

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN JUNIOR PIJ-18-05

"Desarrollo de modelos de la fase de precipitación y análisis de la sensibilidad a variables atmosféricas en un nevado tropical: el caso del glaciar 12-Antisana en Ecuador."

En la ciudad de Quito D.M., a los veinte y un días del mes de junio del año dos mil veinte y dos, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Junior **PIJ-18-05 "Desarrollo de modelos de la fase de precipitación y análisis de la sensibilidad a variables atmosféricas en un nevado tropical: el caso del glaciar 12-Antisana en Ecuador"**, por una parte, la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Lenin Vladimir Campozano Parra** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Junior PIJ-18-05**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) El 19 de junio de 2018, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social - CIPS, mediante Resolución R088/18, se aprueba el cronograma para la Convocatoria de Proyectos de Investigación 2018. Mediante resoluciones R090/18 del 10 de julio de 2018, R096/18 del 31 de julio de 2018, y R160/18 del 13 de noviembre del 2018, CIPS aprueba reformas al cronograma para la Convocatoria de Proyectos de Investigación 2018.
- b) El 5 de febrero de 2019, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación y Proyección Social, mediante Resolución RCIPS-028-2019, se aprobó el "Informe Final Proyectos de Investigación - Convocatoria 2018", donde se mostraron los resultados y los proyectos aprobados; entre ellos se encuentra el Proyecto Junior denominado *"Desarrollo de modelos de la fase de precipitación y análisis de la sensibilidad a variables atmosféricas en un nevado tropical: el caso del glaciar 12-Antisana en Ecuador"* del Dr. Lenin Campozano
- c) Mediante Memorando EPN-VIPS-2019-0228-M del 8 de febrero de 2019 se notifica la aprobación del proyecto, y mediante Memorando EPN-VIPS-2019-0437-M del 19 de marzo de 2019, se informa a los Directores de los Proyectos Junior 2018 que la fecha de inicio de los proyectos es el 1 de abril del 2019.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PIJ-18-05
Nombre del Proyecto	Desarrollo de modelos de la fase de precipitación y análisis de la sensibilidad a variables atmosféricas en un nevado tropical: el caso del glaciar 12-Antisana en Ecuador
Director del Proyecto	CAMPOZANO PARRA LENIN VLADIMIR
Codirector del Proyecto	ZAPATA RIOS XAVIER EDUARDO
Colaboradores del Proyecto	VILLACIS ERAZO MARCOS JOSHUA MAISINCHO GUAGRILLA LUIS RIGOBERTO (Externo)
Departamento	Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Línea de Investigación	-Meteorología y climatología aplicada -Hidrología, hidrogeología y recursos hídricos
Objetivo	Desarrollar modelos de la fase de precipitación y analizar la sensibilidad a variables atmosféricas en el glaciar 12 del nevado Antisana del Ecuador.
Duración del Proyecto	-Fecha de Inicio: 2019-04-01 -Fecha de Fin Planeada: 2021-03-31 -Fecha de Fin Real: 2021-03-31 -Duración total: 24 meses
Entrega del Informe Final	1 de julio de 2021
Presupuesto asignado	\$ 73.886,60 USD
Presupuesto ejecutado	\$ 68.577,67 USD

3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando EPN-PIJ-18-05-2021-0024-M del 1 de julio de 2021, el Dr. Lenin Campozano, Director del Proyecto de Investigación Junior PIJ-18-05, presenta el Informe Final del Proyecto Junior que dirige y mediante Memorando EPN-PIJ-18-05-2022-0002-M del 11 de mayo de 2022 remite el informe final corregido, mismo que es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- Por primera vez, se aplicó un acoplamiento entre el balance energético de superficie distribuido y un reservorio lineal para relacionar el forzamiento atmosférico con la ablación y la descarga del glaciar sobre la cuenca del glaciar 12 en el volcán Antisana. Las validaciones secuenciales evalúan el modelo de forma integrada y permiten una adecuada realización de la ablación a escala local y en todo el glaciar. Se verificó que la radiación de onda corta fue el principal flujo de energía de fusión sobre el perfil altitudinal, y así controla las variaciones de escorrentía potencial.
- La cobertura de nubes y el albedo a través del espesor de las nevadas que afectan la onda corta incidente y reflejada, son los verdaderos impulsores del deshielo y la descarga durante los meses con viento moderado. Mientras que en la temporada julio-septiembre la variable más importante para describir la ablación fue la velocidad del viento. Estos resultados son cruciales en los trópicos interiores ya que la precipitación y la nubosidad ocurren durante todo el año, lo que produce una contribución continua del espesor de la nieve al albedo.
- La fuerte variabilidad de temperatura y humedad en la zona tropical provoca que el tipo de precipitación en las zonas altas dependa de la temperatura y humedad. Para estudiar los tipos de hidrometeoros durante la precipitación se instaló un disdrómetro Parsivel OTT2 en la morrena del glaciar 12 del volcán Antisana caracterizado por fuerte variabilidad de la velocidad del viento y la temperatura. Por lo que las distribuciones de tamaño y velocidades son propensas a la clasificación errónea de partículas durante velocidades de viento fuertes. Por lo que fue necesario aplicar un procedimiento para filtrar y corregir estas distribuciones.
- En este estudio se ha tratado de evaluar las correcciones aplicadas a eventos de nieve y lluvia de acuerdo a diferentes regímenes de viento. Se encontró que las correcciones filtraron las partículas pequeñas que cayeron cerca de los bordes del área de muestreo y las partículas con diámetros mayor a 4 mm y velocidades de caída irrealmente lentas (1–2) ms⁻¹.
- El viento incrementó la frecuencia de colisión y ruptura; además redujo las concentraciones de partículas largas. Adicionalmente durante los eventos de lluvia con fuertes vientos se redujo la concentración de partículas de hielo y nieve posiblemente relacionada con el incremento de calor sensible que derritió los cristales e incremento la concentración de gotas de lluvia pequeñas.
- La fase de precipitación tiene un papel fundamental en el ciclo hidrológico y los flujos de energía entre la tierra y la atmósfera, que a su vez afectan al sistema climático. Las tendencias continuas hacia una relación decreciente de nieve a lluvia debido al cambio climático, indican que el tiempo y la duración del flujo de la corriente se verán afectados. Por lo tanto, un mejor conocimiento sobre la composición de la fase de precipitación, los principales impulsores meteorológicos y la predicción puede ayudar a tomar decisiones más informadas para una mejor gestión de los

