



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2018**

Propuesta de proyecto Junior

Título: “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: Lenin V. Campozano PhD
Co-Director: Xavier Zapata PhD**

Quito, 01 de agosto del 2018

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Departamento de Ingeniería civil y ambiental

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Meteorología y Climatología aplicada
2. Hidrología , hidrogeología y Recursos Hídricos

CAMPO DEL CONOCIMIENTO (Ver Anexo A: Detalle de los campos del conocimiento)

Campo amplio	Campo detallado	Campo específico
Ciencias Físicas, ciencias naturales, Matemáticas y Estadísticas	Ciencias Físicas	Ciencias de la Tierra

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	X
Ingeniería y Tecnologías	
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	X
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	

Alcance Territorial (Marque X, solamente una opción)

Institucional		Nacional	
Parroquial		Internacional	X
Cantonal		No definido	
Provincial			



1	Proyecto de Investigación
	Título (mínimo 10 palabras): 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
	Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>Los glaciares complementan el caudal existente en los ríos de montaña durante la época seca. Esta contribución potencial adicional ha sido estimada, llegando a representar el 17% de agua consumida en el DMQ durante un mes extremadamente seco. Sin embargo, el aporte de los glaciares al caudal depende de la fase de precipitación (FP), como lluvia, nieve o mixta. Las condiciones atmosféricas que determinan la FP han sido ampliamente estudiadas en el hemisferio norte, pero el estudio de la FP en glaciares tropicales es muy limitado. El objetivo principal de este proyecto es evaluar las variables atmosféricas que determinan la FP en el glaciar 12 del Antisana (2006-2018), que forma parte de la red de monitoreo regional desde 1997 y global desde 2004 con el apoyo de los países locales y la cooperación francesa. Esto permitirá conocer el proceso y evolución de la FP en el trópico interno. Además servirá para evaluar los impactos presentes y futuros del cambio climático sobre el glaciar Antisana, condiciones que podrían limitar la disponibilidad del recurso agua en cuencas de alta montaña. También se desarrollarán modelos predictores clásicos y de redes neuronales de la FP que servirán como referencia para los glaciares Tropicales Andinos.</p>
	Palabras clave (4-6): Glaciar tropical, nieve en Ecuador, modelo empírico, predictor de nieve

2	Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	---

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- a. Desarrollar modelos de la fase de precipitación y analizar la sensibilidad a variables atmosféricas en el glaciar 12 del nevado Antisana en el Ecuador

2.1.2 Objetivos Específicos



- a. Desarrollar un protocolo para estimar la fase de precipitación utilizando los datos provenientes del Disdrómetro instalado en la morrena frontal del glaciar 12.
- b. Analizar la relación entre las variables meteorológicas y la fase de precipitación.
- c. Desarrollar y comparar modelos empíricos logísticos y de redes neuronales para la determinación de la fase de precipitación.

2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. Las relaciones empíricas entre las variables meteorológicas y la fase de precipitación a determinar pueden ser extrapolables a regiones tropicales a altura similar
- b. Los modelos desarrollados son empíricos los cuales son una primera aproximación a un modelo conceptual

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- a. La fase de precipitación es sensible a la temperatura del aire.
- b. El umbral de temperatura para la fase líquida de precipitación es cercano a 3° C.
- c. El umbral de temperatura es similar a los encontrados en nevados de Bolivia a alturas similares.
- d. Los modelos empíricos tienen mejores resultados que los modelos de redes neuronales.

