que pueda romper las barreras de comunicación que tenemos actualmente.

Avanzar en los procesos de reconstrucción de la confianza nos permitiría avanzar en formas híbridas para acceder a recursos. Es necesaria la cualificación en términos académicos y administrativos de las instituciones de formación territoriales para la alianza efectiva entre comunidades e instituciones, pues no contamos con las capacidades institucionales para tener un impacto en toda la población colombiana respecto a los problemas climáticos. Tenemos que escalar los procesos para optimizar la acción climática.

Para avanzar en la integración del conocimiento científico con la gestión del riesgo climático es necesario asumir conversaciones difíciles, disponerse a despojarse del deseo de autoridad científica, integrar el manejo ambiental en función del bienestar de las comunidades y abrirse a la escucha de las múltiples realidades del clima. En otras palabras, horizontalizar las interacciones para la construcción de algo nuevo que permita comprender más la realidad climática de los territorios.

## 2. Programación de ponencias orales

Miércoles 25 de octubre	
15:00 - 15:30	Conferencia Magistral de Inauguración: Relevancia de estudiar el clima en Colombia. José Daniel Pabón (Universidad Nacional de Colombia).
15:15 - 15:45	Servicio Meteorológico Marino Nacional, contexto, actualidad y futuro en Colombia. Juan Leonardo Moreno Rincon (DIMAR).
15:45 - 16:00	Importancia y Herramientas del pronóstico en EPM. Luis Fernando Salazar Velásquez (EPM).
16:00 - 16:15	Convección atmosférica en Colombia: avances recientes desde la Maestría en Meteorología Universidad Nacional de Colombia. Daniel Hernandez (Universidad Nacional de Colombia - Bogotá).
Jueves, 26 de octubre de 2023	
8:30 a 9:00	Mecanismos de control de la distribución 4D de las precipitaciones y el calor latente en la región más lluviosa de la Tierra. Germán Poveda (Universidad Nacional de Colombia).
9:00 - 9:15	Interacción de los Chorros de bajo nivel en el Norte de Suramérica. Johanna Yepes (Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia).
9:15 - 9:30	Variabilidad intraestacional de la precipitación sobre el norte de Sudamérica. Juan Esteban Taborda Soto (Universidad Nacional de Colombia).
9:30 - 9:45	Escenarios de cambio climático para el siglo XXI en la cuenca del río Bogotá. Guillermo Eduardo Armenta Porras (Universidad Nacional de Colombia).
9:45 - 10:00	Modelamiento calidad del aire en San Juan de Pasto. Darío Fernando Fajardo Fajardo (Universidad de Nariño).
10:30 - 10:45	Caracterización entre la precipitación convectiva y los rayos nube tierra CG en el Valle de Aburrá. Daniel Aranguren Fino (Keraunos SAS).
10:45- 11:00	Uso de información satelital para obtener un acercamiento al almacenamiento de agua subterránea en las cinco principales cuencas del país. Pedro José Romero León (Universidad Nacional de Colombia).
11:00 - 11:15	Radares de polarización doble para la detección de granizo y alertas tempranas. Ivan Arias (Colorado State University).

11:15 - 11:30	Medición de las teleconexiones causales de El Niño-Oscilación del Sur en Colombia mediante la transferencia de información en una red climática compleja. Nicole Rivera (Universidad de Antioquia).
11:30 - 11:45	Influencia de las Transiciones de Fases de ENSO y la Variabilidad Sinóptica de las Ondas Tropicales del Este en la Hidroclimatología del Norte de Sur América. Juliana Valencia (Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia).
11:45 - 12:00	Caracterización de tormentas convectivas en el norte de Suramérica utilizando información del infrarrojo cercano del sensor ABI-GOES16. Julián Sepúlveda (SIATA).
12:00 - 12:30	La iniciativa GEMM de OPTICA Y AGU: Perspectivas en Colombia. Ángela María Guzmán (Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales).
16:00 - 16:30	Cómo involucrar más a científicxs colombianxs en los reportes del IPCC. Paola Arias (UdeA, IPCC).

---

Viernes, 27 de octubre de 2023

---

8:00 - 8:30	Simulaciones Climatológicas a Alta Resolución en Sur América. Francina Dominguez (Universidad de Illinois).
8:30 - 8:45	Circulaciones de Mesoescala en Simulaciones WRF de Convección Permitida: Dos Eventos Asociados con Sistemas Convectivos. Alejandro Martínez (Universidad de Antioquia).
8:45 - 9:00	Cuantificación de los ciclos anual y diurno de la interacción entre los chorros del Caribe-Panamá y del Choco durante 2000-2020 según el modelo WRF de alta resolución. Wesly Zamira Huertas Salinas (Universidad Nacional de Colombia).
9:00 - 9:15	Mecanismos detrás de la lluvia convectiva en diferentes regiones de Colombia: resultados de una simulación a escala de convección permitida. Kevin Santiago Hernández (Universidad de Antioquia)
9:15 - 9:30	Modelación de los impactos de emisiones de incendios en la calidad del aire y la precipitación: Casos de estudio Norte de Suramérica y Occidente de Estados Unidos. Juan Jose Henao Castañeda (Universidad de Antioquia).
9:30 - 9:45	Respuesta del clima de Suramérica Tropical a un escenario de deforestación idealizada: Sub-escalamiento dinámico de la simulación del CanESM5 utilizando el modelo WRF. Óscar Mesa (Universidad Nacional de Colombia), David Muñoz Marín (Universidad Nacional de Colombia).
9:45 - 10:00	Simulación del espectro de la radiación solar incidente. Thorsten Beisiegel (METEOCOLOMBIA S.A.S.).
10:30 - 11:00	Avances en la Reducción de Incertidumbres en la Respuesta Climática: Precipitación Extrema en el Trópico y Retroalimentaciones Climáticas. Alejandro Uribe (Universidad de Estocolmo).

---

11:00 - 11:15	Evaluación presente y futura de extremos climáticos en América Latina y el Caribe a partir de modelos climáticos de alta resolución. Cristian Felipe Zuluaga (CUSRC).
11:15 - 11:30	Evaluación de la influencia de los ciclones tropicales en la variabilidad de la precipitación en Colombia. Kendry Vargas (Universidad del Quindío).
11:30 - 11:45	Caracterización de eventos de precipitación extrema en un valle cerrado tropical inter andino: Una perspectiva desde el punto de vista de estaciones in-situ y monitoreo remoto con un radar meteorológico banda-C. Julián Sepúlveda Berrío (SIATA).
11:45 - 12:00	Evaluación y ajuste de índices de inestabilidad atmosférica para Bogotá a partir de mediciones de radiosondeo. David Garzón Casa (Universidad Nacional de Colombia).
12:00 - 12:15	Incidencia de los bloqueos en la estimación cuantitativa de la precipitación usando radares meteorológicos en los Andes Colombianos. Jorge Iván Ramírez Tamayo (Universidad Nacional de Colombia).
12:15 - 12:30	Diagnóstico del Evento de Sequía Ocurrido en la Cuenca del Río Orinoco en el Periodo 2018-2020. Valeria Bedoya Pineda (Universidad de Antioquia).
14:00 - 14:30	Ciencia abierta: reproducibilidad, acceso e inclusión de datos, códigos y metodologías utilizadas durante la investigación científica para promover desarrollo colaborativo y ciencia en todos los niveles de la sociedad. Alfonso Ladino (Universidad de Illinois).
14:30 - 14:45	Interacción Aerosol-Nubes: Mediciones y tropicalización de los modelos climáticos. Luis Antonio Ladino Moreno (Universidad Nacional Autónoma de México UNAM).
14:45 - 15:00	La atmósfera tras la sostenibilidad y la seguridad hídrica de la Cuenca del Río Magdalena en Colombia. Juan F. Salazar (Universidad de Antioquia).
15:00 - 15:15	Rastros de eventos de El Niño ocurridos en el siglo XVII. Germán Andrés Torres Soler (Universidad Nacional de Colombia).
15:15 - 15:30	Caracterización agroclimática cafetera, estudio de caso para el departamento de Quindío. Juan Carlos García López (CENICAFÉ).
15:30 - 15:45	Aprendizajes y retos para la investigación e integración del conocimiento científico del clima con comunidades en la Alta Montaña. Luisa Fernanda Pedraza (Asociación Comunitaria Fortaleza de la Montaña).
15:45 - 16:00	Modelado climático y conocimiento local en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca - México. Jineth Tatiana Mora Linares (Universidad Nacional Autónoma de México UNAM).
16:00 - 16:15	Clima y café - trabajo Colaborativo para adaptarnos al cambio climático. Sara Bedoya, Mariana Vargas (Universidad Tecnológica de Pereira).

---

## 3. Resúmenes Ponencias Destacadas

### 3.1 Cómo involucrar a más científicxs colombianxs en los reportes del IPCC

Paola Andrea Arias.  
paola.arias@udea.edu.co, Universidad de Antioquia

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) es la instancia encargada de escribir reportes frecuentes sobre el estado del cambio climático a nivel global y regional. Estos reportes son elaborados por científicxs de todo el mundo, buscando una visión diversa sobre esta temática. Una mayor diversidad regional y de género en los equipos de autorxs contribuye a un análisis más incluyente y robusto, no solo de los cambios físicos del clima, sino también de sus impactos, y posibles formas de adaptación y mitigación ante este fenómeno. En esta charla quiero compartir mi experiencia como autora líder del sexto reporte de evaluación del IPCC, las barreras que identifiqué, pero también las posibilidades de mejorar la representación de nuestra región para el próximo ciclo de reportes.

### 3.2 Advancing in water and climate sciences in South America using high resolution multi-decadal simulations

Francina Dominguez.  
francina@illinois.edu, University of Illinois at Urbana Champaign.

South America's hydroclimate sustains vast natural ecosystems including the Andes, Amazon, and La Plata basins. Climate and land use change are endangering ecosystem health, exacerbating hydrometeorological extremes, and threatening water and food security for more than 400 million people in the continent. The South America Affinity Group (SAAG) was initiated in 2019 by the NCAR Water System program to support research efforts such as the ANDEX Regional Hydroclimate Program. SAAG quickly grew to more than 100 participants from more than ten countries. I will discuss the research needs, scientific goals and methods that drive this community of scientists with diverse backgrounds and interests.

Understanding key water cycle components such as organized convection, high-impact weather, snowpack and glacier mass balance, complex terrain, land-atmosphere interactions, floods and droughts is critically needed to build resilience in South America. However, the continent has sparse observations and models have major uncertainties/biases when simulating the continent's



hydroclimate. Convection-permitting modeling (CPM) more realistically simulates processes at local scales. At the core of SAAG is an unprecedented 4-km historical and future simulation over the South American continent. Two 22-year Weather Research and Forecasting (WRF) CPM simulations are created – one for current and one for future climate – in combination with a major observational data collection effort. The overarching goals of this community effort are two-fold: 1) reach a better understanding and representation of key hydroclimate processes in the region, and 2) provide local communities and stakeholders with relevant information for improved decision-making in a changing climate.

### 3.3 La iniciativa GEMM de OPTICA Y AGU: Perspectivas en Colombia

Angela M. Guzmán H.

amguzmanh@gmail.com, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

La iniciativa GEMM de medición y monitoreo del medio ambiente global (Global Environment Measurement and Monitoring) es una iniciativa internacional de OPTICA y AGU (American Geophysical Union) que busca involucrar a universidades, centros de investigación, agencias de estándares de medición, empresas y otras sociedades científicas de todo el mundo para formar centros regionales GEMM. Su objetivo es crear una red internacional que reúna a científicos, tecnólogos, y políticos tomadores de decisiones, para colaborar en la búsqueda de soluciones regionales a desafíos ambientales y climáticos críticos desde una perspectiva local pero engranada en un marco global. Se reportan aquí los avances en diálogos con organizaciones nacionales e internacionales para crear un centro GEMM en Colombia, que sería el primero en Latinoamérica. Con esta presentación, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales busca además generar sinergias con entidades gubernamentales encargadas del monitoreo ambiental como el IDEAM, el INM e INVEMAR, entre otros.

### 3.4 Ciencia abierta: reproducibilidad, acceso e inclusión de datos, códigos y metodologías utilizadas durante la investigación científica para promover desarrollo colaborativo y ciencia en todos los niveles de la sociedad

Alfonso Ladino Rincon.

alfonso8@illinois.edu, Universidad de Illinois at Urbana-Champaign.

Los avances tecnológicos en diversas áreas del conocimiento vienen ligados a la forma como se lleva a cabo la investigación y la diseminación del conocimiento. Tradicionalmente, la investigación y divulgación científica se ha materializado mediante la publicación de artículos en revistas indexadas, en muchas veces de difícil acceso. Razón por la cual, en las ciencias atmosféricas, así como en muchas otras áreas del conocimiento, hay innumerables barreras para acceder y validar los avances en investigación. Por otra parte, aparece el concepto de ciencia abierta. Este nuevo paradigma promueve la transparencia, colaboración y el libre intercambio de conocimiento sin importar la afiliación científica o las fuentes de financiación. Es por esto, que la adopción de esta metodología juega un rol vital en la sociedad. En Colombia, es importante fomentar la transición hacia el desarrollo de ciencia abierta en el campo de las ciencias atmosféricas, para acceder a datos, metodologías y publicaciones de manera libre. Esto permitiría visibilizar los avances hechos en investigaciones previas con el fin

de construir conocimiento de manera colectiva.

En esta investigación se aplica este paradigma usando herramientas de código libre, datos asequibles y accesibles - en formato ARCO (por sus siglas en inglés, Analysis-Ready Cloud-Optimized)- y disponiendo la metodología en repositorios públicos. Se analizó el evento de precipitación del 17 de Julio de 2023 que dio origen de la avenida torrencial en las cuencas de las quebradas el Naranjal y Estaquecá, en el municipio de Puente Quetame, Cundinamarca; usando el radar meteorológico del Tablazo. Se realizaron estimados de lluvia usando la ecuación de Marshall-Gunn (1952) 36 horas precedentes al evento con el fin de determinar los montos acumulados de precipitación, que arrojaron cifras de más de 50 milímetros principalmente en las últimas 4 horas precedentes al desastre natural. Adicionalmente, se encontró que el tiempo de ejecución para estimar los campos de lluvia, usando los datos radar en su formato original, fue alrededor de 120 minutos; mientras que usando los datos en formato ARCO se disminuyó a un poco más de medio minuto. La metodología para estimar acumulados de lluvia, los resultados y los datos fueron compartidos en repositorios públicos en la nube donde pueden ser usados por cualquier persona para su análisis, reproducción, validación y generación de nuevo conocimiento. Con este estudio, se demuestra satisfactoriamente la implementación de la ciencia abierta con un posible impacto positivo para la sociedad colombiana en términos de prevención y alertas tempranas dada la inmediatez y eficacia en el cómputo de valores acumulados de precipitación, así como su aplicabilidad a otros escenarios productivos del país impactados por la lluvia.

### **3.5 Relevancia de estudiar el clima en Colombia**

José Daniel Pabón.

jdpabonc@unal.edu.co, Universidad Nacional de Colombia.

La motivación para el estudio de la dinámica atmosférica y climática en Colombia radica en que, como en todas las regiones del planeta, los procesos biogeofísicos y socioeconómicos están en diversa forma y grado influenciados por estos factores ambientales. Para el desarrollo de diferentes actividades operacionales diarias, para la planificación territorial y sectorial de mediano y largo plazo, en el diseño de diversas políticas ambientales, sectoriales y territoriales, en la gestión de riesgo de desastre y de problemas ambientales, se requiere de información oportuna de diagnóstico y pronóstico de corto, mediano y largo plazo sobre el comportamiento del tiempo y del clima. La calidad y oportunidad de esta información depende del grado de comprensión de la dinámica atmosférica y climática sobre el territorio colombiano, como también del entendimiento sobre la incidencia del tiempo y del clima en el funcionamiento de los diferentes sectores socioeconómicos del país. Es necesario generar conocimiento sobre la atmósfera y el clima para mejorar las herramientas con las que se genera la información que soporta el funcionamiento del sistema socioeconómico nacional.

### **3.6 Mecanismos de control de la distribución 4D de las precipitaciones y el calor latente en la región más lluviosa de la Tierra**

Germán Poveda Jaramillo.

gpoveda@unal.edu.co, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de

Colombia, Medellín.

Se utilizan datos del satélite Global Precipitation Measurement (GPM) y del reanálisis ERA5 para estudiar la distribución 4D (latitud, longitud, altitud, tiempo) de la intensidad de las precipitaciones y de los campos de calor latente sobre la región más lluviosa de la Tierra, situada sobre el oeste de Colombia y el extremo oriental del Pacífico ecuatorial. Se identifican la variabilidad anual e interanual y la localización de los máximos de ambas variables, y se cuantifican sus correlaciones espaciotemporales. Los análisis estáticos de los vientos muestran que el Chorro del Chocó, más frío, y el chorro más cálido que el Chorro del Caribe-Panamá forman un sistema frontal tropical, mientras que los análisis dinámicos de las líneas de corriente en 3D revelan que el Chorro del Chocó se encuentra en el núcleo de una mini-celda de Hadley casi permanente sobre el Pacífico, con ramal descendente sobre el ecuador y ascendente sobre  $4^{\circ}\text{N}$ - $5^{\circ}\text{N}$ , y restringida entre 1000 hPa-700 hPa, cuya dinámica vortical potencia la convergencia de los vientos del norte y el Chorro del Caribe-Panamá, y exacerba la convección profunda en combinación con el levantamiento orográfico sobre los Andes colombianos. Las ramificaciones a gran escala del flujo iluminan la forma y la dinámica de la celda de Walker sobre Sudamérica tropical. Análisis de correlación ilustran las conexiones entre las precipitaciones y los vientos 3D como mecanismos de transporte de humedad. Análisis de descomposición de valores singulares sugieren que la evaporación oceánica (continental) está asociada a las precipitaciones durante la estación más seca (húmeda), así como la importancia de las temperaturas en niveles altos y de las integrales verticales de diversas variables térmicas y energéticas sobre las precipitaciones, evidenciando que el calentamiento por condensación está fuertemente acoplado al flujo de transporte de humedad y al ascenso convectivo necesarios para explicar las extraordinarias cantidades de precipitación en la región.