recursos hídricos, especialmente en ciudades que dependen del agua proveniente de los glaciares y la urbanización constante y el cambio de uso del suelo.

- Tradicionalmente, los modelos logísticos clásicos se basaban en la temperatura del aire para predecir la FP. Los modelos más recientes utilizaron la temperatura del hidrometeoro o la temperatura del punto de rocío. Sin embargo, los procesos relacionados con FP son muy complejos, por lo que se utilizó un enfoque de minería de datos, bosque aleatorio, para inferir el principal impulsor meteorológico de PP. Curiosamente, la humedad específica y la temperatura del punto de rocío fueron los impulsores más importantes de los índices MDA y MDG, seguidos de la radiación de onda larga saliente, la velocidad del viento y la temperatura del hidrometeoro.
- La capacidad de los modelos logísticos clásicos, ANN y RF, utilizando varias métricas estadísticas de desempeño de cantidad y ocurrencia, los resultados muestran que las técnicas de inteligencia artificial claramente tienen un mejor desempeño, con los modelos RF mostrando la capacidad para capturar mejor la variabilidad de la fase sólida, mixta y líquida.

PRODUCTOS:

- Artículo publicado: "*Assessing the contribution of glacier melt to discharge in the tropics: the case of study of the Antizana Glacier 12 in Ecuador*"; Luis Felipe Gualco, Luis Maisincho, Marcos Villacís, Lenin Campozano, Vincent Favier, Jean-Carlos Ruiz-Hernández and Thomas Condom.; *Frontiers in Earth Science* (Indexado Scopus Q1); 2022; ISSN: 22966463; DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2022.732635>.
- Artículo publicado: "*Corrections of Precipitation Particle Size Distribution Measured by a Parsivel OTT2 Disdrometer under Windy Conditions in the Antisana Massif, Ecuador*"; Gualco Luis, Campozano Lenin, Maisincho Luis, Robaina Leandro, Muñoz Luis, Ruiz-Hernández Jean Carlos, Villacís Marcos, Condom Thomas; *Water* (Indexado Scopus Q1); 2021;ISSN 20734441; DOI: <https://doi.org/10.3390/w13182576>.
- Artículo publicado: "*Parsimonious Models of Precipitation Phase Derived from Random Forest Knowledge: Intercomparing Logistic Models, Neural Networks, and Random Forest Models*"; Campozano Lenin, Robaina Leandro, Gualco Luis, Maisincho Luis, Villacís Marcos, Condom Thomas, Ballari Daniela, Páez Carlos; *Water* (Indexado Scopus Q1); 2021;ISSN 20734441; DOI <https://doi.org/10.3390/w13213022>
- Proyecto de titulación: "*Evaluación del impacto de la asimilación de observaciones en pronósticos meteorológicos a corto plazo en el páramo del Antisana*"; Muñoz Pabón, Luis Eduardo; Ingeniero Ambiental; 2021; https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=90764&shelfbrowse_itemnumber=104587
- Otros:
 - Librería DisdroAndes, Plataforma: Cran; Lenguaje de desarrollo: R; Autores: Gualco Centeno Luis Felipe, Campozano Lenin, Robaina Leandro, Maisincho Luis, Villacís Marcos, Condom Thomas
 - Repositorio de extracción de datos; <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScKk0E58rNXquvzKIsd8R6uBgS1srHiamJEvKPQTD-PktDamQ/viewform>

- Portal web MetClima:
<https://demostemas.epn.edu.ec/pruebasmetclima/index.php/noticias/41-ranking-del-grupo-metclima>

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El monto asignado al Proyecto de Investigación Junior PIJ-18-05 fue de \$ 73.886,60 USD (*setenta y tres mil ochocientos ochenta y seis dólares americanos, con 60/100*), y se ejecutaron \$68.557,67 USD (*sesenta y ocho mil quinientos cincuenta y siete dólares americanos, con 67/100*), conforme al detalle emitido por la Unidad de Gestión de Investigación y Proyección Social del Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, que se adjunta a la presente Acta y forma parte integrante de la misma.

5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Junior PIJ-18-05 "*Desarrollo de modelos de la fase de precipitación y análisis de la sensibilidad a variables atmosféricas en un nevado tropical: el caso del glaciar 12-Antisana en Ecuador*".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los veinte y un días del mes de junio del año dos mil veinte y dos.

Dra. Alexandra Alvarado
Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Vinculación

np/cc

Dr. Lenin Campozano
Director del Proyecto
PIJ-18-05