2.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Desarrollo de un protocolo fácilmente accesible a la información del disdrómetro que proporcione la FP. De este objetivo se desarrollará una publicación en un congreso donde se presenta una herramienta de acceso a la fase de precipitación del disdrómetro.
- b. La determinación de la relación entre variables meteorológicas y la FP, e identificación de las variables atmosféricas de principal influencia FP. Como producto de estos resultados se realizará una publicación para una revista indexada en relación al análisis de sensibilidad de la FP a las variables atmosféricas estudiadas como temperatura, humedad del aire, velocidad del viento, temperatura del suelo.
- c. Un modelo empírico logístico y un modelo de redes neuronales que relacionen variables atmosféricas y la fase de precipitación. Como producto de los resultados de este objetivo se realizará una publicación donde se evalúan los métodos logísticos y de redes neuronales para la determinación de la FP.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

Relevancia para estas líneas

- Meteorología y Climatología aplicada
- Hidrología , hidrogeología y Recursos Hídricos

El estudio de la FP permitirá desarrollar mejorar el conocimiento sobre la meteorología e hidrología de los glaciares y en cuencas de alta montaña del Ecuador donde este tipo de monitoreo y estudios son escasos. La precipitación, su frecuencia y su fase (sólida/líquida) tiene un rol importante no solamente a través de los procesos de acumulación de la nieve que se incorpora al glaciar sino también por la presencia (ausencia) de una capa de nieve con un albedo alto (bajo) que modula la cantidad de energía disponible para la acumulación (fusión) de la nieve y de esta forma comprender las razones del retroceso actual de los glaciares en el país que son considerados reservorios naturales del agua.



4 Impacto de la investigación

4.1 Impacto Social (máximo 250 palabras)

Conocer la fase de precipitación permitirá evaluar el impacto de la lluvia sobre el derretimiento del hielo/nieve depositado sobre en la zona de ablación de un glaciar y de esta forma evaluar el aporte glaciar en la producción de caudales que es utilizado para consumo humano, riego y generación hidroeléctrica. La contribución potencial de los glaciares ha sido estimada con mayor detalle en la ciudad de Quito, sin embargo, otras poblaciones como Cayambe, Latacunga, Machachi y Riobamba también dependen parcialmente de este recurso no renovable. En caso de que el aumento observado en la temperatura por efecto del Cambio Climático continúe, se restringiría aproximadamente el 20% del recurso agua en las ciudades similares a Quito antes mencionadas. Siendo necesario generar la información necesaria para que dichas poblaciones puedan planificar adecuadamente el desarrollo de la infraestructura para aprovechar los recursos hídricos provenientes de alta montaña.

4.2 Impacto Económico (máximo 250 palabras)

Estimar de forma precisa el aporte del glaciar en la producción de caudales es muy importante para las Empresas De Agua Potable que en el caso del nevado Antisana, parte del agua producto del derretimiento del manto de hielo/nieve es captado por la EPMAPS para abastecer de agua potable al sur de Quito a ~600000 habitantes. Esta situación es de vital importancia durante la época seca, puesto que el aporte de los glaciares constituye un aporte adicional al de los ríos, ayudando de esta manera a que la construcción de nueva infraestructura o más grande sea menos importante de lo que se necesita sin la presencia de los glaciares. Sin embargo, en las proyecciones de planificación debe considerarse que a futuro los glaciares serán más pequeños debido al aumento de la temperatura. Esto repercutirá en la contribución de agua desde los glaciares, siendo también más pequeña en el futuro. Afectando no solamente al abastecimiento de agua para las poblaciones, sino que además a actividades productivas como la agricultura y a la generación de energía.

4.3 Impacto Político (máximo 250 palabras)

Realizar estudios para mejorar la comprensión sobre el impacto de las fluctuaciones climáticas sobre los glaciares permitirá a los tomadores de decisiones realizar un mejor planeamiento sobre los recursos hídricos en cuencas de alta montaña. Además, este tipo de estudios permiten realizar escenarios para la mitigación y adaptación al cambio climático. Si bien existe un reconocimiento del estado de que este tipo de estudio es necesario, debido a que son bastante específicos, es muy difícil que sean realizados por las instituciones del estado. Siendo necesario generar las metodologías desde la academia, con el fin de que en su momento dado sean asimiladas por las instituciones a las que le correspondería realizar en forma operativa la planificación del aprovechamiento de los recursos hídricos. Este tipo de herramientas permite optimizar los recursos que sean invertidos en el desarrollo de infraestructura mediante un sistema que transparente el accionar de los implicados en la Gestión de los Recursos Hídricos.