### **3.7 Avances en la Reducción de Incertidumbres en la Respuesta Climática: Precipitación Extrema en el Trópico y Retroalimentaciones Climáticas**

Alejandro Uribe Cortes.

alejouribe84@hotmail.com, Universidad de Estocolmo.

Los modelos climáticos han sido fundamentales para avanzar en el conocimiento sobre el clima y su relación con las actividades humanas, particularmente en lo que respecta al cambio climático. Sin embargo, estos modelos conllevan ciertas limitaciones relacionadas con la necesidad de parametrizar procesos de subgrilla, como los relacionados con las nubes y la convección. Estas limitaciones han contribuido a la existencia de un rango de incertidumbre en los efectos del aumento de dióxido de carbono en la atmósfera. En este estudio, se presentan dos enfoques destinados a reducir parte de esta incertidumbre, centrándose especialmente en dos aspectos: la sensibilidad de la precipitación extrema en el trópico al aumento de la temperatura superficial y los ciclos de retroalimentación radiativa que controlan la respuesta del planeta al forzamiento radiativo.

La capacidad de la atmósfera para retener vapor de agua aumenta con la temperatura, y esta relación se conoce como la tasa de Clausius-Clapeyron (CC), que se sitúa en torno al 7% al 8% por cada grado Kelvin de aumento de temperatura. Este fenómeno sugiere que podríamos esperar un aumento en la precipitación extrema (EP) a medida que la temperatura global aumenta. Las observaciones respaldan esta idea al mostrar un incremento de las EP en las regiones tropicales en las últimas décadas, y este aumento ha sido más pronunciado que en las zonas extratropicales. Sin embargo,

los modelos climáticos globales (GCM) no coinciden en la magnitud de este aumento en el trópico. Además, los modelos de resolución de nubes (CRM) han identificado correlaciones entre los cambios en las EP tropicales y la organización de la convección profunda. Para abordar esta divergencia, se llevaron a cabo experimentos con modelos climáticos de acuplanetas a escala global, abordando tanto la convección explícita como la parametrizada. Estos experimentos ayudaron a cerrar la brecha entre los GCM y los CRM, arrojando resultados que indican que las tasas de aumento de las EP en el trópico superan la tasa de CC. Además, se encontró que estas tasas de aumento no están relacionadas con cambios en la organización convectiva, lo que proporciona una nueva perspectiva sobre este fenómeno.

En cuanto a los ciclos de retroalimentación radiativa, la variabilidad entre los modelos en la respuesta de la temperatura global al aumento del dióxido de carbono atmosférico se debe en gran medida a las incertidumbres en las retroalimentaciones climáticas modeladas. Para abordar estas incertidumbres, se compararon las retroalimentaciones observadas en respuesta a la variabilidad interna utilizando cambios en el balance de energía en el tope de la atmósfera con la temperatura. Estas observaciones se compararon con las retroalimentaciones simuladas en experimentos históricos de la sexta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6) para identificar sesgos en los trópicos, subtrópicos y en el océano Austral. Se encontraron relaciones significativas entre las retroalimentaciones de variabilidad interna de radiación de onda larga y corta y las retroalimentaciones en las que el dióxido de carbono atmosférico se cuadruplica abruptamente. Esto sugiere que ciertos modelos son más consistentes con las observaciones en términos de retroalimentación.

## 4. Resúmenes Ponencias Orales

### 4.1 Caracterización de tormentas convectivas en el norte de Suramérica utilizando información del infrarrojo cercano del sensor ABI-GOES16

Yordan Uriel Arango Jiménez<sup>1\*</sup>, Luisa Fernanda Gutiérrez Acosta<sup>1</sup>, Julián Sepúlveda Berrío<sup>1</sup>, Manuel David Zuluaga<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA).

\*yuarangoj@unal.edu.co

El norte de Suramérica es una región que experimenta una de las frecuencias más altas de ocurrencia de tormentas convectivas en la región tropical, desencadenando varios riesgos de origen natural como inundaciones, deslizamientos de tierra, avenidas torrenciales, granizadas, impactos de rayos, entre otros. La combinación de algunos factores afecta la génesis y ocurrencia de este tipo de sistemas convectivos: la ubicación tropical, los efectos orográficos de la cordillera de los Andes y la dinámica atmosférica regional y las condiciones termodinámicas locales. Se desarrolló e implementó un algoritmo de seguimiento mejorado para identificar y rastrear nubes convectivas en una región alrededor del norte de la cordillera de los Andes en Colombia, identificando sistemas desde sus primeras etapas de desarrollo. El algoritmo utiliza datos de temperatura de brillo de la banda 13 de ABI desde el año 2018 a 2022. La morfología y las características espacio-temporales de los sistemas de nubes se caracterizaron utilizando parámetros como área, duración, temperatura mínima de brillo y tasa de disminución de la temperatura de brillo. Además, se realizó la evaluación del estado atmosférico precedente y posterior a las tormentas utilizando datos del reanálisis ERA5, donde la caracterización se basó en valores extremos en la función de distribución de probabilidad de los parámetros mencionados anteriormente.

Los resultados muestran que aproximadamente el 90% de los eventos identificados tenían áreas máximas de 15,000 km<sup>2</sup>. La importancia de estas tormentas radica en el hecho de que, a pesar de su corta vida, son responsables de muchos de los eventos intensos que ocurren en la región del Valle de Aburrá. Estos tienen duraciones medianas y medias de 40 y 59 minutos, respectivamente, y se caracterizan por temperaturas de brillo promedio de -75°C y tasa promedio de enfriamiento del tope nuboso de -0.65°C/min, valores más altos que los de sistemas con extensiones mayores. Además, se encontró que la mayor densidad de nubes convectivas en la etapa inicial de su ciclo de vida se encuentra entre las 21:00 UTC y la 01:00 UTC, modulada por el ciclo diurno de insolación, las condiciones atmosféricas regionales y los efectos topográficos locales. La etapa madura ocurre alrededor de las 05:00 UTC, de acuerdo con los valores mínimos de temperatura de brillo. La menor

densidad de eventos convectivos en sus etapas iniciales se puede observar en la base de los valles interandinos debido a que los mecanismos de inicio de la convección aprovechan las pendientes de la orografía y su interacción con la circulación regional y local. En la escala mensual, la densidad de tormentas sigue un claro ciclo anual con los valores más bajos durante DEF y los más altos durante JJA.

Este trabajo es congruente con otras investigaciones. A su vez aporta evidencia adicional que sustenta dichas investigaciones toda vez que los resultados se basan en datos provenientes de sensores ambientales más modernos con mayor resolución espacio-temporal, como lo es el sensor ABI a bordo del satélite GOES16.

## **4.2 Caracterización de la relación entre la precipitación convectiva y los rayos nube tierra CG en el Valle de Aburrá**

\*Daniel Aranguren Fino.

\*Keraunos SAS, [daranguren@keraunos.co](mailto:daranguren@keraunos.co)

Colombia se encuentra ubicado en una región geográfica influenciada por diversas condiciones meteorológicas y está condicionada a la Zona de Confluencia Intertropical - ZCIT, lo que la hace una de las regiones con mayor actividad de rayos en el mundo, lo cual se refleja en un considerable número de muertos y heridos, y se asocia con la existencia de riesgo para la población en general. La caracterización de eventos severos ha permitido examinar la relación entre la precipitación convectiva y los rayos nube tierra CG en el Valle de Aburrá durante los años 2012 al 2022. Para este estudio se utilizaron datos tomados de las 142 estaciones del Sistema de Alertas Temprana del Valle de Aburrá – SIATA y los datos de la Red Colombiana de detección de Rayos Keraunos. Para validar la relación entre estas variables, se considera un área de cobertura para cada una de las estaciones meteorológicas un radio de 5 km, considerando la actividad de rayos presentada a lo largo de cada evento evaluado, tomando como intervalos de ocurrencias de rayos 1 hora antes y 1 hora después de cada evento severo. Como primer paso se realizó la estimación de la precipitación explicada por rayos para 6600 eventos ocurridos en el 2022, donde el 57% de los eventos son explicados por rayos y la actividad eléctrica en 3218 eventos comenzó 20 min en promedio antes de comenzar la precipitación y en 4071 eventos comenzó 28 minutos en promedio después. Así mismo, se evaluó la ocurrencia de eventos explicados por rayos y no explicados por rayos en cantidad de horas de ocurrencia, donde se determinó que la precipitación convectiva es más probable entre las 14:00 y 19:00 horas, lo que corresponde bien con la precipitación total y el período de menor actividad convectiva (y menos horas de precipitación) es entre las 2000 y las 1300 horas.

## **4.3 Radars de polarización doble para la detección de granizo y alertas tempranas**

Ivan Arias Hernandez\*.

\*Colorado State University, [idariash@rams.colostate.edu](mailto:idariash@rams.colostate.edu)

Los radares son una herramienta clave que permiten la observación en tiempo real de eventos meteorológicos. Los radares de polarización doble incluso proporcionan mayor información sobre la naturaleza de las partículas en las nubes y la cantidad de lluvia. En esta charla hablaremos de la forma de operación de los radares y la interpretación física de las variables polarimétricas.

También hablaremos de cómo utilizar las mediciones del radar para identificar granizo y tormentas severas. Ejemplos de mediciones de granizo con radares en la región de las Sierras de Córdoba en Argentina serán presentadas. Esta región en Argentina es conocida por tener una de las mayores concentraciones de tormentas severas en el continente. Estas mediciones serán comparadas con las mediciones de granizo observadas en Colombia por los radares meteorológicos.

#### **4.4 Escenarios de cambio climático para el siglo XXI en la Cuenca del Río Bogotá**

Guillermo Eduardo Armenta Porras<sup>1\*</sup>, José Daniel Pabón Caicedo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*gearmentap@unal.edu.co

Se presentan las proyecciones climáticas de precipitación y temperatura media para la cuenca del río Bogotá para los periodos futuros 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100 bajo dos de los escenarios del último informe de evaluación del cambio climático del IPCC (AR6): SSP2-4.5 y SSP3-7.0. La información histórica corresponde a la del periodo 1991-2020, generada con modelación numérica en resolución espacial de 5x5 kilómetros, utilizando el modelo WRF (Weather Research and Forecasting), y tomando como condiciones iniciales y de frontera los datos del reanálisis atmosférico del Centro Europeo (ERA5). Estos datos históricos fueron ajustados y validados con información de precipitación y temperatura media de estaciones climatológicas ubicadas en la cuenca. Para las proyecciones futuras, se realizó la evaluación de 25 modelos climáticos globales del CMIP6 del proyecto NEX-GDDP (NASA Earth eXchange - Global Daily Downscaled Projections) para las variables anteriormente mencionadas, seleccionando los 5 modelos que mejor representación tuvieron del clima histórico de referencia (BCC-CSM2-MR, FGOALS-g3, GISS-E2-1-G, MPI-ESM1-2-LR y TaiESM1). Con los datos de cada uno de estos modelos y los datos históricos de referencia se realizó la reducción de escala o downscaling estadístico, para así tener la información futura para los dos escenarios SSP, y con ella se proyectaron las condiciones futuras en cuanto a temperatura y precipitación para la cuenca. Finalmente, se generó el ensamble multimodelo de las proyecciones de los cinco modelos, usando como criterio de ponderación el desempeño de cada uno de ellos en cuanto a representación del clima regional. Entre los resultados obtenidos, bajo ambos escenarios se presentarían incrementos de la precipitación en la mayor parte de la cuenca para los 4 periodos futuros analizados, siendo éstos del orden del 5-20%, mientras que para la temperatura media se presentarían: incrementos de 0,5 a 1°C en el periodo 2021-2040, de 1,5 a 2°C para 2041-2060, de 2,5 a 3,5°C en el periodo 2061-2080 y de 3,5 a 4,5°C para 2081-2100. Los mayores incrementos se darían, para la precipitación, en la parte baja de la cuenca del río Bogotá, y en la temperatura media, en la parte central y oriental de la misma.

#### **4.5 Diagnóstico del evento de sequía ocurrido en la cuenca del río Orinoco en el periodo 2018-2020**

Valeria Bedoya Pineda<sup>1\*</sup>, Paola Andrea Arias Gomez<sup>1</sup>, J. Alejandro Martínez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia.

\*valeria.bedoya@udea.edu.co



La región del Orinoco es vulnerable a sequías meteorológicas que pueden propagarse hasta causar impactos sociales y económicos. Sin embargo, la investigación orientada a sequías en esta región es escasa. Las sequías meteorológicas suceden debido a una disminución de la precipitación por variaciones en la dinámica atmosférica. Además, las interacciones y retroalimentaciones entre la superficie del suelo y la atmósfera son importantes en el aumento del déficit de humedad y, por lo tanto, son clave en la propagación de la sequía. En este estudio nos centramos en los periodos secos de noviembre de 2018 a agosto de 2019 (8 meses de duración; evento 2018-2019), y de febrero a agosto de 2020 (7 meses de duración; evento 2020). Para estos eventos, se estimó la intensidad y duración de las sequías en una frecuencia mensual mediante varios índices, incluyendo anomalías estandarizadas de precipitación (P), índice de precipitación estandarizada (SPI, por sus iniciales en inglés) e índice de precipitación y evapotranspiración estandarizado (SPEI, por sus iniciales en inglés). Además, se analizaron las anomalías estandarizadas de las variables evapotranspiración (ET), humedad del suelo (SM), radiación neta (Rn) y el Índice de Diferencias Normalizadas de Vegetación (NDVI, por sus iniciales en inglés), a partir de diferentes bases de datos (GPM, CHIRPS, ERA5, ERA5-Land, AVHRR). Durante los eventos de sequía, se analizaron las anomalías de variables atmosféricas (vientos a 850 hPa y 500 hPa, vapor de agua en la columna atmosférica (TCWV), humedad relativa (HR) a 500 hPa y altura geopotencial a 500hPa), a partir del reanálisis ERA5. Los eventos de sequía 2018-2019 y 2020 se caracterizaron por varios mecanismos que operaron paralela y/o secuencialmente, produciendo déficits de P. Entre estos factores se encuentra el fortalecimiento de un sistema de alta presión (una circulación anticiclónica) en niveles bajos y medios de la troposfera sobre el océano Atlántico norte y el Caribe, así como la ocurrencia de un evento El Niño. Además, las variaciones en los vientos alisios y la corriente de chorro de bajo nivel del Orinoco (OLLJ, por sus iniciales en inglés) también son importantes para explicar la sequía meteorológica en el Orinoco. Durante los eventos se observa que las variables asociadas a los balances de agua y energía responden al déficit de P, el cual ocurre en respuesta a la circulación atmosférica sobre la región del Orinoco y regiones tropicales y subtropicales del Atlántico norte. Durante el periodo 2018-2021, la Rn y el NDVI mostraron anomalías positivas muy por encima del promedio, mientras que la P, la SM y la ET presentaron anomalías por debajo del promedio. Para este periodo, la SM mostró los mayores déficits, principalmente en el norte del Orinoco. En los eventos presentados, la ET disminuye como respuesta al déficit de SM, en lugar de aumentar debido a la cantidad extra de Rn durante el periodo 2018-2021. De esta manera, este estudio aporta en la caracterización de eventos de sequía en una región altamente vulnerable a este tipo de fenómenos.

#### 4.6 Simulación del espectro de la radiación solar incidente

Thorsten Beisiegel<sup>1\*</sup>, Sara Nathalia Reina Torres<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Meteocolombia S.A.S. <sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*tbeisiegel@unal.edu.co

Por las diferencias de altitud en el territorio nacional y del contenido de humedad atmosférica el espectro solar de la radiación entrante varía espacial y temporalmente en el territorio colombiano. El espesor óptico depende principalmente de la dispersión por aerosoles y la absorción por ozono y en mayor medida por vapor de agua que atenúan la radiación entrante en las distintas bandas entre la luz ultravioleta e infrarroja cercana. Mientras la mayoría de las estaciones convencionales miden el brillo solar, las estaciones automáticas usan piranómetros para medir la potencia total principalmente de la radiación entre 280 nm y 2800 nm. La sensibilidad espectral depende del equipo utilizado. Para

algunas aplicaciones es útil conocer la distribución espectral de la radiación entrante desde la luz ultravioleta cercana hasta las bandas de infrarrojo. Así, las celdas solares más utilizadas actualmente tienen su mayor eficiencia en el rango visible e infrarrojo cercano entre 400 nm y 1200 nm.

