



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

P15-14-03



Reformulado

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Inter y Multidisciplinarios, Externos):

Área del proyecto: Ciencias Básicas  Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Ingeniería Civil y Ambiental

DEPARTAMENTO: Ingeniería Civil y Ambiental

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidrometeorología  
(verificable en el SAEW)

1 Proyecto de Investigación

**Título:** Reconstrucción de las fluctuaciones glaciares en Ecuador a través de fuentes documentales desde el siglo XIX.

**Resumen del proyecto** (máximo 200 palabras)

Los glaciares son un importante indicador climático y por tanto su estudio tiene gran interés en el contexto de cambio climático en el que nos encontramos en la actualidad. Sin embargo, sabemos muy poco de las fluctuaciones de los glaciares Ecuatorianos previas a las primeras fotografías aéreas que se realizaron en la década de 1950.

En este proyecto se propone usar fuentes documentales para recopilar evidencias directas e indirectas de las fluctuaciones de los glaciares ecuatorianos previas a las primeras fotografías aéreas. Para ello, se rescatarán evidencias documentales del estado de los glaciares desde el siglo XIX hasta 1950, de archivos, bibliotecas y museos. La recopilación se centrará en tres tipos de documentos: cartográficos, pictográficos y escritos. Las evidencias recabadas que lo ameriten serán contrastadas en campo con el estado actual de los glaciares, para poder realizar una reconstrucción de las fluctuaciones de los glaciares desde el siglo XIX hasta la actualidad. Esta reconstrucción será comparada con otros proxies climáticos de los Andes centrales.

Cabe destacar que con toda la información conseguida se generará una base de datos abierta que no solo será útil para estudios glaciológicos, sino que tendrá aplicaciones en diversas áreas ambientales.

Palabras clave (3-5): Glaciares, fuentes documentales, Andes centrales



Quito a,

16 JUN. 2014

HORA

10:17

*M. J. J.*  
SECRETARIA



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



**Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



	<p>- <b>Objetivos</b></p> <p><b>General:</b> Reconstruir las fluctuaciones de glaciares ecuatorianos desde el siglo XIX.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Recopilar documentos cartográficos, pictográficos y escritos de los glaciares ecuatorianos previos a 1955.</li><li>• Generar una base de datos con información glaciar previa a 1955 con gran potencial en estudios glaciológicos y ambientales.</li><li>• Extraer información sobre los cambios en la geometría a partir del material recopilado y realizar una comparación con el estado actual de los glaciares.</li><li>• Análisis de las fluctuaciones de los glaciares en el periodo de estudio en comparación con otros proxies climáticos en los Andes centrales (Perú, Bolivia).</li></ul> <p>- <b>Hipótesis</b></p> <p>Existe una importante cantidad de material gráfico y escrito en archivos, bibliotecas y museos ecuatorianos, que nos pueden permitir conocer las fluctuaciones de los glaciares desde el siglo XIX. Se espera que las fluctuaciones de los distintos glaciares ecuatorianos sean similares ya que estas variaciones responden a variaciones climáticas a nivel regional.</p> <p>- <b>Resultados esperados</b></p> <p>Reconstrucción de las fluctuaciones de los glaciares ecuatorianos desde el siglo XIX. Base de datos con información de los glaciares ecuatorianos previa a 1950s. Esta base de datos será de libre acceso y se espera que tenga un gran potencial para estudios glaciológicos y ambientales. El uso de fuentes documentales en el estudio de las fluctuaciones de los glaciares ecuatorianos, esperamos que deje patente la utilidad de estas fuentes en estudios climáticos y ambientales, siendo un punto de partida para que esta línea de investigación se afiance en la EPN y en Ecuador. Para ello, una parte importante del presupuesto se invertirá en la formación de un auxiliar técnico que pueda desarrollar esta línea de investigación, más allá de la duración del proyecto.</p> <p>- <b>Potenciales Usuarios</b></p> <p>La generación de una base de datos libre, abierta y perdurable en el tiempo, convierte a cualquier persona o institución en un potencial usuario. Creemos que cualquier institución interesada en glaciología, climatología o estudios ambientales puede estar interesada en la base de datos que se generará, entre ellas destacamos a nivel nacional la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de EPN o el INAMHI y a nivel internacional iniciativas como GREATICE o LOTRED-SA. De hecho se asistirá al congreso internacional <i>LOTRED-SA 3rd symposium: Climate change and human impact in Central and South America over the last 2000 years: Observations and models</i> que tendrá lugar en Medellín en Julio de 2014 para presentar la iniciativa, lo cual dará visibilidad internacional al proyecto y ampliará el rango de los potenciales usuarios.</p>
5	<b>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</b>



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



La presente propuesta se enmarca dentro de la línea de investigación de Hidrometeorología de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Creemos que la caracterización climática de largo periodo es una importante contribución a esta línea de investigación.