4.4 Impacto Científico (máximo 250 palabras)

Mejorar la comprensión sobre los procesos físicos que ocurren en la interfaz glaciar-atmosfera durante la fusión/derretimiento del hielo/nieve en los glaciares tropicales. Esta información es de vital importancia para evaluar simular adecuadamente el retroceso glaciar, lo que a su vez permite mejorar los submodelos existentes en los modelos hidroglaciológicos. De hecho, estos modelos hacen parte de modelos más complejos, como son los modelos climáticos que sirven para realizar pronósticos del clima a largo plazo y del tiempo a corto plazo. Esta actividad responde a necesidades de llenar vacíos de conocimiento que tienen implicaciones tanto locales en términos de recursos hídricos, como impacto a nivel Global a través de la mejora de los modelos climáticos.

4.5 Otro Impacto (máximo 250 palabras)



Los resultados asociados a investigaciones previas en esta temática han sido incluidos en un Media On line Open Course (MOOC: <https://www.fun-mooc.fr/courses/grenoblealpes/92003S03/session03/about>) que se dicta en francés a un grupo de 3000 personas provenientes de 80 países diferentes, en cada una de sus sesiones anuales. Las personas que sigue el curso en línea tienen la expectativa de conocer más sobre el impacto del Cambio Climático sobre los ecosistemas de alta montaña. La información generada por este proyecto podría incluirse en próximas versiones del MOOC antes mencionado.

5 Productos esperados

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas y/o patente (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	

6 Descripción, metodología y diseño del proyecto

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

- Descripción del proyecto

Los glaciares actúan como reguladores de caudal en cuencas de montaña, siendo de especial importancia su aporte al caudal durante la época seca [1]. Este rol de regulación del caudal es más importante en los nevados tropicales que en latitudes mayores [1]. Debido a que los nevados reciben precipitación en forma de lluvia, nieve o fases mixtas, la respuesta de una cuenca a una tormenta depende de la fase de precipitación (FP), ya que la lluvia se convertirá más rápidamente en escorrentía, mientras que la nieve se acumulará y su aportación a la escorrentía será más lenta [2]. Por lo tanto el estudio de la fase de precipitación es importante para la una adecuada la gestión de recursos hídricos provenientes de cuencas de alta montaña donde el aporte glaciar puede alcanzar hasta el 20% en épocas de estiaje, este caso sucede en la represa de La Mica instalada al pie del Antisana que abastece de agua potable al sur de Quito [3].

Las condiciones atmosféricas que influyen la FP han sido extensamente estudiadas en el hemisferio norte [4, 5]. En estos estudios se ha documentado que principalmente la temperatura del aire influye la FP. Más recientemente, en un estudio más exhaustivo [2], estudio la sensibilidad de la FP a variables meteorológicas medidas en superficie y en altura mediante radio-sondas, en los Alpes Suizos, con el objetivo de identificar un rango más amplio de variables que puedan afectar este proceso. Interesantemente los autores encontraron que las variables de altura influyen muy poco la FP, al contrario de las variables de superficie, principalmente la temperatura y la humedad relativa que determinaron que son factores determinantes en la FP. En una región más extensa, [6] estudiaron los factores que afectan la FP en todo el hemisferio norte, proponiendo un mapa de las temperaturas límites para el hemisferio norte. Los autores utilizaron datos de 29 años de observaciones y encontraron que hay mucha variabilidad espacial con un promedio de 1°C con variaciones de -0.4 a 2.4 °C, mostrando que los registros continentales mayores umbrales que los marítimos. Además, evaluando modelos logísticos que incluyen temperatura de superficie, humedad relativa y presión en la superficie, los autores encontraron que modelos que usan temperatura de superficie y humedad relativa, funcionan mejor que que los modelos que usan solo temperatura o modelos más complejos, especialmente para condiciones no saturadas entre 0.6°C y 3.4 °C.