La política actual de promover nuevos proyectos de energía renovable hace necesario contar con la información sobre el potencial solar en todo el territorio nacional. Actualmente se cuenta con un atlas solar global y otro nacional. Ambas metodologías se basan en las mediciones de radiación en superficie, mediciones satelitales de la nubosidad y de la concentración de ozono y aerosoles además de modelos atmosféricos de transferencia radiativa. Así, se obtiene información sobre la radiación normal directa y difusa. Todas las estimaciones disponibles presentan la potencia o energía total integrada sobre un amplio rango del espectro solar. Algunos modelos de transferencia radiativa calculan los efectos de atenuación de los distintos componentes de la atmósfera para diferentes bandas para estimar la potencia total de la radiación entrante en superficie.

Para el presente trabajo se utilizó el modelo de transferencia radiativa (*Rapid Radiative Transfer Model*, RRTM) implementado en el modelo atmosférico regional WRF. El RRTM calcula la atenuación de la radiación en 14 bandas con longitudes desde 200 nm hasta 12  $\mu\text{m}$ . En su versión original, el modelo presta como resultado la potencia total de la radiación solar entrante en superficie. Para tener mayor provecho del modelo se modificó el código fuente para poder contar con la potencia en cada una de las 14 bandas dentro de los datos de salida del modelo WRF. Finalmente se realizaron simulaciones para tres sitios del territorio colombiano para evidenciar las diferencias en el espectro de la radiación solar entrante. Igualmente se compararon las simulaciones para condiciones secas y húmedas en cada uno de los 3 sitios. También se validó la potencia de la radiación solar total simulada con mediciones del IDEAM. Al superponer los espectros simulados con la curva de respuesta de una celda solar de silicio se obtuvieron notables diferencias en la eficiencia de la celda entre los 3 sitios escogidos. Con código modificado implementado en la versión actual del modelo WRF se puede estimar el espectro de la radiación solar entrante de periodos históricos igual como parte del pronóstico diario.

#### 4.7 Modelamiento calidad del aire en San Juan de Pasto

Darío Fernando Fajardo Fajardo<sup>1\*</sup>, Erick Sebastián Chávez Caipe<sup>1</sup>, Cristhian Jair Narvaez Ortega<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Nariño.

\*dario@udenar.edu.co

Dentro de los factores de riesgo en la estabilidad del planeta y la sociedad se encuentran los relacionados con la baja calidad ambiental, contaminación del aire y la afectación en la salud y calidad de vida de las personas. Por tanto, es pertinente buscar estrategias que permitan dar seguimiento a esta problemática con el fin de tomar acciones oportunas y apropiadas. Como estrategia para la vigilancia de esta problemática, se han propuesto sistemas de monitoreo de emisiones, los cuales ofrecen información sobre los niveles de contaminación del aire en las zonas de interés, y sirven como soporte para analizar el estado del ambiente y con ello poder evaluar los efectos sobre la salud de las personas y su calidad de vida.

Se diseña e implementa un modelo capaz de realizar estimaciones de gases contaminantes, calidad del aire y variables meteorológicas en la ciudad de San Juan Pasto. Partiendo del uso de mediciones

locales y remotas entregadas por diversas fuentes, las cuales se asocian y procesan para determinar información relevante que ayude a generar modelos de estimación precisos y su visualización mediante mapas de contaminación. Se hace uso de información meteorológica, de gases, material particulado, consumo energético local y mediciones in situ a lo largo de la ciudad con la participación de peatones y ciclistas que ayudan al estudio de la caracterización ambiental. Finalmente se usan algoritmos para visualización de datos y generación de mapas de contaminación y variables ambientales para la comprensión de las dinámicas de contaminación.

#### 4.8 Caracterización agroclimática cafetera, estudio de caso para el departamento de Quindío

Juan Carlos García López<sup>1\*</sup>, Carolina Ramírez Carabalí<sup>1</sup>, Ninibeth Gibelli Sarmiento Herrera<sup>1</sup>, Juan Camilo Mora González<sup>1</sup>, Juan Camilo Espinosa Osorio<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Centro Nacional de Investigaciones del Café CENICAFE.

\*juancarlos.garcia@cafedecolombia.com

Las clasificaciones climáticas en la historia han sido materia de estudios muy rigurosos, soportados en la observación e instrumentación. Uno de los pioneros fue Alexander von Humboldt, quien con sus viajes a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, entre 1799 y 1804, consolidó la teoría de que en el trópico el ciclo de la naturaleza estaba asociado a los pisos térmicos y la latitud de los “emplazamientos” (Wulf y Melcher, 2019). Existen bases fundamentales para definir las diferentes características de las zonas, desde lo físico, biológico, ambiental y económico, sin embargo, algunos estudios pioneros consideraron las variables climáticas lluvia y temperatura (Köppen, 1937; Thornthwaite, 1949) que, al analizarse por largos períodos, derivan patrones temporales y espaciales, que ayudarán a entender las respuestas fenológicas de cultivos de interés económico. Las investigaciones más sobresalientes en el trópico han utilizado las guías generales de zonificación agroecológica (FAO, 1978, 1997), las cuáles contribuyen a su vez para la estimación de la productividad potencial.

Entre los años 2021 y 2022, En el marco de un proyecto de CT&I con recursos del Sistema General de Regalías, se realizó la investigación *Identificación de zonas con características agroclimáticas similares en el departamento del Quindío* incluida en el proyecto *Desarrollo experimental para la competitividad del sector cafetero del departamento del Quindío*, para entender cómo se discriminan biofísicamente las zonas cafeteras del departamento. Con información de las principales variables climáticas, orográficas, de suelo y del sistema productivo, se generó un análisis con técnicas estadísticas y geoestadísticas y conocer cómo se relacionan los principales aspectos de los ecosistemas cafeteros del departamento. Además, en la dinámica de la climatología, se tuvieron en cuenta los escenarios (Neutro, La Niña, El Niño) de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) para identificar los cambios en precipitación, temperaturas y brillo solar. En la ponencia se darán a conocer algunos de los elementos clave para el uso de la información climática y fisiológica para calcular indicadores de importancia en el cultivo de café, y cómo su combinación permite dilucidar las diferencias regionales, reconocer las potencialidades o limitaciones y de esta forma, diseñar los sistemas de producción, con un propósito adicional de regular el uso de las tierras.

## 4.9 Evaluación y ajuste de índices de inestabilidad atmosférica para Bogotá a partir de mediciones de radiosondeo

David Garzón Casa<sup>1\*</sup>, Daniel Hernandez Deckers<sup>1</sup>, Cristian Dario Arango Chacon<sup>1</sup>, Jose Leonardo Ruales Hernandez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*dgarzonc@unal.edu.co

Los índices de inestabilidad atmosférica son herramientas importantes en el pronóstico del tiempo, ya que permiten evaluar las probabilidades de convección mediante el análisis del perfil vertical de la atmósfera. Sin embargo, los índices tradicionales, como el CAPE, Total Totals, Lifted Index, entre otros, han sido diseñados y evaluados principalmente para condiciones atmosféricas de latitudes medias y altitudes relativamente bajas. Estas condiciones difieren significativamente de las que se encuentran en la ciudad de Bogotá, donde los índices muestran un rendimiento limitado en la predicción de eventos meteorológicos severos, como se evidencia al analizar su correlación con la lluvia localmente medida; incluso, algunos de estos índices no pueden calcularse.

El objetivo principal de esta investigación consiste en comprender los mecanismos que desencadenan los eventos convectivos en Bogotá, así como su climatología. Además, se busca evaluar y ajustar los índices tradicionales de inestabilidad atmosférica para adaptarlos a las condiciones geográficas y atmosféricas particulares de esta ciudad. Este análisis se basa en mediciones in situ de precipitación diaria y datos del perfil vertical atmosférico, incluyendo la temperatura del aire, la temperatura del punto de rocío, y la dirección y velocidad del viento, recopilados mediante radiosondas liberadas en horas de la mañana (07:00 HLC) y horas de la tarde (13:00 HLC).

Se realizó para Bogotá la climatología del perfil atmosférico de las variables atmosféricas mencionadas, de lo cual se identificó el comportamiento típico del ciclo anual de las variables relevantes para la convección en la ciudad. Además fue posible encontrar cambios significativos en la evolución matutina de la capa límite bogotana en los días con lluvias fuertes respecto a los días en los que no se presentan estos eventos.

En cuanto al ajuste de los índices de inestabilidad atmosférica, se modificaron algunos índices tradicionales, cambiando las alturas de análisis de éstos de tal manera que se obtuviese el mayor coeficiente de correlación de Spearman con respecto a los datos de lluvia, en valor absoluto. El índice con el mayor coeficiente encontrado fue el índice K Index con un valor de correlación de 0.565. Le siguieron los índices Showalter Index y pw (total de agua precipitable), con coeficientes de correlación de 0.555 y 0.548, respectivamente. Estos coeficientes superan a los de los índices tradicionales y muestran diferencias significativas entre los meses lluviosos y los meses con menos precipitación. Finalmente, se desarrolló un nuevo índice ponderando los percentiles de los índices previamente seleccionados, logrando un mejor desempeño en general en comparación con cada uno de los índices individuales.

#### 4.10 Modelación de los impactos de emisiones de incendios en la calidad del aire y la precipitación: Casos de estudio Norte de Suramérica y Occidente de Estados Unidos

Juan Jose Henao Castañeda<sup>1\*</sup>, John Freddy Mejia Valencia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia. <sup>2</sup>. Department of Atmospheric Sciences, Desert Research Institute.

\*jjose.henao@udea.edu.co

Los incendios tienen diversos impactos en la atmósfera, asociados a las grandes emisiones de gases y material particulado de las quemaduras de biomasa. Los principales impactos incluyen: 1) un detrimento en la calidad del aire, que puede darse a grandes distancias de los puntos de emisión e involucran alteraciones tanto por procesos de transporte como por alteraciones en las reacciones químicas; y 2) pueden producirse modificaciones en las características de las nubes y la precipitación, a través de interacciones entre los aerosoles y la radiación o los procesos microfísicos de nubes. Dada la dificultad de estudiar estos impactos desde una perspectiva netamente observacional, los modelos numéricos ofrecen una oportunidad valiosa para aislar los impactos de los incendios en la calidad del aire y en la precipitación, a su vez permitiendo un entendimiento de los mecanismos asociados. En este trabajo se presenta el uso del modelo WRF-Chem como herramienta para modelar los impactos de las quemaduras de biomasa en la calidad del aire y la precipitación, incluyendo interacciones directas e indirectas entre los aerosoles y las nubes. Esta herramienta se utilizó para evaluar dichos impactos durante temporadas extremas de incendios en dos regiones con diferentes regímenes climáticos: el Norte de Suramérica (febrero y marzo de 2016) y el Occidente de Estados Unidos (entre julio y septiembre de 2021). Las simulaciones regionales se realizaron a escala de convección permitida, para representar mejor los procesos convectivos, y se hicieron evaluaciones con observaciones in-situ y productos satelitales de calidad del aire y meteorología. Se realizaron distintos escenarios usando variaciones en las emisiones de referencia para aislar el impacto efectivo de las plumas de incendios. Las emisiones usadas incorporan las bases de datos más recientes, incluyendo EDGAR HTAP v3 para las antropogénicas y FINN v2.5 para las de incendios. En ambos casos se demuestran los grandes impactos que tienen los incendios en la calidad del aire, evaluando principalmente los contaminantes criterio. Con los resultados se muestran los grandes retos que los incendios imponen a los tomadores de decisiones en las zonas urbanas para cumplir con los estándares de calidad del aire. Además, los aerosoles emitidos por los incendios modulan las características de las nubes y la precipitación, en general reduciendo la precipitación con un aumento en los aerosoles, pero su efecto neto depende de la influencia de otros mecanismos, de los tipos de nubes, e interacciones de la atmósfera con la topografía. En esta presentación también mostramos el estado del arte en el trabajo de impactos de plumas de incendios, algunas preguntas relevantes de orden científico y práctico, y los desafíos y limitaciones que involucran estas herramientas.

#### 4.11 Mecanismos detrás de la lluvia convectiva en diferentes regiones de Colombia: resultados de una simulación a escala de convección permitida

Kevin Santiago Hernández<sup>1\*</sup>, Juan José Henao<sup>2</sup>, Sebastián Gómez Ríos<sup>2</sup>, Vanessa Robledo<sup>2</sup>, Álvaro Ramírez Cardona<sup>2</sup>, John Freddy Mejía<sup>3</sup>, Angela María Rendón<sup>2,4</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia. <sup>2</sup>Geolimna, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín. <sup>3</sup>Department of Atmospheric Sciences, Desert Research Institute, Reno, Nevada. <sup>4</sup>GIGA, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín.



\*ksantiago.hernandez@udea.edu.co

Las simulaciones a escala de convección permitida (resoluciones inferiores a 4 km), son herramientas esenciales para avanzar en el entendimiento de los mecanismos atmosféricos que modulan la convección en regiones específicas. En este estudio usamos una simulación de un mes con el modelo WRF (Weather Research and Forecasting) a escala de convección permitida, con el fin de identificar los mecanismos detrás del ciclo diurno de la lluvia y de la organización de la convección en diferentes regiones de Colombia. Los resultados fueron evaluados a partir de información satelital (GPM) en conjunto con un algoritmo de rastreo de sistemas convectivos (ATRACKCS), el cual permite realizar una evaluación basada en objetos. Inicialmente, se realizó una separación entre días húmedos y secos con el fin de estudiar el ciclo diurno de la lluvia en el Pacífico, el Valle del Magdalena y la Amazonía colombiana. Posteriormente, se analizó la representación de la convección organizada en el Pacífico colombiano. De forma general, los resultados mostraron un aumento en los flujos de humedad de bajo nivel durante días en los que se tuvo un ciclo diurno marcado de la lluvia (días húmedos) en las tres regiones de interés. En particular, en la región del Pacífico se evidenció una mayor actividad del chorro de bajo nivel del Chocó junto con un ambiente más inestable y cizallado durante los días húmedos. En el Valle del Magdalena, se observó una intensificación de los flujos locales valle-montaña durante los días húmedos, así como vientos alisios del este más débiles que durante los días secos. Una cizalladura del viento más marcada y un mayor transporte de humedad desde la selva amazónica y las llanuras venezolanas estuvieron presentes durante los días húmedos en la Amazonía colombiana. Por otra parte, al estudiar la organización de la convección en el Pacífico, se evidenciaron anomalías positivas de temperatura potencial equivalente junto con flujos de humedad hacia el continente antes del inicio de los eventos. El modelo mostró que durante la etapa madura los sistemas convectivos exhibieron un meso-vórtice de nivel medio aparentemente causado por el calor latente liberado durante la formación de hidrometeoros en fase de hielo. Este vórtice pudo actuar como un mecanismo crucial para mantener la convergencia en niveles medios, produciendo un perfil de flujo de masa más concentrado en la parte superior. Además, el desarrollo de las tormentas parece verse favorecido por una cizalladura débil en niveles medios detrás de los sistemas, junto con piscinas convectivas frías en la región de transición convectiva-estratiforme. Una corriente de bajo nivel que entra a la tormenta y corrientes descendentes dentro de la nube promovieron el desarrollo de células convectivas, contribuyendo a la organización de la convección en el Pacífico. Este trabajo demuestra el potencial de las simulaciones que permiten la convección para estudiar los mecanismos detrás de la convección en el Noroeste de Sudamérica.

#### **4.12 Convección atmosférica en Colombia: avances recientes desde la Maestría en Meteorología Universidad Nacional de Colombia**

Daniel Hernandez Deckers<sup>1\*</sup>, Francy Alejandra Vanegas Izquierdo<sup>1</sup>, Alejandro Casallas García<sup>2</sup>, Christian Alexander Bohórquez Portilla<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <sup>2</sup>The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.

\*dhernandezd@unal.edu.co

Colombia se encuentra en un lugar privilegiado para el estudio de la convección atmosférica, debido a su ubicación ecuatorial y a la gran diversidad de procesos generadores que operan allí. Teniendo en cuenta la importancia que tienen los procesos convectivos tanto para las actividades humanas como

para el estudio de la dinámica del sistema climático terrestre, desde el Grupo de Investigación en Ciencias Atmosféricas de la Maestría en Meteorología de la Universidad Nacional de Colombia se ha iniciado un esfuerzo por mejorar la comprensión de los procesos convectivos en esta región del planeta. Como punto de partida se desarrolló un método de identificación y seguimiento de sistemas convectivos a partir de imágenes satelitales infrarrojas. Este estudio permitió obtener una descripción detallada de la distribución espacio temporal de los eventos convectivos en la región, además de identificar lugares y procesos de particular interés. En esta presentación se hará un resumen de los resultados de este estudio inicial, de las preguntas abiertas que surgieron, y se dará una visión general de los avances más recientes en las investigaciones que se están llevando a cabo para abordar algunas de estas preguntas abiertas. En particular, se presentarán avances en relación con la comprensión de los eventos convectivos profundos en la sabana de Bogotá, de los procesos responsables de la convección nocturna del Valle Medio del Magdalena, y de la aparente desarticulación entre el número de eventos de convección profunda y la precipitación a escala estacional en las zonas de la Amazonía y la Orinoquía colombianas.

#### **4.13 Cuantificación de los ciclos anual y diurno de la interacción entre los chorros del Caribe-Panamá y del Chocó durante 2000-2020 según el modelo WRF de alta resolución**

Wesly Zamira Huertas Salinas<sup>1\*</sup>, Germán Poveda<sup>1</sup>, Kyoko Ikeda<sup>2</sup>, Roy Rasmussen<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín. <sup>2</sup>National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA.