En glaciares tropicales muy limitados han sido los estudios sobre la fase de precipitación. [7] consideró los umbrales de FP de nieve y lluvia como -1°C y 3°C respectivamente sobre una morrena a 4795 msnm en el área de Charquini en Bolivia. Para valores dentro de este rango desarrollaron un complejo algoritmo basado en las variables albedo, flujo de calor de superficie, y temperatura del aire. Una importante limitación de este estudio es que generalmente valores de albedo o variables para determinar el balance energético no siempre son disponibles, y por lo tanto modelos más simples de interpolación con variables de mayor disponibilidad son necesarios, además de la determinación de dichos umbrales. Un estudio más reciente sobre la transferibilidad de balance de masa en el Glaciar Shallap en la cordillera blanca en Perú [8] asume que entre -0.5°C y 3°C existe una mezcla interpolada linealmente de nieve y lluvia, considerando solo lluvia en temperaturas superficiales sobre 3°C y nieve en valores menores a -0.5°C . En el Ecuador en un estudio orientado a entender los procesos que determinan el derretimiento de nieve en el glaciar 15 del Antisana, [8] basado en el trabajo de Lejeune 2007 aplicado en Bolivia, asume como valores umbrales de FP -1°C y 3°C mientras que para valores intermedios la FP es cuantificada mediante un polinomio basado en la Temperatura del aire, la cual es el resultado de un algoritmo complejo basado en Lejeune 2006 desarrollado también en un nevado en Bolivia. Además para estimar el balance de energía superficial distribuido sobre toda la superficie del glaciar 15 [9] aplicó un valor único de FP igual a 1°C , dando buenos resultados en la parte baja del glaciar (zona de ablación) pero la acumulación de la nieve en la parte alta la precipitación fue subestimada. Los modelos mostrados han sido desarrollados en Bolivia, región que está sometida a condiciones climáticas muy diferentes a las del Ecuador, como por ejemplo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical o la intensidad de radiación solar incidente. Por lo tanto objetivo principal de este proyecto es evaluar las variables atmosféricas que determinan la FP en el glaciar 12 del Antisana, el cual forma parte de la red de monitoreo global. Esto permitirá conocer el proceso de FP en nevados Tropicales lo cual es un primer paso para evaluar los impactos futuros del cambio climático, condiciones que podrían comprometer la disponibilidad del precioso recurso. Otro objetivo es desarrollar un modelo predictor de la FP que servirá como referencia para los nevados Tropicales del planeta.

Desde diciembre 2012 la estación meteorológica automática (EMA) instalada a 4850 m de altura sobre la morrena frontal del glaciar 12 del Antisana, fue equipada con un Disdrometro óptico tipo OTT para medir de forma precisa la precipitación y la FP. Hasta la presente fecha los datos de la EMA y Disdrometro no han sido explotados porque su funcionamiento ha sido intermitente. Lamentablemente los datos históricos del Disdrometro no son de buena calidad y presenta muchos vacíos en sus registros.

- Metodología y diseño del proyecto:

- a) Objetivo específico 1: Desarrollar un protocolo para estimar la fase de precipitación utilizando los datos registrados por el sensor óptico disdrometro.

Al inicio se reactivará el disdrometro independizándolo de la EMA mediante la instalación de un datalogger dedicado para este sensor. Esto evitará conflictos entre la EMA y el disdrometro permitiendo obtener datos de buena calidad en las dos estaciones. Después de un año de funcionamiento de la EMA y Disdrometro se obtendrá la estacionalidad climática en la zona del glaciar 12. Los registros del disdrometro permitirán cuantificar el número, volumen, diámetro y velocidad de caída de las gotas de precipitación. La clasificación del tipo de gota se la realizará de acuerdo al catálogo proporcionado por el fabricante del sensor [10]. Para convertir el número de gotas en mm precipitación se desarrollarán algoritmos que relacionen la temperatura del aire con el tipo de gota [11]. Esto permitirá discriminar de forma inédita la FP en el Ecuador y medir eventos de corta duración pero de alta intensidad que no pueden registrar los pluviografos clásicos.

- b) Objetivo específico 2: Analizar la relación entre las variables meteorológicas y la fase de precipitación.

Para analizar la relación entre variables atmosféricas y la FP se plantean dos métodos uno lineal mediante el paquete SDSM [12] y el otro no-lineal mediante el análisis de la respuesta de la variable objetivo a la perturbación de las entradas [10]. El software SDSM [12] determina la relación entre predictores y predictantes mediante correlaciones parciales. Para el método no-lineal se plantea identificar el cambio de la variabilidad de la respuesta por cambio de variable de entrada siguiendo la metodología de [13].



- c) Objetivo específico 3: Desarrollar y comparación de modelos empíricos logísticos y de redes neuronales para la determinación de la fase de precipitación.

El desarrollo de los modelos logísticos y de ANN se calibrarán y se validarán en dos conjuntos distintos de la serie de tiempo de variables atmosféricas y de FP. Para los modelos logísticos se seguirá la metodología de [2] y se planteará modelos uni y multivariados de los cuales se obtendrán los parámetros de los modelos logísticos ajustados. Por otro lado para los modelos de ANN primeramente se determinará la sensibilidad a la arquitectura de lo cual con la arquitectura más eficiente se identificará mediante la reducción progresiva de variables el modelo que cumple con los criterios de parsimonia [14] y de eficiencia.

- **Referencias:**

- [1] Vaughan, D., G. Kaser and H. Osmaston 2002. Tropical glaciers. Cambridge, etc., Cambridge University Press, 207 pp. map. (International Hydrology Series.) ISBN 0-521-63333-8.
- [2] Froidurot, S., Zin, I., & Hingray, B. (2014). Sensitivity of Precipitation Phase over the Swiss Alps to Different Meteorological Variables. *JOURNAL OF HYDROMETEOROLOGY*, 685–696. <http://doi.org/10.1175/JHM-D-13-073.1>
- [3] Villacís, M. (2008). Ressources en eau glaciaire dans les Andes d'Equateur en relation avec les variations du climat: Le cas du volcan Antisana. L'UNIVERSITE MONTPELLIER II. Tesis Doctoral
- [4] L Hote, Y., Chevallier, P., Coudrain, A., Lejeune, Y., & Etchevers, P. (2009). Relationship between precipitation phase and air temperature : comparison between the Bolivian Andes and the Swiss Alps / Relation entre phase de précipitation et température de l' air : comparaison entre les Andes Boliviennes et les Alpes Suisses Relati. *Hydrological Sciences Journal*, 6667. <http://doi.org/10.1623/hysj.2005.50.6.989>
- [5] Habets, F., et al. (2008), The SAFRAN-ISBA-MODCOU hydrometeorological model applied over France, *J. Geophys. Res.*, 113, D06113, doi: 10.1029/2007JD008548.
- [6] Jennings, K. S., Winchell, T. S., Livneh, B., & Molotch, N. P. (2018). Spatial variation of the rain – snow temperature threshold across the Northern Hemisphere. *Nature Communications*, 1–9. <http://doi.org/10.1038/s41467-018-03629-7>
- [7] Lejeune, Y., Wagon, P., Bouilloud, L., Chevallier, P., Etchevers, P., Martin, E., Habets, F. (2006). Melting of Snow Cover in a Tropical Mountain Environment in Bolivia : Processes and Modeling. *JOURNAL OF HYDROMETEOROLOGY*, 922–937. <http://doi.org/10.1175/JHM590.1>
- [8] Wagon, P., Lafaysse, M., Lejeune, Y., Maisincho, L., Rojas, M., & Chazarin, J. P. (2009). Understanding and modeling the physical processes that govern the melting of snow cover in a tropical mountain environment in Ecuador. *Journal of Geophysical Research*, 114(June), 1–14. <http://doi.org/10.1029/2009JD012292>
- [9] Maisincho, L. (2015). Analyse de la fonte glaciaire et nivale dans les Andes tropicales à partir d'un bilan d'énergie: Glacier de l'Antisana, Equateur (0°28'S). L'université Grenoble Alpes, Francia. Tesis Doctoral
- [10] <http://www.ott.com/download/operating-instructions-present-weather-sensor-ott-parsivel2-without-screen-heating/>
- [11] Yuter, S. E., Kingsmill, D. E., Nance, L. B., & Löffler-Mang, M. (2006). Observations of precipitation size and fall speed characteristics within coexisting rain and wet snow. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 45(10), 1450-1464.