\*whuertas@unal.edu.co

La costa Pacífica colombiana es la zona más lluviosa del mundo, en la cual se forman muy frecuentemente grandes sistemas convectivos de mesoescala, que causan el 70% de la lluvia que cae en la región. La existencia de dicha región ha sido explicada en términos del transporte de humedad por los vientos en chorro de la baja atmósfera que convergen en la región, tales como el chorro del Chocó, el chorro del Caribe-Panamá, y por los vientos alisios del este. La presencia de la cordillera occidental de los Andes contribuye a enfocar y sostener el ascenso de aire húmedo (orográfico) que, al enfriarse se condensa para producir la lluvia. El bosque tropical lluvioso presente en la región también aporta vapor de agua para la lluvia, mediante la evapotranspiración. Dichos procesos han sido identificados cualitativa y cuantitativamente usando los resultados de diversos reanálisis climáticos (NCEP/NCAR, ERA-Interim, ERA5) de baja resolución espacial (0.25 x 0.25 grados en tamaño de celdas) y, en muy pocos casos, a través de modelos de alta resolución espacial. Usamos los resultados del modelo WRF (versión 4.1.5 con modificaciones), desarrollado por el National Center for Atmospheric Research (NCAR) en Boulder, Colorado, Estados Unidos, el cual hace parte de la última generación de “Convection Permitting Models” (CPM). En particular, el presente trabajo hace un detallado estudio de los ciclos anuales y diurnos de la interacción entre los chorros superficiales del Chocó y del Caribe-Panamá durante el periodo 2000-2020. Se confirma la presencia de un sistema frontal norte/sur en el cual el chorro (cálido) del Caribe-Panamá se eleva sobre el chorro (más frío) del Chocó para exacerbar la convección profunda en la región, y se ratifica el importante papel de la topografía de los Andes para contribuir con el ascenso orográfico de aire húmedo, mecanismos que contribuyen a explicar las intensas precipitaciones de la región del Pacífico colombiano.



#### 4.14 Interacción Aerosol-Nubes: Mediciones y tropicalización de los modelos climáticos

Luis Antonio Ladino Moreno\*.

\*Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), luis.ladino@atmosfera.unam.mx

Los trópicos son una gran fuente de diferentes partículas de aerosol como el polvo mineral, biológicas, marinas, agrícolas, cenizas volcánicas y quema de biomasa, entre otras. Dado que las partículas de aerosol son clave en la formación de gotas de nubes y cristales de hielo, es de gran importancia mejorar la comprensión actual del papel que estas partículas desempeñan en la formación de nubes, especialmente en las nubes mixtas. Dado que se espera que la frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos extremos cambie debido a la crisis climática, ésta información es necesaria para determinar los posibles cambios en los patrones de precipitación en las siguientes décadas. En el presente trabajo, se discutirá la importancia de las partículas tropicales emitidas localmente versus las partículas transportadas desde grandes distancias en la formación de nubes mixtas. De igual manera se discutirá la importancia de las mediciones in-situ, el desarrollo de parametrizaciones con datos locales, así como su incorporación en modelos climáticos regionales.

#### 4.15 Circulaciones de Mesoescala en Simulaciones WRF de Convección Permitida: Dos Eventos Asociados con Sistemas Convectivos

John Alejandro Martínez Agudelo<sup>1\*</sup>, Paola A. Arias<sup>1</sup>, Juan C. Camacho<sup>1</sup>, Francina Dominguez<sup>2</sup>, Andreas Prein<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, <sup>2</sup>Universidad de Illinois, <sup>3</sup>NCAR.

\*john.martinez@udea.edu.co

Usamos simulaciones de Convección Permitida (CP) con WRF para identificar estructuras de mesoescala que pudieron ser precursoras de dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) en los alrededores de los Andes colombianos. Uno de los eventos afectó el municipio de Mocoa en 2017, y estuvo asociado con más de 300 muertes y costosos daños materiales. Según estimados basados en temperatura de tope de nube, este sistema tuvo un tamaño mayor a 71304 km<sup>2</sup>, y estuvo asociado con el cuarto registro más alto en acumulados diarios de lluvia en Mocoa en más de 40 años. En este caso WRF sugiere la ocurrencia de una rápida intensificación del chorro de bajo nivel del Orinoco (OLLJ) varias horas antes de la formación del SCM sobre la Amazonía, el cual finalmente impactaría a Mocoa. Asociado al OLLJ se vió un gran transporte de humedad y gradientes substanciales en los vientos de bajo nivel, lo cual pudo contribuir con la formación de áreas de convergencia favorables para la génesis del SCM. Adicionalmente, comparaciones entre tres esquemas de capa límite planetaria (PBL) sugieren la formación y propagación de una corriente de densidad sobre el Orinoco cuando la capa sobre la PBL es suficientemente estable; en estas condiciones el SCM formado tuvo una mayor organización y tamaño, y alcanzó regiones más profundas en los Andes, y tuvo una trayectoria más realista. El otro SCM ocurrió en la región Caribe de Colombia, afectando partes de La Mojana. En este caso las simulaciones incluyeron fuertes vientos canalizados por el Magdalena, asociados con circulaciones de escala sinóptica desde la Amazonía. Estos vientos canalizados traen aire algo más seco a la región de formación del SCM, pero contribuyen con transporte de momentum y masa, produciendo convergencia en niveles

bajos para la iniciación del SCM. Vientos desde el Caribe, incluyendo el efecto de brisas marinas, contribuyeron al transporte de aire húmedo e inestable tierra adentro. Durante las primeras horas de la noche se observa una aceleración de estos vientos sobre la PBL, similar a la de un chorro nocturno de bajo nivel. Finalmente, durante la iniciación del SCM también se notan vientos tipo gap entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera oriental de los Andes. Todas estas estructuras de mesoescala contribuyeron con la formación de zonas de convergencia de bajo nivel sobre La Mojana, favoreciendo la iniciación y formación del SCM simulado. Se sugiere que las circulaciones de mesoescala simuladas pueden ser estructuras comunes en los proyectos actuales y por venir sobre simulación del clima a escala CP en los Andes tropicales, contribuyendo con la variabilidad espacio temporal de la precipitación simulada.

#### **4.16 Respuesta del clima de Suramérica Tropical a un escenario de deforestación idealizada: Sub-escalamiento dinámico de la simulación del CanESM5 utilizando el modelo WRF**

Óscar Mesa Sánchez<sup>1\*</sup>, David Muñoz Marín<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*ojmesa@unal.edu.co

Numerosos estudios han destacado la importancia del reciclaje de humedad para la disponibilidad hídrica en Suramérica. Por medio de este proceso se obtiene el hasta 40% de la precipitación total anual en algunas zonas de esta región, por lo que es importante comprender los cambios esperados de la disponibilidad hídrica en un planeta más caliente y con un escenario de coberturas y vegetación distinto al que se tiene en la actualidad. Se utiliza el modelo atmosférico WRF para realizar un subescalamiento dinámico de los resultados de dos experimentos que se desprenden del proyecto CMIP6: pi-control, que tiene condiciones de tipo de cobertura y concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) similares a las de la era preindustrial; y “deforest-globe”, que consiste en un escenario de deforestación parcial idealizada del bosque tropical de la Amazonía y concentraciones de GEI similares a las del experimento de control. Se comparan los valores medios anuales con observaciones de IMERG y CHIRPS, haciendo énfasis en las regiones naturales continentales de Colombia y encontrando que no se tiene una adecuada representación del ciclo anual en las mismas. Los cambios entre los resultados de ambos experimentos indican una disminución de la precipitación (PPT) y la evaporación (ET) en las zonas donde hubo cambio de cobertura con valores medios de -596 mm/año y -313 mm/año, respectivamente. Se utiliza un esquema de rastreo atmosférico para cuantificar el cambio en la precipitación reciclada, encontrando una mayor disminución ( -30 %) en el trimestre JJA, al sur de la cuenca amazónica, que coincide con la región con tipo de cobertura modificado. Finalmente, la comparación de los diferentes términos del balance de energía sugiere una notable relación de la ET con el flujo de calor latente (LE), y una disminución de la temperatura en -0.3°.

#### **4.17 Clima y Café - trabajo colaborativo para adaptarnos al cambio climático**

Diana Carolina Meza Sepulveda<sup>1\*</sup>, Jessica Eisee<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Pereira, <sup>2</sup>Universidad de San Antonio de Texas.

\*dcmeza@utp.edu.co

La región cafetera de Colombia conocida como “eje cafetero” (Caldas, Quindío y Risaralda); allí se dan unos pequeños arbustos que se alinean a lo largo de la empinada cuesta de la cordillera de los Andes, cuidadosamente cultivados en ordenadas hileras. El cambio climático está afectando a las comunidades de todo el mundo por lo que es urgente aprender a adaptarnos a sus impactos con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y proteger a nuestros agricultores. Nuestro propósito es apoyar al sector cafetero colombiano en la adaptación al cambio climático, debido a que este ya se ha visto amenazado por la alteración de las temporadas de calor y lluvia, los eventos climáticos inesperados y el aumento de plagas y enfermedades. Desde Clima y Café pretendemos dar herramientas que faciliten la adaptación del cambio climático, entendiendo que todas las unidades productivas son diferentes y se debe definir cuál es la estrategia que se ajusta a sus condiciones.

#### **4.18 Modelado climático y conocimiento local en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca - México**

Jineth Tatiana Mora Linares\*.

\*Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM. jtmoral@unal.edu.co

La caracterización del clima a escala local mediante el uso de estaciones climáticas, presenta retos importantes, principalmente por la distante distribución de las estaciones y la representación del clima en zonas con topografía compleja. Por tal motivo, el uso de conjuntos de datos climáticos globales de alta resolución espacial, permiten a partir de la estimación de datos continuos obtener información detallada para una determinada área de interés, sobre cómo se comportan las variables climáticas actualmente y cómo podrían cambiar a futuro. Este trabajo se enfoca en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca - RBMM, ubicada entre los estados de México y Michoacán. Con el objetivo de presentar escenarios de cambio climático para precipitación y temperatura media en alta resolución, se realizó la descarga, el análisis estadístico y modelado de información climática mundial de la plataforma Worldclim. tanto para el clima de referencia (periodo 1989-2018), como para clima futuro, mediante el uso de cinco modelos para los periodos 2021-2040 y 2081-2100 del SSP2 - 4.5 y SSP5 - 8.5. Adicionalmente, estos resultados fueron validados mediante el desarrollo de procesos participativos de percepción con la comunidad ejidal e indígena dedicada a la conservación del bosque en la RBMM. A partir de la producción cartográfica obtenida, se identifican posibles cambios de la temperatura media anual entre los 1,5°C y 5.9°C, y de alrededor del 10% para la precipitación. Además, se encontró que las comunidades ubicadas en la región, poseen un conocimiento espacial local altamente detallado de su contexto climático, dadas las coincidencias con el modelado espacial.

#### **4.19 Servicio Meteorológico Marino Nacional, contexto, actualidad y futuro en Colombia**

Juan Leonardo Moreno Rincón\*.

\*Dirección General Marítima, lmoreno@dimar.mil.co

La Organización Meteorológica Mundial y la Organización Marítima Internacional, acordaron desarrollar la Guía de los Servicios Meteorológicos Marinos, donde los países tienen herramientas para el desarrollo de capacidades en meteorología marina, aplicados a la seguridad en la navegación marítima. En sus inicios, esta iniciativa empezó con el siniestro del Titanic y al transcurrir el tiempo, con los avances tecnológicos, las comunicaciones y el aumento del comercio mundial, se ha

tenido un importante aprendizaje, así como adelantos importantes en la información meteorológica y oceanográfica operacional de forma aplicada a los diferentes sectores de la comunidad marítima. Se describe mediante un recorrido histórico y a través de una breve reseña, las actuales capacidades e interacción con instituciones nacionales, la participación en escenarios internacionales y el futuro en Colombia de la meteorología marina. Se mostrarán los desarrollos operacionales actuales, sus beneficios y fundamentos técnicos y científicos mediante los cuales se tiene información para la toma de decisiones operacionales.

#### **4.20 Aprendizajes y retos para la investigación e integración del conocimiento científico del clima con comunidades en la Alta Montaña**

Luisa Fernanda Pedraza\* \*Asociación Comunitaria Fortaleza de la Montaña, rizomadeaguas@gmail.com

#### **4.21 Incidencia de los bloqueos en la estimación cuantitativa de la precipitación usando radares meteorológicos en los Andes colombianos**

Jorge Iván Ramírez Tamayo<sup>1\*</sup>, Adriana Patricia Piña Fulano<sup>1</sup>, Alfonso Ladino Rincón<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup>University of Illinois Urbana Champaign Champaign, USA.

jiramirezt@unal.edu.co

La variabilidad espacial de la precipitación es difícil de medir debido a la falta de estaciones pluviométricas y pluviográficas en superficie. Como resultado, los radares meteorológicos se han convertido en fuentes de información cruciales para estimar campos de precipitación. Sin embargo, los bloqueos, que se refieren a factores externos de la naturaleza que afectan la calidad de los datos del radar, plantean un desafío importante y contribuyen a errores e incertidumbres en la estimación cuantitativa de precipitación. Este trabajo tiene como enfoque principal analizar el impacto de los bloqueos en el radar meteorológico de banda C de Barrancabermeja, ubicado entre las Cordilleras Oriental y Central de los Andes colombianos, específicamente para la estimación cuantitativa de precipitación (QPE). El análisis se realizó utilizando información de radar recopilada durante eventos sin lluvia entre 2019 y 2020. Para identificar zonas de bloqueo, se realizó un análisis de frecuencia de la reflectividad en condiciones secas que tuvo una alta correlación con las interferencias topográficas causadas por los rangos circundantes del radar. Posteriormente, se calculó el índice de calidad del radar (RQI) para condiciones de lluvia y condiciones sin lluvia, teniendo en cuenta factores como el mapa de frecuencia de bloqueos, el bloqueo parcial del haz, los efectos de la pérdida de resolución por la distancia, el ruido del radar y la atenuación. La evaluación reveló un área de bloqueos aproximada del 50% para el barrido más bajo de 0.5°, principalmente asociada con las interferencias topográficas, lo que indica un impacto directo de las cordilleras en la calidad de los datos del radar.

Posteriormente, se analizaron eventos de precipitación específicos (mayores a 10 mm por evento) para determinar los parámetros de tres relaciones reflectividad – precipitación (metodologías de Marshall & Palmer, Seliga & Bringi, y Sachidananda & Zrinc) para el radar de Barrancabermeja, utilizando datos de 91 estaciones pluviográficas disponibles en el área de influencia del radar. Al

emplear estas relaciones, se calcularon mapas de incertidumbre de la estimación de lluvia, obteniendo valores de incertidumbre cercanos al 60%.

#### **4.22 Medición de las teleconexiones causales de El Niño-Oscilación del Sur en Colombia mediante la transferencia de información en una red climática compleja**

Nicole Rivera Parra<sup>1\*</sup>, Isabel Hoyos<sup>2</sup>, Boris Rodriguez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, <sup>2</sup>Universidad del Quindío.

\*nicole.rivera@udea.edu.co

El presente trabajo describe la complejidad subyacente del clima colombiano en términos de una red climática basada en la relación entre las variables climáticas de la superficie terrestre y sus conexiones dinámicas con los fenómenos climáticos globales, resumidos por la transferencia de información física. En específico, utilizamos las anomalías de temperatura superficial oceánica (SST) en el Pacífico Tropical y, las variables climáticas: precipitación total, temperatura superficial y convergencia de flujo de humedad, en la región 5°S y 15°N, 90°W y 60°W.

Para calcular la transferencia de información física utilizamos el cuantificador de Liang-Kleeman que, basado en entropía mutua entre series de tiempo, da cuenta de la tasa de flujo de información desde un componente a otro en un sistema acoplado, diferenciando la dirección de la causalidad y cómo una variable influye en la predicción de la otra. Por otra parte, utilizamos los índices Niño 3, Niño 3.4 y SOI para obtener el comportamiento de modos de variabilidad climática, como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), y cambios en los patrones de circulación en el sistema acoplado océano-atmósfera considerando la evolución de SST en el Océano Pacífico.

Aprovechamos las ventajas del formalismo de Liang-Kleeman para construir la red climática basada en la influencia causal de ENOS sobre las variables climáticas de estado del terreno colombiano. Los nodos corresponden a una división regular de la superficie de estudio, cada uno de los cuales representa un vértice de la red climática (un total de 9801 celdas cuadradas de 0,25 x 0,25 grados). Se establece un enlace no dirigido y no ponderado entre un par de nodos cuando captan el flujo de información del índice hacia la variable de estado climática local al mismo ritmo en un lapso de 2 milinats por mes. Los datos regionales mensuales de superficie proceden del ERA5 para 1970-2020.

El grafo resultante, para el índice Niño 3.4, tiene 9784 nodos con al menos un enlace y 1648294 aristas totales. El sistema muestra una organización en estructuras de agrupamiento y pequeñas subredes aisladas. Este grafo se caracteriza por una baja densidad de sólo 0,034 enlaces/nodos. Nuestros hallazgos indican que, la señal dominante del flujo de información desde Niño 3 hacia la precipitación total y la integral vertical del flujo de humedad, hace estas variables más impredecibles, mientras que, hace la temperatura más predecible sobre los Andes Colombianos. Para ENOS -en general- nuestros hallazgos muestran que el área montañosa (las tres ramas de los Andes del norte) y las regiones costeras en Colombia están altamente interconectadas globalmente. Finalmente, otras propiedades de la red muestran una estructura espacial bien definida para la conectividad y la cercanía de los nodos.