- [12] Wilby, R. L., Dawson, C., & Barrow, E. (2002). sdsm — a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental Modelling & Software*, 17, 147–159.
- [13] Nourani, V., & Sayyah, M. (2012). Advances in Engineering Software Sensitivity analysis of the artificial neural network outputs in simulation of the evaporation process at different climatologic regimes. *Advances in Engineering Software*, 47, 127–146.
<http://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2011.12.014>
- [14] Beven, K. (2006). A manifesto for the equifinality thesis. *Journal of Hydrology*, 320, 18–36.
<http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.00>

7 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

7.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio ZZ	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
LMI-GREATICE	3 pluviografos automáticos	Cuenca del glaciar 15 4000 – 4900 m de altura
LMI-GREATICE	1 Estación meteorológica automática	Morrena frontal del glaciar 12 a 4800 m de altura
LMI-GREATICE	1 Disdrómetro	Morrena frontal del glaciar 12 a 4800 m de altura
LMI-GREATICE	Sonda Ultrasonidos para medir la altura de la capa de nieve	Morrena lateral del glaciar 1a a 4800 m de altura

7.2 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.

Para garantizar la operación de los instrumentos que permiten mantener las observaciones meteorológicas a largo plazo, es necesario adquirir un juego de repuestos para la estación automática (~ 10K USD) Este juego de repuestos permitirá reemplazar los sensores que eventualmente presenten errores o desviaciones en sus mediciones para de esta forma obtener serie continuas de datos. El radiómetro permitirá medir la radiación entrante y saliente de onda corta y onda larga para relacionar la FP posteriormente con el balance de energía.