#### **4.23 Uso de información satelital para obtener un acercamiento al almacenamiento de agua subterránea en las cinco principales cuencas del país**

Pedro José Romero León<sup>1\*</sup>, Adriana Patricia Piña Fulano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

\*promerol@unal.edu.co

En el proyecto se realiza un procesamiento de información satelital orientado a la generación de un acercamiento al estado del almacenamiento del agua subterránea en Colombia, para ello se descarga información de la misión GRACE y el proyecto GLDAS, que en conjunto con una serie de procesamientos permite obtener tendencias y comportamientos del recurso hídrico.

Haciendo uso del lenguaje de programación Python, aplicando un balance hidrológico y realizando un recorte de la información descargada a la extensión del territorio colombiano se estiman las anomalías presentadas en el almacenamiento del agua subterránea. Segmentando el estudio en las cinco principales cuencas del país, Amazonas, Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoquía y Pacífico, se hace uso de diferentes representaciones cartográficas con el fin de comprender los cambios en el almacenamiento del agua subterránea bajo diferentes enfoques: geográfico, temporal y análisis de valores extremos, obteniendo información útil sobre cada una de las regiones, resaltando los valores promedio, mínimo y máximo; análisis temporales fueron hechos en las primeras y más recientes mediciones realizadas, logrando producir mapas de calor sobre aquellos valores extremos identificados, observando así las regiones geográficas en las que se han presentado escenarios críticos. Se producen mapas de valor promedio para cada una de las regiones estableciendo así, una estimación de referencia, la combinación de estos enfoques mencionados permite identificar eventos extremos de manera geográfica y temporal.

Finalmente, haciendo uso de diferentes perspectivas alrededor del agua subterránea y enfocándose en un análisis por temporadas, se realizó un estudio del comportamiento de las estimaciones obtenidas en las épocas en las que se presentó fenómeno del Niño y también de la Niña en el país, junto con lo anterior se realiza una breve comparación que permita observar la similitud existente entre los registros de precipitación satelital (descargados de GLDAS) y las estimaciones de agua subterránea calculadas en el desarrollo de este proyecto.

#### **4.24 Importancia y Herramientas del pronóstico en EPM**

Luis Fernando Salazar Velásquez<sup>1\*</sup>, Juan David Parra<sup>1</sup>, Mateo Gutiérrez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Empresas Públicas de Medellín EPM.

\*luis.salazar.velasquez@epm.com.co

Los pronósticos y los análisis meteorológicos y climáticos son fundamentales para una empresa de generación de energía preferentemente hidráulica como lo es EPM. Se muestra una breve descripción de las herramientas que hemos desarrollado para obtener estos pronósticos, así como algunos resultados de simulaciones de cambio climático para las cuencas de interés. Así mismo se presentan los desafíos que se observan en el futuro próximo.



#### 4.25 La atmósfera tras la sostenibilidad y la seguridad hídrica de la Cuenca del Río Magdalena en Colombia

Juan F. Salazar<sup>1\*</sup>, José A. Posada-Marín<sup>2</sup>, Santiago Valencia<sup>1, 2</sup>, Rubén D. Molina<sup>1</sup>, Luis M. Lopera<sup>1</sup>, Paola Giraldo<sup>1</sup>, Geusep Ortega<sup>1</sup>, Jesus D. Gómez-Vélez<sup>4</sup>, Jorge I. Zuluaga<sup>1</sup>, Paola A. Arias<sup>1</sup>, Fernando Jaramillo<sup>5</sup>, Angela M. Rendón<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, <sup>2</sup>Institución Universitaria Digital de Antioquia, <sup>3</sup>Arizona State University,

<sup>4</sup>Oak Ridge National Laboratory, <sup>5</sup>Stockholm University.

juan.salazar@udea.edu.co

Los ríos Magdalena y Cauca forman la cuenca más grande completamente al interior de Colombia y drenan un área de aproximadamente 276.000 km<sup>2</sup> desde Los Andes tropicales hasta su desembocadura en el Mar Caribe. Esta cuenca alberga a la mayor parte de la población colombiana y es la principal fuente de agua del país, incluida la generación de energía hidroeléctrica. La sostenibilidad de la sociedad colombiana depende y seguirá dependiendo fuertemente de la sostenibilidad de la cuenca del Magdalena, ya que de ella dependen el agua, la energía, la seguridad alimentaria y muchos de los servicios ecosistémicos del país. Aquí presentamos los resultados de un proyecto científico del programa SOS-Cuenca que investiga cómo el reciclaje de la humedad terrestre y los intercambios atmosféricos con regiones vecinas afectan la hidrología y la climatología de esta cuenca. Nuestros principales resultados incluyen evaluaciones de (i) la cuenca (atmosférica) de precipitación y sus variaciones durante El Niño y La Niña; (ii) los impactos de El Niño en el reciclaje de la humedad terrestre que alimenta las precipitaciones de la cuenca; (iii) los intercambios de humedad atmosférica con regiones vecinas; (iv) los impactos del cambio climático en la descarga del río; (v) los impactos remotos de la deforestación en el caudal de grandes ríos de Suramérica; y (vi) una discusión sobre el papel de los procesos atmosféricos en la descarga y regulación de las cuencas a través del concepto, introducido por el proyecto, de "Embalse Tierra-Atmósfera" (Land-Atmosphere Reservoir). En esta presentación, resumimos los principales hallazgos del proyecto mientras discutimos las implicaciones para la comprensión y la gestión de los ríos y las cuencas bajo la influencia del cambio global.

#### 4.26 Caracterización de eventos de precipitación extrema en un valle cerrado tropical inter andino: Una perspectiva desde el punto de vista de estaciones in-situ y monitoreo remoto con un radar meteorológico banda-C

Julián Sepúlveda Berrío<sup>1\*</sup>, Juan Manuel Sanchez Ortega<sup>1</sup>, Juan Diego Barrera Morales<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Sistema de alerta temprana de Medellín y Valle de Aburrá (SIATA).

\*julian.sepulveda@siata.gov.co

El estudio, monitoreo y caracterización de eventos extremos de precipitación tiene relevancia desde el punto de vista del conocimiento per se, en la formación de la precipitación y su comportamiento; como también en la ciencia y la investigación aplicada debido a los impactos sociales, económicos y ambientales consecuencia de su ocurrencia.

Este estudio se basa en la precipitación extrema en la región andina tropical colombiana y su evolución sobre un valle cerrado como es el caso del Valle de Aburrá. Un paso crítico es establecer una metodología para definir un evento de precipitación como extremo de acuerdo su intensidad y su relación intrínseca con la duración. SIATA proyecto del AMVA, apoyado de la información del



radar meteorológico banda C y una amplia red de estaciones pluviométricas, se enfoca en que el concepto de evento extremo capture las características particulares en la región y sea útil para la gestión del riesgo de desastres. Usando la reflectividad horizontal en un Indicador de Posición Plana en una Altitud Constante (CAPPI) se hace una clasificación de precipitación convectiva, estratiforme, convectivo aislado y franja aislada para estudiar las características de cada una de estas categorías en un periodo de registro 2014 a 2023. Las estaciones en tierra, con una resolución temporal de 1 minuto, son usadas para analizar los extremos de precipitación a escala de evento teniendo en cuenta las condiciones hidrogeomorfológicas de las cuencas. A partir de la información pluviométrica, los eventos extremos fueron definidos partiendo de la intensidad máxima registrada en el evento y que superan el percentil 95 del registro histórico de los eventos de precipitación de cada estación.

Los resultados sugieren ocurrencia de precipitación extrema indiferentemente de la estacionalidad y la modulación dada por el ENSO, junto al aumento en su frecuencia en el tiempo. Sin embargo, en términos de la magnitud de la intensidad de los eventos, no encontró una tendencia clara. Por otro lado, la reflectividad del radar discriminada según los tipos de precipitación evidencia gran concordancia con el ciclo anual. En el ciclo diurno, la convección dentro de la cobertura del radar (120 km de radio) tiene un pico marcado en la noche y otro de menor área en la tarde, mientras que las categorías aisladas anteceden la convección profunda con un pico rezagado una hora. Las lluvias estratiformes exhiben su máximo en la madrugada. En cuanto a la influencia del Fenómeno ENSO sobre los tipos de lluvia se pudo observar en todas las categorías, excepto la convectiva, que el área promedio en la mayoría de las horas del día es mayor durante períodos La Niña. Por su parte, la convección se comporta de manera inversa, observándose una mayor área convectiva durante las fases Niño y neutral, aunque esta diferencia es relativamente pequeña. Lo anterior puede indicar que si bien los acumulados de lluvia son mayores durante la fase Niña, en las otras fases del ENSO se pueden presentar la misma o incluso mayor cantidad de lluvia del tipo convectivo que es la que agrupa la precipitación extrema.

#### 4.27 Variabilidad intraestacional de la precipitación sobre el norte de Sudamérica

Juan Esteban Taborda Soto\*.

\*Universidad Nacional de Colombia, Medellín, jetabordas@unal.edu.co

Entender la precipitación a escala intraestacional es fundamental para establecer sistemas de pronóstico que permitan prever la ocurrencia de diferentes eventos que condicionan la disponibilidad del recurso hídrico y eventos extremos que impliquen inundaciones y sequías. En este sentido, se realiza un estudio de los patrones principales de precipitación sobre el norte de Sudamérica, por medio del análisis de componentes principales, en tres bandas intraestacionales: 1-10 días, 10-30 días y 30-90 días. Posteriormente, se relacionan estadísticamente estos patrones con las ondas acopladas con la convección (CCW), los chorros de bajo nivel (LLJ) Chocó, Caribe y Orinoquia, y la interacción suelo-vegetación-atmósfera representada por la evapotranspiración (ET). Los resultados muestran vínculos significativos entre las primeras PCs de la banda de 1-10 días con las ondas Kelvin, depresiones tropicales (TD), inercio-gravitacionales hacia el este (EIG) y mixtas de Rossby-gravedad (MRG), junto con la actividad de la ET. Además, en la banda de 10-30 días se encuentran vínculos principalmente con las ondas Rossby, los chorros CLLJ y OLLJ, y la actividad de la ET. Asimismo, en la banda de 30-90 días, se presentan relaciones con el CLLJ y la actividad de la ET. Por último, con base en estas relaciones, se realiza un ejercicio de pronóstico de caudales medios diarios en el río

Sogamoso (Colombia) con diferentes modelos estadísticos, de los cuales, los modelos de Regresión lineal (LR) y Vectores de soporte (SVM) muestran ganancias significativas respecto a los pronósticos de referencia climatológico (hasta 94% para los caudales mínimos) y antecedente (hasta 28% para los caudales medios).

#### 4.28 Rastros de eventos de El Niño ocurridos en el siglo XVII

Germán Andrés Torres Soler\*.

\*Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía, gatorress@gmail.com

Con base en registros del Archivo General de la Nación de Colombia (Sección Colonia, Fondo Abastos; Sección Colonia, Fondo Cabildos, Libro Cabildo de Tunja), se identificaron situaciones de déficit de agua y de carestías asociadas a la escasez de trigo ocurridas en el siglo XVII, las que se asocian a sequías ocurridas en conexión con eventos del fenómeno de El Niño identificados en las cronologías de Quinn, Orrtlieb y Grove. A través de esta información se pudo rastrear también la respuesta que la sociedad de la época dio ante las situaciones adversas generadas por las fases extremas de la variabilidad climática. Los resultados obtenidos contribuyen en la reconstrucción de información acerca de la variabilidad climática del pasado sobre el altiplano Cundi-boyacense.

#### 4.29 Influencia de las Transiciones de Fases de ENSO y la Variabilidad Sinóptica de las Ondas Tropicales del Este en la Hidroclimatología del Norte de Sur América

Juliana Valencia<sup>1</sup>, Alejandro Builes-Jaramillo<sup>1\*</sup>, Hernán D. Salas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

\*luis.builes@colmayor.edu.co

Estudiamos la influencia de dos procesos de diferentes escalas temporales sobre la dinámica hidroclimática en el Norte de Sur América: (1) las transiciones de fases del El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) y (2) la variabilidad sinóptica de las Ondas Tropicales del Este.

Utilizando análisis de compuestos de temperaturas superficiales del mar, velocidades verticales del viento, precipitación, transporte de vapor de agua y los vientos de bajo nivel, analizamos la influencia de las transiciones entre las fases de ENSO sobre la circulación general y tres chorros de bajo nivel del Norte de Sur América (Caribe, Orinoco y Chocó). En los resultados evidenciamos cambios en las celdas de Walker sobre el océano Pacífico oriental, la cual incrementa (disminuye) gradualmente sus velocidades descendientes durante la transición de El Niño a La Niña (La Niña a El Niño) e incrementa (disminuye) sus velocidades ascendentes sobre el Norte de Sur América. Adicionalmente, los compuestos exhiben cambios en los patrones de transporte de vapor de agua en las áreas específicas de los tres chorros de bajo nivel de la región, durante los años de transición. Estos cambios interactúan con las anomalías de precipitación, las cuales muestran significancia en forma de dipolo sobre el Pacífico y el Norte de Sur América (5°N), y evolucionan estacionalmente.

Respecto a la variabilidad sinóptica de las Ondas Tropicales del Este, se analiza el efecto de la variabilidad sinóptica en la región, caracterizada por cambios atmosféricos en el rango de 2 a 10 días.

Este análisis se hace a través de la técnica de Descomposición Ensamblada de Modos Empíricos (EEMD, por sus siglas en inglés), donde se extraen las señales sinópticas en la precipitación diaria y los caudales diarios de 47 cuencas hidrográficas. Mediante EEMD, identificamos bandas de frecuencia coherentes con los modos sinópticos de las Ondas Tropicales del Este, en las periodicidades de 3 a 12 días y de 6 a 18 días. Se destaca el impacto de la variabilidad sinóptica sobre de las lluvias y los caudales, resaltando la eficiente capacidad de las cuencas para filtrar la variabilidad, ya que se establece una relación de ley de potencia entre la variabilidad sinóptica y el área de la cuenca, explicando entre un 5% y un 20% de la variabilidad de los caudales en diferentes tamaños de cuencas, desde los 1000 km<sup>2</sup> a 5000 km<sup>2</sup>.

Al abordar la dinámica hidroclimática del Norte de Sur América desde diferentes escalas temporales, no sólo se profundiza un poco más en la influencia las transiciones de fases de ENSO, sino que también se indaga sobre las complejidades de la variabilidad sinóptica y su influencia en la hidrología regional. Con este tipo de aproximaciones aportamos, como colectivo de investigación, nuevas piezas en el rompecabezas de la dinámica hidroclimática del Norte de Sur América.

#### **4.30 Evaluación de la influencia de los ciclones tropicales en la variabilidad de la precipitación en Colombia**

Kendry Katherine Vargas Suarez<sup>1\*</sup>, Isabel Cristina Hoyos Rincón<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad del Quindío.

\*kkvargass@uqvirtual.edu.co

Una de las consecuencias del cambio climático es el fortalecimiento del ciclo hidrológico, lo que favorece las condiciones atmosféricas para la formación e intensificación de huracanes y ciclones en el océano Atlántico. Estos fenómenos a su vez, producen variaciones en las condiciones de presión y temperatura sobre las masas del aire, lo que aumenta la variabilidad de las condiciones meteorológicas y del clima regional. En este trabajo usamos el cuantificador entrópico de transferencia de información entre series de tiempo de Liang-Kleeman para estimar el grado de influencia dinámica de los ciclones tropicales, originados en el océano Atlántico, sobre la precipitación en la región interandina de Colombia. En este trabajo de grado definimos una variable de estado que resume la evolución de la temporada de huracanes en términos de la duración, trayectoria, intensidad y extensión espacial de las estructuras ciclónicas que se desarrollaron en el periodo 2015 a 2020. Nuestros resultados nos permiten determinar el grado de influencia del paso de los huracanes en la variabilidad de la precipitación a lo largo del territorio colombiano. El escenario del cambio climático es inminente, produciendo fenómenos meteorológicos más extremos, variaciones significativas en las temperaturas medias globales, alterando las condiciones de vida, de modo que es vital comprender la influencia de estos sistemas para la comprensión de la hidroclimatología colombiana.

#### **4.31 Interacción de los Chorros de bajo nivel en el Norte de Suramérica**

Johanna Yepes\*.

\*Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, lunaktu@gmail.com

En este trabajo se presenta un estado del arte de los chorros de bajo nivel del Norte Suramérica. Inicialmente se presenta un contexto global de los principales chorros de bajo nivel y ríos atmosféricos los cuales juegan un papel importante dentro del balance hídrico tanto atmosférico como superficial, debido a las cantidades de humedad que transportan desde los océanos hacia el continente. El chorro del Chocó, el chorro del Caribe y el Chorro del Orinoco desempeñan un papel importante tanto dentro del ciclo hidrológico como dentro de los patrones de circulación regional del Norte de Suramérica. Pese a que cada uno de ellos presenta características propias como velocidades máximas del viento en diferentes épocas del año: SON para el Chorro del Chocó, JJA y DEF para el Chorro del Caribe y DEF para el chorro del Orinoco, algunos trabajos sugieren interacciones interesantes entre ellos durante eventos extremos. Por ejemplo, en algunos eventos extremos sobre el occidente de Colombia se ha observado la interacción de los chorros del Choco y el Caribe como mecanismos que ayudan a la generación de convección profunda. Finalmente, se realiza una invitación a considerar más estudios que permitan la comprensión de estos fenómenos de manera conjunta y no aislada como tradicionalmente se hace.