7.3 Fondos Adicionales (No aplica)

ANEXO 3

ANEXO 4



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

AÑO 1

Título 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

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	18	mes	\$ 133.67	\$ 2,406.06	\$ 157.20	\$ 2,829.53
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	6	mes	\$ 1,212.00	\$ 7,272.00	\$ 1,357.44	\$ 8,144.64
Subtotal 1			\$ 1,345.67	\$ 9,678.06	\$ 1,514.64	\$ 10,974.17
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 datalogger Campbell CR100	1	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,360.00	\$ 3,360.00
2.2 Anemometro- Young 05103	1	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
2.3 Sonda ultrasónicos- SR50	1	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,680.00	\$ 1,680.00
2.3 Radiómetro tipo kipp and zone CNR4	1	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,840.00	\$ 7,840.00
2.4 Temperatura y Humedad HMP 45C	1	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,680.00	\$ 1,680.00
Subtotal 2			\$ 15,500.00	\$ 15,500.00	\$ 17,360.00	\$ 17,360.00
3 Equipo informático						
3.1 pPanasonic laptop rugged cf-31 toughbook	1	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,600.00	\$ 5,600.00
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,600.00	\$ 5,600.00
4 Insumos y reactivos						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1 Modeling Solid-state Precipitation	1	libro	\$ 160.00	\$ 160.00	\$ 160.00	\$ 160.00
5.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ 160.00	\$ 160.00	\$ 160.00	\$ 160.00
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior	72	viaje	\$ 35.00	\$ 2,520.00	\$ 35.00	\$ 2,520.00
6.2 Viaticos y subsistencias al interior	72	salida	\$ 80.00	\$ 5,760.00	\$ 89.60	\$ 6,451.20
Subtotal 6			\$ 115.00	\$ 8,280.00	\$ 124.60	\$ 8,971.20
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior	1	viaje	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,680.00	\$ 1,680.00
8.2 Viaticos al exterior	1	viaje	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Subtotal 8			\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,680.00	\$ 2,680.00
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior	1	congresos	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 548.00	\$ 548.00
Subtotal 9			\$ 400.00	\$ 400.00	\$ 548.00	\$ 548.00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 41,518.06		\$ 46,293.37



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 2

Título 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

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	12	mes	\$ 133.67	\$ 1,604.04	\$ 157.20	\$ 1,886.35
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 1,212.00	\$ 14,544.00	\$ 1,357.44	\$ 16,289.28
Subtotal 1			\$ 1,345.67	\$ 16,148.04	\$ 1,514.64	\$ 18,175.63
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo informático						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior	36	viaje	\$ 35.00	\$ 1,260.00	\$ 35.00	\$ 1,260.00
6.2 Viáticos y subsistencias al interior	36	salida	\$ 80.00	\$ 2,880.00	\$ 89.60	\$ 3,225.60
Subtotal 6			\$ 115.00	\$ 4,140.00	\$ 124.60	\$ 4,485.60
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viáticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2 Viáticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 8			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 9			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior	2	artículo	\$ 1,800.00	\$ 3,600.00	\$ 2,466.00	\$ 4,932.00
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ 1,800.00	\$ 3,600.00	\$ 2,466.00	\$ 4,932.00
TOTAL				\$ 23,888.04		\$ 27,593.23



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
 PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Título 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

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 9,678.06	\$ 15,500.00	\$ 5,000.00	\$ -	\$ 160.00	\$ 8,280.00	\$ -	\$ 2,500.00	\$ 400.00	\$ -	\$ 41,518.06
2	\$ 16,148.04	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,140.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,600.00	\$ 23,888.04
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 25,826.10	\$ 15,500.00	\$ 5,000.00	\$ -	\$ 160.00	\$ 12,420.00	\$ -	\$ 2,500.00	\$ 400.00	\$ 3,600.00	\$ 65,406.10

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 10,974.17	\$ 17,360.00	\$ 5,600.00	\$ -	\$ 160.00	\$ 8,971.20	\$ -	\$ 2,680.00	\$ 548.00	\$ -	\$ 46,293.37
2	\$ 18,175.63	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,485.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,932.00	\$ 27,593.23
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 29,149.80	\$ 17,360.00	\$ 5,600.00	\$ -	\$ 160.00	\$ 13,456.80	\$ -	\$ 2,680.00	\$ 548.00	\$ 4,932.00	\$ 73,886.60

ANEXO 5

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior X Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada X

TÍTULO 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

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que la propuesta sea descalificada de la convocatoria de la EPN.
- Que todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán compartidos entre los investigadores y la EPN.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos de investigación.

Firma del Director del Proyecto

Nombre: Lenin Vladimir Campozano Parra
C.I.: 0102677200

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido avalada por el Consejo del Departamento de DICA....., en sesión del día 01/02/2018..... mediante resolución No. 41.....

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

Firma del Jefe del Departamento

Nombre: Diego Camacho
C.I.: 0102677200

*Se debe adjuntar el acta en el que conste la resolución que avala la propuesta de proyecto