#### **4.32 Evaluación presente y futura de extremos climáticos en América Latina y el Caribe a partir de modelos climáticos de alta resolución**

Cristian Felipe Zuluaga Aristizábal<sup>1\*</sup>, Alvaro Avila-Diaz<sup>2</sup>, Roger Rodrigues Torres<sup>3</sup>, Wilmar L. Cerón<sup>4</sup>, Lais Oliveira<sup>5</sup>, Victor Benezoli<sup>5</sup>, Irma Ayes Rivera<sup>6</sup>, Jose Antonio Marengo<sup>7</sup>, Aaron B. Wilson<sup>8</sup>, Felipe Medeiros<sup>9</sup>.

<sup>1</sup>Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal - UNISARC. <sup>2</sup>Universidad del Rosario. <sup>3</sup>Universidade Federal de Itajubá. <sup>4</sup>Universidad del Valle. <sup>5</sup>Universidade Federal de Viçosa. <sup>6</sup>Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <sup>7</sup>Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). <sup>8</sup>Ohio State University. <sup>9</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

\*cristian.zuluaga@unisarc.edu.co

Los fenómenos extremos de temperatura y precipitación son los principales desencadenantes de amenazas, como olas de calor, sequías, inundaciones y deslizamientos de tierra, con impactos regionales y locales. Para simular estos eventos en pequeñas escalas, generalmente se han usado los modelos climáticos regionales. Sin embargo, estos generan incertidumbres relacionadas a la interacción entre fenómenos meteorológicos globales y eventos regionales. En ese sentido, los Modelos Climáticos Globales (GCM), como los del Proyecto de Intercomparación de Modelos de Alta Resolución (HighResMIP) del último informe del IPCC, podrían tornarse una interesante herramienta en la estimación de eventos climáticos extremos en pequeñas escalas.

En este trabajo, se evaluó el desempeño de los modelos del experimento HighResMIP calculando índices extremos de temperatura y precipitación (definidos por el ETCCDI) durante los períodos 1981-2014 y 2021-2050, bajo el escenario de cambio climático SSP5-8.5, sobre diez regiones de América Latina y el Caribe. Esto permitió establecer el impacto del aumento de la resolución espacial en la estimación de la variabilidad climática extrema a escala regional. Para esto, los modelos se compararon con diversos conjuntos de datos de referencia, incluidos reanálisis, satélites y productos mixtos. Se utilizaron tres grupos diferentes según la resolución de la cuadrícula de los modelos (sg): (i) baja (0.8°sg1.87°), (ii) intermedia (0.5°sg0.7°), y (iii) alta (0,23°sg0,35°).

Los resultados indican que no hubo evidencia clara que respalde la afirmación de que aumentar la

resolución espacial mejora el rendimiento de los modelos climáticos en la estimación de los extremos de temperatura y precipitación. La mejor opción, para representar estos últimos en la región, continúa siendo el ensamble (promedio) del conjunto de los modelos de HighResMIP, principalmente en su resolución intermedia. Por otro lado, para el clima futuro, las proyecciones indican un consenso sobre el aumento de los extremos climáticos de temperatura y precipitación en la mayoría de las diez regiones.

A pesar de las incertidumbres presentadas en este estudio, los GCM son esenciales para comprender la variabilidad climática y las teleconexiones atmosféricas en posibles escenarios futuros, y así proporcionar herramientas de decisión con base científica para desarrollar planes de adaptación y mitigación. Especialmente en América Latina y el Caribe, donde la vulnerabilidad a los fenómenos climáticos extremos es alta. Futuros estudios deberían utilizar técnicas de corrección de sesgo de GCM con conjuntos de datos de referencia observacionales para construir proyecciones climáticas sólidas en estudios de impacto climático que requieren información de alta resolución horizontal.



## 5. Resúmenes Pósters

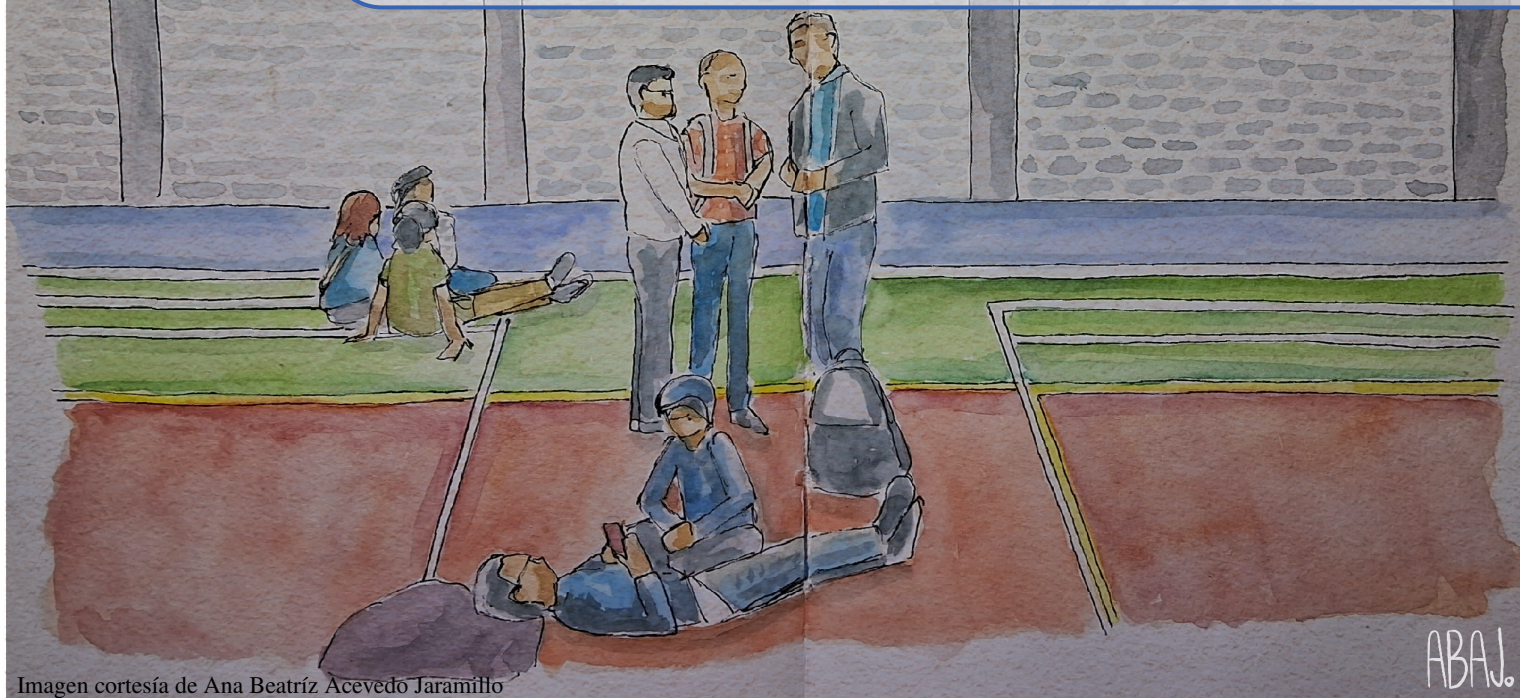


Imagen cortesía de Ana Beatriz Acevedo Jaramillo

### 5.1 Caracterización de la composición isotópica de la precipitación en la cuenca del río Bogotá mediante algoritmos de Machine Learning

Juan Pablo Abril Gutiérrez<sup>1\*</sup>, Adriana Piña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

\*jabrilg@unal.edu.co

La falta de datos e información es una de las problemáticas más grandes a la hora de la toma de decisiones de política pública, por ello, el comportamiento de los fenómenos que constituyen el ciclo hidrológico se suele analizar a partir de modelos. Este estudio pretende predecir la composición de isótopos estables del agua, Deuterio ( $2H$ ) y Oxígeno 18 ( $18O$ ), de la cuenca del río Bogotá a través de una librería de código abierto de Python llamada Isocompy (Hassanzadeh et al., 2023). Esta librería funciona con datos de temperatura, precipitación, humedad relativa, ubicación geográfica y los registros isotópicos disponibles en la zona de estudio. En una primera etapa se realiza una modelación/caracterización hidrológica espacio temporal, que se constituye en un insumo para el modelo termodinámico del comportamiento de los isótopos. Considerando que la información disponible es por lo general escasa y heterogénea, la homogeneización de la información se realiza a partir de pruebas estadísticas y técnicas de inteligencia artificial.. En una segunda etapa, Isocompy utiliza datos de muestras de isotopía con el fin de calibrar un modelo que permita predecir los valores

de isotopía a nivel de cuenca. El modelo predice los valores de isotopía y genera la línea meteórica, junto con mapas de distribución de las variables hidrológicas e isotopía a nivel de cuenca.

En este trabajo, se recopilaron registros isotópicos provenientes de estudios adelantados por diferentes fuentes en la cuenca del río Bogotá, la base de datos de la Red Global de Isótopos en la precipitación (GNIP) y actualmente se adelanta el muestreo de un año hidrológico de la precipitación en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, en colaboración con la Oficina de Gestión Ambiental y el SGC. Esta información es contrastada con las líneas meteóricas construidas para la Sabana de Bogotá y la base de datos globales de isótopos estables en la precipitación, observando diferencias considerables. Finalmente, se evalúa la relación del contenido isotópico de la precipitación y el agua subterránea de la ciudad Bogotá (P/GW), con el fin de evaluar posibles aportes de recarga en el distrito capital.

## 5.2 Distribución espacio-temporal y clima de incendios en Suramérica tropical

Marley Yurani Acevedo Ortiz<sup>1\*</sup>, Paola Andrea Arias Gómez<sup>1</sup>, Fernán Alonso Villa Garzón<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia. <sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*marley.acevedo@udea.edu.co

Los incendios desempeñan un papel fundamental en la configuración de los ecosistemas terrestres generando diversos impactos ecológicos, económicos y socioambientales. La actividad de incendios está controlada por diferentes factores biofísicos, incluido el clima y la meteorología, cuya relevancia varía según las regiones y los paisajes. Aunque se han realizado numerosas investigaciones para analizar las tendencias globales y los factores que influyen en la actividad de incendios, sigue existiendo un vacío en la literatura sobre la relación entre los incendios y la meteorología a escala regional, especialmente en el contexto de los actuales escenarios de cambio climático esbozados en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

La utilización de datos satelitales y análisis espaciales en Sudamérica es limitada si se compara con otras regiones como Australia, Canadá y Estados Unidos creando una brecha de conocimiento. En este sentido y desde el punto de vista de la investigación, existen numerosos retos en el campo de la gestión ambiental, como, por ejemplo, la predicción de dónde es más probable que ocurra un incendio y cómo se prevé que cambien los patrones espaciales y temporales de estos eventos en el futuro. Estos dos aspectos son esenciales para mitigar y gestionar eficazmente el riesgo de incendios, de manera que el objetivo de esta investigación es contribuir con evidencia a la comprensión de la dinámica y el comportamiento de las condiciones meteorológicas que favorecen la ocurrencia de incendios en Suramérica tropical (regiones IPCC NWS y NSA) entre 2002 y 2022 a partir del análisis de datos satelitales provenientes del Espectrorradiómetro de imágenes de media resolución (MODIS) de la NASA y el reanálisis atmosférico ERA5-LAND del Centro Europeo ECMWF.

Nuestros hallazgos preliminares relacionados con la distribución espacial de incendios en Suramérica tropical evidenciaron para el periodo de estudio un ciclo de ocurrencia multianual bimodal en las regiones NWS y NSA, siendo predominantemente mayor en la región NSA en la cual ocurrieron 84,3% de los incendios y cuyos meses de mayores ocurrencias fueron en marzo y agosto. Por su parte en la región NWS fueron en febrero y septiembre. Por otro lado, los años con la mayor ocurrencia



de incendios fue consecuente tanto con los años que exhibieron temperaturas y velocidad del viento más altas, como con los años donde se presentaron las anomalías por encima del promedio histórico, siendo superiores en los años 2007 y 2020 en NWS y 2019 y 2020 en NSA.

Se espera que los resultados finales de este estudio aporten información valiosa que pueda servir de base para el desarrollo de estrategias eficaces de gestión en la zona de estudio. Ya que, si se comprende la influencia de la variabilidad meteorológica en la aparición de incendios, será posible idear medidas adecuadas que permitan anticipar los recursos necesarios para la atención de estos eventos y mitigar sus impactos negativos.

### 5.3 Patrones de circulación atmosférica en el Valle Geográfico del Río Cauca (VGRC) y su impacto en la calidad del aire regional

Andrés Ardila Ardila<sup>1\*</sup>, Felipe Cifuentes Castaño<sup>2</sup>, Carlos Mario González Duque<sup>2</sup>, Daniel Hernandez Deckers<sup>1</sup>, Germán Rueda Saa<sup>3</sup>, Rodrigo Jiménez Pizarro<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

\*avardilaar@unal.edu.co

La calidad del aire regional está condicionada por las emisiones locales de contaminantes atmosféricos y fenómenos como la dispersión atmosférica, sin embargo, la variabilidad anual, interanual y diaria de los fenómenos meteorológicos sinópticos, regionales y locales; y su interacción con la topografía hacen que la dispersión atmosférica sea un fenómeno complejo de comprender. El Valle Geográfico del Río Cauca (VGRC) se ubica al suroeste de Colombia, entre las ramas Central y Occidental de la Cordillera de los Andes a una distancia aproximada de 80 km del Océano Pacífico. En los últimos años sobre el VGRC se ha evidenciado un deterioro en la calidad del aire relacionado principalmente con altas concentraciones de material particulado, sin embargo, aún no es del todo claro el papel que los diferentes fenómenos meteorológicos juegan en la calidad del aire. A través del análisis de información de las estaciones meteorológicas y simulaciones realizadas con el modelo euleriano WRF en dos periodos del 2018 (febrero-abril y julio-septiembre), se han identificado y caracterizado los principales fenómenos que condicionan la dispersión atmosférica, desarrollando así un modelo conceptual de circulación para el VGRC. Como resultado el fenómeno conocido localmente como la marea ventila al VGRC de Oeste a Este entre las 14 y 21 HL con intensidades entre los 5-8 m s<sup>-1</sup>, no obstante, los efectos de la marea sobre el VGRC están condicionados por los pasos de menor altitud de la Cordillera Occidental y el periodo analizado. Los vientos de la marea son producidos por las corrientes de bajo nivel que ingresan desde el Océano Pacífico, conocidas como el Chorro del Chocó, y fenómenos locales como la circulación Valle-Montaña y el resalto hidráulico. El resto del día predominan vientos de baja intensidad (< 2 m s<sup>-1</sup>) con direcciones asociadas a los fenómenos de Valle-Montaña. Por otro lado, la interacción entre la Cordillera Central y los vientos alisios del Este genera un efecto cizalla limitando el transporte vertical hasta los 2 km sobre el nivel medio del VGRC. Esta diferencia entre los patrones de circulación tanto espacial como temporal, genera regiones donde predominan condiciones que favorecen la dispersión y transporte de contaminantes (centro del VGRC) o el estancamiento (sur del VGRC), impactando directamente en la calidad del aire regional.

## 5.4 Impacto del Cambio Climático en los patrones de retrotrayectorias y evaluación de eventos extremos de precipitación y temperatura para un Valle interandino tropical y su región vecina

Isabel Cristina Correa Sánchez<sup>1\*</sup>, Juan Diego Mantilla Quintero<sup>1</sup>, Juliana Benjumea Garcés<sup>1</sup>, Julian Sepúlveda Berrío<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA).

\*isabel.correas@udea.edu.co

Este estudio investiga las condiciones climatológicas y los cambios proyectados en los patrones de retrotrayectorias y en los eventos extremos de precipitación y temperatura en un valle interandino tropical densamente urbanizado, el Valle de Aburrá, y su región vecina, bajo los efectos del cambio climático. Se evaluaron los cambios esperados en la susceptibilidad a incendios en Suramérica y variaciones en los patrones de circulación que favorecen el transporte de materiales desde fuentes externas hacia el valle, para evaluar calidad del aire en la región debido a las fuentes externas, y por otro lado, se evaluaron los cambios en los eventos extremos de precipitación y temperatura en la región. El estudio utilizó un conjunto de modelos de circulación general, incluyendo modelos del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6), así como modelos de alta resolución del proyecto CORDEX (CMIP5), el Proyecto de Intercomparación de Modelos de Alta Resolución (HighResMIP) y el conjunto de datos del subescalamiento de modelos CMIP6 realizado por la NASA (NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections, NEX-GDDP-CMIP6). Los resultados históricos muestran que las variaciones estacionales de la susceptibilidad a incendios están fuertemente influenciadas por la migración latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical. Las proyecciones climáticas futuras sugieren, por su parte, un aumento en las trayectorias de viento desde la región norte de Suramérica, el Orinoco colombiano y el oeste de Venezuela, mientras que aquellas provenientes del Pacífico disminuyen. El índice FWI proyecta un incremento del orden del 25% para finales del siglo XXI, particularmente en regiones fuente para la calidad del aire local. Relacionado a los análisis de los eventos extremos de precipitación y temperatura en la región, los resultados muestran una tendencia pronunciada de calentamiento en la región, con un aumento de las temperaturas promedio de 2 a 3 grados Celsius para finales del siglo XXI. Adicionalmente, los análisis de las proyecciones climáticas sugieren el incremento en la frecuencia e intensidad de eventos de precipitación extrema.

Se obtuvieron proyecciones de 8 índices para extremos de temperatura para el periodo 2030-2099. Estas proyecciones se calcularon para la región de Antioquia, Colombia. Se consideraron dos escenarios de emisiones: SSP5-8.5 y SSP2-4.5. Las proyecciones revelaron tendencias consistentes de calentamiento en la región de estudio bajo los dos escenarios. Se espera que las temperaturas máximas y mínimas diarias aumenten. Además, se observó una disminución en la frecuencia anual de noches frías, siendo más significativas en las regiones montañosas y a lo largo de la costa del Pacífico. Las noches cálidas aumentan para final de siglo, entre tanto, ambos escenarios muestran una disminución de los días fríos. Por último, el escenario SSP 2-4.5 proyecta mayores aumentos en las olas de calor en la región. Los resultados sugieren impactos relevantes del Cambio Climático en el Valle de Aburrá, como en la calidad del aire por las contribuciones de fuentes externas, incrementos en la temperatura y períodos cálidos prolongados, eventos de precipitación extrema más frecuentes e intensos, y cambios en la frecuencia y duración de las sequías.

## 5.5 Similar Teleconnection Patterns of ENSO-NAO and ENSO-Precipitation in Colombia: Linear and Nonlinear Relationships

Diana Cristina Díaz Guevara<sup>1\*</sup>, Gabriel Santiago Gutierrez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

\*dianac.diaz@utadeo.edu.co

The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is the main source of interannual climate variability. Central-Pacific (CP) and Eastern-Pacific (EP) types of ENSO along with their interaction with other ocean-atmosphere processes cause diverse responses in the hydroclimatological patterns of specific regions. Given the impact of ENSO diversity on the North Atlantic Oscillation (NAO), this study aims to determine the relationship between the ENSO-NAO teleconnection and the ENSO-influenced precipitation patterns in Colombia during the December-February period. Precipitation data from 1981 to 2016, obtained from the Climate Hazards Group (CHIRPS) are analyzed in conjunction with 9 ENSO and NAO indices spanning from 1951 to 2016. By utilizing Pearson's correlation and mutual information techniques, 9 scenarios are devised, encompassing ENSO CP and EP events, neutral ENSO years, and volcanic eruptions. These scenarios are then spatially visualized through Kriging interpolation. The results suggest a shift in the direction of the ENSO-NAO relationship when distinguishing between CP and EP events. Higher linear correlations were observed in ENSO CP scenarios ( $r > 0.65$ ) using the MEI and BEST indices, while lower correlations were seen when considering EP events along with the Niño 3 and Niño 1+2 indices. Differences were identified in the linear and nonlinear relationships based on the event type and ENSO index used. Notably, an increase in the nonlinear relationship was observed for EP scenarios when utilizing the SOI index. In conclusion, the relationship between ENSO-NAO and ENSO-influenced precipitation in Colombia follows a similar pattern, exhibiting a more substantial impact during ENSO CP events. This highlights the significance of investigating the impacts of ENSO on hydrometeorological variables in the context of adapting to climate change, all while acknowledging the intricate diversity inherent to the ENSO phenomenon.

## 5.6 Evaluación de Índices de Precipitación Extrema Sobre Suramérica Tropical en Modelos CMIP6

Manuel Felipe Leandro Arévalo<sup>1\*</sup>, Paola Andrea Arias Gómez<sup>1</sup>, Juan Fernando Salazar Villegas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia.

\*manuel.leandro@udea.edu.co

La evidencia científica sugiere que el cambio climático antropogénico tiene el potencial de cambiar la frecuencia y magnitud de los eventos de precipitación al intensificar el ciclo hidrológico, en particular las precipitaciones extremas y la ocurrencia de eventos secos y sequías en diferentes regiones del mundo. El Programa Mundial de Investigación Climática (WCRP) lanzó una nueva fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6) con el objetivo de responder a nuevas preguntas científicas sobre el cambio climático y compartir, analizar y comparar resultados de simulación de los últimos modelos climáticos globales. Las simulaciones históricas de los modelos CMIP6 utilizan forzamientos debidos tanto a causas naturales como a factores humanos (concentración de CO<sub>2</sub>, aerosoles y uso de la tierra), siendo útiles para evaluar las simulaciones no solo del clima promedio sino también de los eventos climáticos extremos. En este trabajo de

investigación, la precipitación histórica simulada se evalúa para 11 modelos CMIP6 utilizando 8 índices de precipitación extrema, tanto húmedos como secos, definidos por el Equipo de Expertos en Detección e Índices del Cambio Climático (ETCCDI) sobre Suramérica tropical. Estos índices calculados con los modelos fueron evaluados frente a los registros de la base de datos de precipitación CHIRPS durante el período 1981 – 2014, en las regiones del noroeste de Suramérica (NWS), el norte de Suramérica (NSA), el noreste de Suramérica (NES) y la región del Monzón de Suramérica (SAM), regiones climáticas que han sido propuestas por el último informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Ambos productos, tanto las observaciones como los modelos, fueron llevados a la misma resolución espacial de  $1^\circ \times 1^\circ$ , y el rendimiento general de cada modelo individual se resume en un diagrama de Taylor basado en tres estadísticas para cada índice, además de un análisis de sesgos utilizando el multimodelo promedio. Finalmente, se realizó un análisis de tendencias para evaluar si los modelos son capaces de capturar las señales de cambio para cada índice, mediante las pruebas no paramétricas de Mann-Kendall y Sen Slope. La mayoría de los modelos CMIP6 estudiados no son capaces de reproducir bien la distribución espacial de los índices, sobreestimando el promedio y la variabilidad de los índices extremos húmedos en las regiones NWS, SAM y NES, y sobreestimando el promedio y subestimando la variabilidad de los índices extremos secos para todas las regiones de estudio. Los modelos CMIP6 individuales que simulan relativamente bien todos los índices extremos son MRI-ESM2-0, NCAR.CESM2 y GFDL-ESM4. En general, los modelos CMIP6 no son capaces de detectar las señales de cambio vistas en las observaciones para los índices de extremos húmedos, pero si son capaces de detectar las tendencias positivas de los índices extremos secos, principalmente en las regiones NES y SAM.

## 5.7 Variabilidad de la Temperatura del aire, Temperatura Superficial del Mar y Cobertura de Hielo Marino asociada con ENSO y SAM en el oeste de la península Antártica durante 1981-2020 con base en datos ERA5

Daniela Montaña Bello<sup>1\*</sup>, María Alejandra López<sup>2</sup>, Nancy Liliana Villegas Bolaños<sup>3</sup>, Igor Málikov<sup>1</sup>. Universidad Nacional de Colombia. <sup>1</sup>Grupo de investigación en Oceanología CENIT. <sup>2</sup>Grupo de Estudios en Asuntos Antárticos GEAA. <sup>3</sup>Departamento de Geociencias.

\*dmontanob@unal.edu.co

Se estudió la climatología y la variabilidad interanual de la Temperatura del Aire ( $T_a$ ), la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) y la Cobertura de Hielo Marino (CHM) para el período 1981-2020 utilizando la reanálisis ERA5 del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) (Herbath et al., 2019). Los datos mensuales fueron extraídos de siete Puntos Representativos (PR) en el Oeste de la Península Antártica (OPA), principalmente en los Estrechos de Gerlache y Bransfield. La ocurrencia de anomalías extremas de  $T_a$ , SST y SIC se compararon con los índices Oscilación del Sur (IOS) y Oscilación Antártica (IOAA). Se encontró que la distribución espacial de  $T_a$  y TSM tienen mayor homogeneidad en 1991-2020. En puntos representativos,  $T_a$  es más variable en el sector donde los vientos predominantes Noroeste se tornan Norte. Por otra parte, los resultados preliminares sugieren que la fase de acoplamiento entre El Niño/Oscilación del Sur (ENSO)/Modo Anular del Hemisferio Sur (SAM) influye considerablemente en la ocurrencia de grandes anomalías de  $T_a$  y CHM, considerando el papel de ambas oscilaciones en la modulación de los vientos del oeste.

## **5.8 Capacidades de los modelos CMAQ y WRF-Chem para la predicción de AOD teniendo en cuenta enfoques modales y seccionales para la representación del comportamiento de aerosoles.**

Juan Sebastián Montealegre Ruiz\*.

\*KAUST University, ing.juan.montealegre@gmail.com

Estudios recientes se han enfocado en comprender el impacto de los aerosoles sobre el clima, debido a su efecto en el balance radiativo de la Tierra. Uno de los parámetros que ha sido usado para entender estos efectos es la profundidad óptica de aerosoles (AOD) que permite medir la carga de aerosoles en la columna atmosférica. Correlaciones entre AOD y el comportamiento estacional de la temperatura del aire han sido reportadas debido a las propiedades de absorción o dispersión de la luz solar que pueden presentar las partículas en la atmósfera.

El AOD se produce al integrar el coeficiente de extinción a lo largo de la columna vertical siendo una medida adimensional de turbidez y degradación solar. Este coeficiente se calcula a partir de características físicas y químicas de los aerosoles, tales como concentración de volumen, distribución de tamaño y composición química. Los Modelos atmosféricos enfocados en estudiar la calidad del aire permiten estimar y predecir el AOD. Un aspecto importante para las estimaciones son los métodos que usan estos modelos para representar el comportamiento y dinámica de los aerosoles. Actualmente, la mayoría de modelos atmosféricos representan el comportamiento de las partículas aplicando métodos seccionales o modales. El método seccional utiliza agrupaciones o bins de tamaño discreto requiriendo una gran cantidad de estos para capturar la distribución de tamaños. Por otro lado, el enfoque modal se basa en la superposición de subdistribuciones lognormales llamadas modos para representar la distribución de tamaños de los aerosoles.

En este trabajo se estudian las capacidades de los modelos CMAQ y WRF-Chem para predecir AOD teniendo en cuenta un enfoque modal y otro seccional. Para ello se presenta un estudio de caso para la zona occidental de Arabia Saudita. Para ello, se realizan simulaciones de un mes en ambos modelos utilizando las mismas condiciones iniciales y de contorno, meteorología y emisiones antropogénicas. El uso de la misma información de entrada en ambos modelos permite comparar la influencia de los diferentes métodos para representar las dinámicas de los aerosoles y su influencia en la estimación del AOD. Las predicciones de AOD son comparadas con las observaciones de AERONET y MODIS para evaluar el rendimiento de los modelos.

## **5.9 Análisis de la modalidad de la precipitación en Colombia con base en la transformada de Fourier**

María Fernanda Moreno Ramón\*.

\*Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, mafmorenora@unal.edu.co

Para analizar la modalidad anual (discriminado entre mono y bimodal) de la distribución de la precipitación para el territorio colombiano se utilizaron los promedios mensuales multianuales de CHIRPS con los cuales se consolidó la información para 37126 puntos en una retícula con celdas de 5.5 km de resolución espacial. A partir de dicha información se calculó la transformada de Fourier para cada punto con el fin de evidenciar la predominancia de procesos con ciclos anuales (primera



frecuencia de la transformada) o bianuales (segunda frecuencia de la transformada). Con base en la relación obtenida para cada punto y aplicando la fórmula  $S1 = \log(F1/F2)$  se clasificó la tendencia en la modalidad de las precipitaciones, para su representación espacial y en virtud de la alta densidad espacial de la información se aplicó Kriging simple para interpolar los puntos y obtener un mapa coroplético a escala nacional.

Los resultados fueron contrastados con los valores S1 obtenidos para datos puntuales de estaciones meteorológicas del IDEAM. Como resultado de la comparación se encontró que ambas fuentes de información tienen valores similares para gran parte del país pero con una marcada diferencia en la zona central de la región Andina donde los valores no son tan marcadamente bimodales para los datos de CHIRPS e incluso hay valores que indican tendencias monomodales en el sur de los departamentos del Cauca y Tolima, y el norte del Valle del Cauca y del Huila.

En cuanto a la distribución de la modalidad en general se encuentra que las regiones Amazónica y de la Orinoquía tienen distribuciones monomodales fuertemente marcadas, esta tendencia también se mantiene en el departamento de Nariño y sur del Valle del Cauca y Huila, pero las zonas montañosas de los estos tienen valores que indican una modalidad no tan marcada. También se encuentra una distribución monomodal en la región Caribe para los departamentos de Córdoba, Sucre y el norte de Atlántico y Magdalena. Para la región andina, el norte de la Pacífica y el suroriente de la región Caribe se presentan los valores más marcados de bimodalidad, sin embargo estos son altamente heterogéneos, siendo la zona norte y centro de la región Andina la que agrupa los valores más marcadamente bimodales. Por otro lado, tendencias más suaves se presentan en el César, el sur de La Guajira, el sur de Bolívar y el piedemonte de los Llanos Orientales especialmente en el Meta y el norte del Caquetá.

## **5.10 Variabilidad de la temperatura superficial del mar no asociada al ENSO en el Pacífico tropical nor-oriental**

Juan Leonardo Moreno Rincon<sup>1,2\*</sup>, Jose Daniel Pabon<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Jorge Tadeo Lozano. <sup>2</sup>Universidad Nacional.

\*jlmr1978@gmail.com

A partir de la identificación de eventos de calentamiento de la superficie del mar en el sector del Pacífico nor-oriental (al menos 4 eventos desde 1980), se realiza un análisis exhaustivo del ocurrido entre 2013 y 2014 y se confirma que no están relacionados con los eventos El Niño. Se señala que los eventos de calentamiento del Pacífico tropical nor-oriental tienen un marcado efecto sobre la precipitación de América Central y del norte de América del Sur. Esta particularidad de los procesos, en este sector del Pacífico tropical, señala la necesidad de establecer un monitoreo más permanente, que sirva de soporte a los sistemas de vigilancia y predicción climática regional.

## **5.11 Caracterización de sistemas convectivos de mesoescala en Suramérica tropical durante 2015-2020**

David Santiago Niño Avellaneda<sup>1\*</sup>, Germán Poveda<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

\*dsninoav@unal.edu.co

Se realiza una caracterización de los Sistemas convectivos de mesoescala (SCM) en Suramérica tropical durante el periodo 2015-2020 a través del algoritmo PyFLEXTRKR que permite el seguimiento y análisis de nubes convectivas, considerando la variabilidad espacio temporal de la precipitación asociada con los SCM y su ciclo diurno de ocurrencia. El uso de información de satélites tanto geoestacionarios (para medir la temperatura de brillo en el tope de la nube) como de baja órbita (para estudiar la precipitación y su estructura vertical), genera una herramienta precisa para estudiar la variabilidad espacio temporal de los SCM. El análisis se realiza para siete regiones de Suramérica Tropical: Centro de la Amazonia, Este de la Amazonia, Sur de la Amazonia, Oeste de la Amazonia, Colombia, Océano Pacífico y Mar Caribe. A través de la cuantificación de los eventos ocurridos y de la precipitación asociada a los mismos, se evidencia que las regiones del Occidente Colombiano y la Amazonía presentan alta ocurrencia de SCM. Adicionalmente, gran porcentaje de la precipitación en la región de estudio es responsabilidad de los SCM y existe una variabilidad temporal trimestral de la frecuencia en que ocurren los eventos y la cantidad de precipitación que generan. Mediante el análisis de variables como la duración, el área y la intensidad de la precipitación, se observa que son eventos con características homogéneas en las distintas regiones. A través de las observaciones horarias de las trayectorias de los SCM se evidencia que tienen ciclos diurnos marcados para el inicio de la convección y para la etapa madura del sistema, para la etapa de iniciación existe un pico en horas del mediodía y la tarde, la etapa madura tiene su máximo de ocurrencia en la noche y la etapa de finalización y disipación no presenta ningún patrón diurno identificable.

## 5.12 Intercomparación de sensores meteorológicos: Caso de estudio en el Valle de Aburrá

Laura Ortiz Gaviria<sup>1\*</sup>, Isabel Acero Ramírez<sup>1</sup>, Daissy Herrera Posada<sup>1</sup>, Julián Sepúlveda Berrío<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>SIATA

\*laura.ortiz@siata.gov.co

La comprensión de fenómenos hidrometeorológicos en diferentes escalas de tiempo y espacio dependen de herramientas de monitoreo, medición y estimación de variables ambientales. Esto adquiere mayor relevancia en regiones tropicales con topografía compleja debido a la falta de información y las dificultades propias de la instalación y mantenimiento en el tiempo de las redes de monitoreo.

En búsqueda de incrementar el conocimiento sobre fenómenos específicos relacionados con la precipitación, cambios en los vientos, temperatura y humedad; se han llevado a cabo campañas intensivas de observación en regiones identificadas; aunque varias de estas campañas a menudo proporcionan alta resolución de los datos enfrentan desafíos de sostenibilidad en el largo plazo, además de la incertidumbre inherente de los sensores para representar de forma realista la variabilidad de la fenomenología en las regiones tropicales de alta montaña.

El proyecto SIATA tiene como propósito el monitoreo, modelación e investigación de variables hidrometeorológicas en el Valle de Aburrá, con el fin de comprender las amenazas medioambientales del territorio y dar respuesta a la creación de sistemas de alerta temprana que apoyen a la gestión del



riesgo de desastres. El proyecto cuenta con sensores en tierra que brindan información de variables como la precipitación, temperatura, humedad, presión, magnitud y dirección del viento, entre otros.

Para garantizar la fiabilidad de los datos, se han implementado dos puntos multisensor dentro del valle de Aburrá, cada uno cuenta con diferentes tecnologías de medición para el monitoreo de variables meteorológicas. Dado esto, se tiene como principal objetivo realizar la comparación de los registros obtenidos en estos puntos multi-sensor para evaluar, a través de distintas técnicas estadísticas, las diferencias de las variables meteorológicas, principalmente la humedad relativa y la precipitación. Se hace especial énfasis en las particularidades asociadas con la tipología del sensor y los principios de medición correspondientes. Adicionalmente, se utiliza una estación con certificación de calibración como referencia para su comparación con las estaciones compactas que conforman la red de monitoreo meteorológico. A partir de esto es posible identificar la variabilidad de las magnitudes registradas en cada estación teniendo en cuenta la modulación del ciclo anual de insolación y su influencia en la caracterización del ciclo diurno de cada variable.

### 5.13 Análisis de las granizadas en Colombia.

Zaida Yamile Peña Beltrán\*.

\*Universidad Nacional de Colombia, [zyphenab@unal.edu.co](mailto:zyphenab@unal.edu.co)

A partir de datos históricos de registros de periódicos nacionales, regionales, de archivos y bases de datos especializadas, se identificaron 468 granizadas en diferentes regiones del país. Se analizó el comportamiento de diferentes variables (índices de inestabilidad, viento, humedad relativa, la altura de la isoterma de 0 °C y precipitación) de simulaciones horarias generadas por el modelo Weather Research Forecasting (WRF) en cada evento de granizada, estableciendo umbrales en los que tales granizadas ocurrieron para tener un elemento de estimación de probabilidad de granizada. Se ajustaron los datos por orografía, pendiente, altitud a nivel del mar y la dirección del viento, y se generaron series de probables granizadas para una grilla de 10x10 km, las cuales se validaron frente a las registradas. Con estas series se establecieron los patrones espaciales y el ciclo anual de las granizadas para construir la climatología de este fenómeno en Colombia. Se obtuvo que las zonas con mayor probabilidad de granizadas se encuentran en zonas montañosas (cordillera Occidental, cordillera Central y cordillera Oriental) y en la Sierra Nevada de Santa Marta, especialmente en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Valle del Cauca, Cauca, Norte de Santander, Santander, Cundinamarca y Boyacá.

### 5.14 Influencia de la variabilidad climática en la incidencia de la malaria en Colombia utilizando machine learning

Laura Perez Ríos<sup>1</sup>\*, Isabel Cristina Hoyos Rincón<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad del Quindío.

\*[lperezr@uqvirtual.edu.co](mailto:lperezr@uqvirtual.edu.co)

El presente trabajo tiene como objetivo suministrar evidencia del impacto de la variabilidad climática sobre la salud humana. Se presenta una alternativa de análisis de datos abordado desde la cosmovisión que presenta la física, utilizando la herramienta de los modelos matemáticos basados en machine learning para la clasificación de la incidencia de la malaria relacionado con el estudio simultáneo

de datos meteorológicos y de salud pública. A lo largo del documento se presentan hallazgos y herramientas utilizadas en el estudio de la influencia de las variables climáticas, temperatura, precipitación y humedad en la incidencia de eventos de interés en salud pública en Colombia. Además, en este modelo se incluye una nueva variable relacionada con el contexto social de cada municipio como lo es el índice de pobreza multidimensional. Finalmente, se pretende relacionar el número de eventos de Malaria con las variables climáticas a través de un modelo tipo sistema dinámico, y obtener resultados que permitan analizar esta correlación.

### **5.15 Desarrollo de dispositivos de bajo costo para la medición de interacciones agua superficial – agua subterránea**

Julián Mateo Pérez Mesa<sup>1\*</sup>, Adriana Piña Fulano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*jperezme@unal.edu.co

En el país, las interacciones agua superficial -agua subterránea (AS-AS) han sido pobremente cuantificadas. Sin embargo, es un hecho que los acuíferos aportan flujos a las fuentes superficiales, que permiten que ríos, quebradas, ciénagas y humedales conserven sus niveles en épocas de estiaje, y consecuentemente contribuyan a la conservación de los ecosistemas y las dinámicas socio-culturales de ciertas regiones. No obstante, la adquisición de información de campo que permita dicha cuantificación se ve limitada ante las dificultades, tanto técnicas como económicas, que implica realizar mediciones, monitoreo y seguimiento de flujos de AS-AS. En este proyecto, proponemos el desarrollo de dispositivos de medición de bajo costo, utilizando materiales altamente accesibles y que sean de utilidad para: i) colección de muestras de agua lluvia para su caracterización hidroquímica e isotópica, ii) minipiezómetros para medir direcciones de flujo, desde fuentes superficiales hacia fuentes subterráneas o viceversa e, iii) infiltrómetros, para cuantificar la magnitud de dichos flujos.

Estos dispositivos han sido probados exitosamente en tres pruebas piloto: campus de la Universidad Nacional de Colombia, Humedal Torca y Páramo de Chingaza, representando una oportunidad para de manera integral comprender la interacción del agua superficial y subterránea en diferentes contextos. Se espera así lograr adquirir información cuantitativa para alimentar modelos hidrogeológicos que sirvan de herramienta para la gestión del .

### **5.16 Describiendo la conectividad climática de los páramos colombianos mediante la teoría de grafos**

Tatiana Andrea Prada López<sup>1\*</sup>, Isabel Cristina Hoyos Rincon<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Grupo de Física Teórica y Computacional.

\*tapradal@uqvirtual.edu.co

Los páramos son ecosistemas de alta montaña caracterizados por una prominente diversidad biológica. Las zonas de páramo ocupan apenas un 2% de la superficie del territorio colombiano. Pese a esta pequeña fracción, Colombia es el país con mayor extensión de estos ecosistemas. Los páramos cumplen la función ecológica de recarga y regulación hídrica necesaria para las diferentes actividades humanas, agropecuarias, y de generación de energía hidroeléctrica. A pesar de su distanciamiento

geográfico, los páramos en Colombia pueden presentar conectividad entre ellos.

En este trabajo, diseñamos un grafo, cuyos nodos corresponden a los ecosistemas de páramo registrados en los Andes colombianos. Cada nodo del grafo representa un páramo y los enlaces entre cada par de nodos se cuantifican mediante una función empírica donde las variables de la función corresponden a variables de estado como temperatura, precipitación total, flujo de humedad y flujo de vapor de agua. Con esta función se establece el grado de conectividad del nodo y la robustez del enlace.

Al momento de llevar a cabo la presente investigación, no se hallan estudios publicados en lo referente a la interconectividad ecosistémica entre páramos; históricamente abordados como ecosistemas independientes o completamente aislados. Así mismo, la aproximación a los sistemas de páramos como una red ecosistémica independiente y funcional en el contexto de la mitigación del cambio climático no ha sido propiamente evaluada. Es por esto que, este modelo busca evaluar el cambio estructural de las propiedades del grafo cuando los mecanismos de conexión se modifican en concordancia con el cambio climático. Por ejemplo, la cuantificación de la pérdida potencial de conectividad o el cambio en las propiedades estadísticas de la red bajo ciertos escenarios de interés.

### 5.17 Calentamiento Dependiente de la Altura en los Andes colombianos

Evelyn Taborda Moncada<sup>1\*</sup>, Paola Andrea Arias Gómez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia.

\*evelyn.taborda@udea.edu.co

Las montañas cubren alrededor del 25% de la superficie terrestre y, debido a su mayor elevación en comparación con el paisaje circundante, representan un componente fundamental de la criosfera e influyen significativamente en las zonas bajas. De acuerdo con diferentes estudios, estas áreas muestran un Calentamiento Dependiente de la Altura (EDW por sus iniciales en inglés) que puede estar caracterizado por el incremento de temperaturas superficiales en la medida en que se aumenta la elevación, pero que también puede manifestarse con un comportamiento opuesto. Algunos estudios sugieren una mayor sensibilidad de estas zonas al cambio climático, con una tendencia de incremento de las temperaturas de 0,3°C/década en comparación con la tendencia mundial de 0,2°C/década.

Investigar el EDW es complejo debido a la falta de información en regiones de montaña, particularmente en el Sur Global, por lo que es indispensable hacerlo para encaminar medidas que ayuden a las comunidades que viven cerca, aproximadamente el 12% de la población mundial. Para Colombia, la revisión de literatura de este estudio no identificó publicaciones que analicen directamente el EDW. Sin embargo, uno de los cambios notorios en la criosfera de las montañas colombianas, según el IDEAM, es la disminución de las masas glaciares, con pérdidas cercanas al 26% durante las últimas décadas. En esta región se encuentra una gran diversidad de ecosistemas, entre ellos los páramos, ecosistemas endémicos de los Andes, que constituyen el hábitat de numerosas especies y ofrecen diferentes servicios ecosistémicos. Más aún, los páramos son una fuente de agua para grandes asentamientos humanos.

Debido a la poca disponibilidad de información in situ, esta investigación busca determinar la existencia de EDW y su variabilidad interanual en los Andes colombianos a partir de información

temperaturas mínimas, medias y máximas de estaciones IDEAM, y de temperaturas medias provenientes de ERA-5, durante tres períodos (1980 - 2020, 1980 -2010 y 1990- 2020) para cada una de las tres cordilleras colombianas a lo largo de su gradiente altitudinal. La información de IDEAM identifica un aumento de temperaturas sobre los Andes colombianos, aunque no se evidencia la existencia de EDW. Por su parte, los registros de ERA5 indican la existencia de un EDW en las tres cordilleras, aunque solo la cordillera Occidental y la cordillera Oriental muestran una señal estadísticamente significativa. En particular, el EDW identificado mediante la información de ERA5 sugiere que la tasa de calentamiento disminuye a lo largo del gradiente altitudinal de los Andes. Para el caso de la cordillera Occidental, se identificó un EDW cercano a  $-0,02$  °C /década km mientras en la cordillera Oriental, los valores oscilan entre  $-0,01$  y  $-0,02$  °C/década km para los tres periodos definidos. La ausencia de un EDW en la información de IDEAM, en comparación con ERA5, puede asociarse a la escasa disponibilidad de estaciones, particularmente para alturas superiores a los 3000 m.s.n.m. Es importante continuar ahondando en este tipo de estudios, en particular para identificar si otras bases de datos pueden representar de forma más confiable el comportamiento de los cambios de temperatura en los Andes tropicales.

### 5.18 Análisis de modelos de aprendizaje automático para la predicción de irradiancia solar a corto plazo con enfoque en la gestión de energía de microrredes

Kevin Andrés Timarán Potosí<sup>1\*</sup>, Wilson Olmedo Achicanoy Martínez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Nariño.

\*katp1307@udenar.edu.co

El uso de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica requiere de atención frente a los retos que impone el cambio climático. En el caso de las microrredes que usan generadores fotovoltaicos, el pronóstico de la irradiancia solar es de vital importancia para la optimización del despacho de la potencia eléctrica, que busca cumplir con la demanda y con el menor costo de generación. La irradiancia se encuentra condicionada por factores geográficos y atmosféricos, convirtiéndola en un proceso estocástico de difícil pronóstico. En la actualidad, se cuenta con una línea base de métodos físicos, estadísticos y del machine learning que funcionan relativamente bien y según la disponibilidad de los datos atmosféricos de las locaciones. Sin embargo, el cambio de las condiciones iniciales, las no linealidades y el pasado de los procesos se puede modelar con mayor exactitud con técnicas del deep learning. Por esta razón, en esta investigación se propone el análisis y comparación de modelos de predicción basados en redes neuronales recurrentes (Long Short-Term Memory – LSTM, Gated Recurrent Unit – GRU), redes convolucionales (Dilated Convolutional Neural Network - CNN-D) y modelos híbridos (CNN-LSTM), para diferentes horizontes de pronóstico y a partir de conjuntos de datos limitados y que provienen de puntos de seguimiento meteorológico primarios y secundarios. Para esto, se recopilieron datos provenientes de dos estaciones meteorológicas: una local, ubicada en el campus universitario de la Universidad de Nariño en la ciudad de Pasto (Nariño, Colombia), y una satelital de acceso gratuito configurada sobre el mismo lugar. Con estos datos, y usando una técnica de K-folds para mejorar la exactitud y evitar el sobreajuste, se entrenaron, validaron y probaron los modelos antes mencionados para horizontes de 1/2, 1, 3, 6, 9 y 12 horas. El rendimiento de cada uno de los modelos se evaluó utilizando métricas estadísticas estándar, tales como el Error Cuadrático Medio (MSE), la Raíz del

Error Cuadrático Medio (RMSE), el Error Absoluto Medio (MAE) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). De esta manera, se pudo llevar a cabo una comparación precisa de la capacidad predictiva de los modelos en los distintos intervalos de pronóstico. Los resultados obtenidos indican que el error de predicción aumenta conforme los horizontes de predicción se hacen más grandes, siendo los de mejores pronósticos para muy corto plazo las redes recurrentes LSTM y GRU. Los modelos de mejores prestaciones serán incluidos en el sistema SCADA de la microrred de la Universidad de Nariño, para dar soporte a la estimación de la potencia disponible para su gestión.

### 5.19 Influencia de las Ondas Tropicales del Este en el ChocoJet durante la Campaña de OTREC

Maria Juliana Valencia Betancur<sup>1\*</sup>, Johanna Yepes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

\*julia.valencia@colmayor.edu.co

Este estudio investiga cómo el paso de las ondas tropicales del este (TEW, por sus siglas en inglés) por el Oeste del Caribe (80°W), influye en las dinámicas del chorro de bajo nivel del Choco (ChocoJet), un chorro que modula los patrones de precipitación sobre el este del Pacífico y el Norte de Sur América. En este estudio usamos datos de la campaña OTREC, datos del reanálisis atmosférico ERA5 y datos de GPM-IMERG, con el fin de analizar los patrones de circulación y precipitación durante los días de TEW convectivamente acopladas y los días de TEW no-convectivamente acopladas, comparándolas con los días sin TEWs. Nuestros resultados indican que durante los días con TEWs convectivamente acopladas, el ChocoJet se fortalece y toma una dirección más del Sur, al mismo tiempo que la Zona de Convergencia Intertropical se desplaza hacia el norte provocando un aumento en la precipitación sobre el oeste del Caribe y condiciones más secas en el Pacífico colombiano. Por otro lado, los días con TEWs no-convectivamente acopladas muestran una reducción de la precipitación y del agua precipitable sobre el Caribe, y un aumento de la precipitación en el Este del Pacífico (costa occidental Colombiana), con un flujo del Nordeste a 850 hPa que fluye sobre un ChocoJet más débil, menos profundo y más del oeste. Además, las TEWs convectivamente acopladas están asociadas a un gradiente de presión más débil entre el Oeste del Caribe y el Este del Pacífico en comparación con las TEWs no-convectivamente acopladas. Estas relaciones de circulación-precipitación a escala sinóptica, observables y predecibles, contribuyen a una mejor comprensión de la variabilidad hidrometeorológica en la región.

### 5.20 Estacionalidad de la precipitación y la convección atmosférica en las cuencas del Amazonas y Orinoco colombiano

Francy Alejandra Vanegas Izquierdo<sup>1\*</sup>, Daniel Hernandez Deckers<sup>1</sup>.

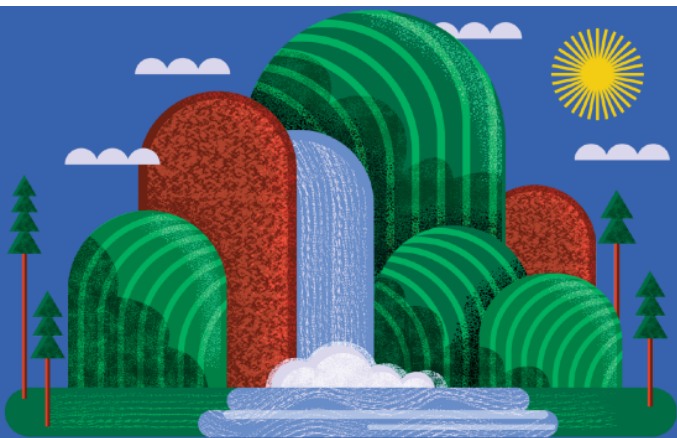
<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia.

\*favanegasi@unal.edu.co

La convección atmosférica es el principal mecanismo responsable de la precipitación en regiones tropicales y ecuatoriales, cuyos regímenes de lluvias son altos, lo cual implica que existe una relación entre los eventos de convección y de precipitación. Sin embargo, se ha evidenciado que en la región de la Orinoquía y Amazonía colombiana no hay total concordancia en la estacionalidad de la precipitación y la convección profunda. Este estudio busca, por lo tanto, comprender mejor la

relación existente entre precipitación y convección profunda en esta región del país. Para ello se identifican eventos de convección profunda en el período 2011-2021 a partir de la temperatura de brillo medida por los satélites geoestacionarios GOES-13 (banda 4) y GOES-16 (banda 13), y se hace una comparación con la precipitación registrada en estaciones in-situ y con la precipitación estimada por el sistema IMERG. Los resultados preliminares confirman que la convección profunda en esta región presenta una distribución bimodal, opuesto a su régimen de precipitación, el cual es unimodal. Aquí se presentarán los resultados preliminares que permiten comprender mejor esta importante diferencia en su estacionalidad.





I

Simposio

RED DE INVESTIGADORES  
DE CIENCIAS ATMOSFÉRICAS  
EN COLOMBIA