Esta propuesta surge con la idea de iniciar el estudio de fuentes documentales con fines climáticos en Ecuador. Esta línea de investigación se está desarrollando por todo el mundo con excelentes resultados y la comunidad científica internacional tiene un gran interés en que se potencie su desarrollo en Sudamérica. En este contexto, se aprovecha la estancia del Phd. Fernando Domínguez-Castro (PROMETEO) especialista en el estudio de fuentes documentales y la experiencia en glaciología de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, en específico gracias al proyecto LMI GREATICE, para desarrollar una primera experiencia en esta nueva línea de investigación en Ecuador.

Este proyecto es inicio de una futura línea de investigación que será de gran utilidad en el país, ya que permitirá conocer la variabilidad climática de largo periodo, lo que es de gran utilidad a la hora de realizar proyecciones climáticas, en el análisis de riesgos, o en la toma de decisiones desde el sector energético o agrícola. Además, ya son varias instituciones la que han mostrado su interés en el desarrollo de esta línea de investigación SENESCYT, EPN, INAMHI, PUCE o INPC.

**6 Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido**



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



### - Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

El uso de fuentes documentales para el estudio de la variabilidad climática de largo periodo ha generado importantes resultados en Europa (Brázdil et al., 2005; 2010), América (Dupigny-Giroux y Mock, 2009; Prieto and García-Herrera, 2009; Neukom et al., 2010), Asia (Ge et al., 2005; 2010; Aono and Kazui, 2008; Hirano and Mikami, 2008) y en las áreas oceánicas (García-Herrera et al., 2005).

Sin embargo, en Ecuador apenas se han realizado estudios sistemáticos desde esta perspectiva. Tan solo el trabajo de Terneus y Gioda (2006) indicó algunas fuentes documentales que podrían ser de interés, pero sin realizar un estudio sistemático de las mismas. Por otro lado, es patente la necesidad de extraer este tipo de información paleoclimática en Sudamérica y en especial en las zonas tropicales (Nash et al., 2014).

Este proyecto pretende ser el inicio del uso de fuentes documentales para el estudio de la variabilidad climática en Ecuador. Aprovechando la experiencia en glaciología del personal de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, se propone el estudio de las fluctuaciones de los glaciares ecuatorianos desde el siglo XIX a través de fuentes documentales.

Los glaciares son considerados importantes indicadores climáticos (Lemeke et al., 2007), y el conocimiento de sus fluctuaciones pasadas y presentes son de gran utilidad para evaluar el cambio climático en el que nos encontramos (Rabatel et al., 2013).

El retroceso de los glaciares ecuatorianos es evidente desde la segunda mitad del siglo XX, mediante fotointerpretación se ha detectado una importante recesión en muchos de los glaciares de los andes centrales (Ecuador, Bolivia, Perú) a partir de 1976-1980 (Ames y Francou, 1995; Francou et al., 2000; Ramirez et al., 2001, Jordan et al., 2005). Sin embargo, sabemos muy poco del estado de los glaciares ecuatorianos en época previa a las primeras fotografías aéreas.

Debemos tener en cuenta que la densidad de información documental para el estudio de los glaciares, depende en gran medida de la interacción que exista entre la sociedad y el glaciar, así glaciares con lenguas que pueden afectar a asentamientos o tierras cultivables acumulan una mayor cantidad de información que glaciares más remotos. Es por ello que las reconstrucciones más precisas a través de documentos históricos se han realizado en zonas donde las sociedades tienen un estrecho contacto con el glaciar, como en los Alpes (Le Roy Ladurie, 1967) algunos ejemplos son el des Bossons (Nussbaumer and Zumbühl 2012) y el Mer de Glace (Nussbaumer et al. 2007) donde se han podido obtener resoluciones decadales o incluso anuales. En Ecuador, sin embargo, los glaciares son lugares más remotos sin una estrecha relación con asentamientos, por lo que la mayor fuente documental para su estudio serán las distintas expediciones realizadas a las cumbres de los nevados, esto también ocurre en glaciares noruegos (Nussbaumer et al., 2011) o de la Patagonia (Masiokas et al., 2008).

Durante el proyecto se recuperarán de los archivos, bibliotecas y museos ecuatorianos cualquier documento que nos permita evaluar la fluctuación de los glaciares ecuatorianos durante el periodo de estudio. Se espera rescatar tres tipos de documentos: cartográficos (mapas, cortes topográficos...), pictóricos (dibujos, cuadros, fotografías) y documentación escrita con información directa o indirecta de la fluctuación de los glaciares.

A partir de toda esta información, se realizarán salidas de campo para compararla con el estado actual de los glaciares. Esto permitirá obtener una reconstrucción de las fluctuaciones de los glaciares ecuatorianos desde principios del siglo XIX hasta la actualidad.

### - Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

El diseño de la investigación se puede dividir en las siguientes actividades:

**1) Recopilación de fuentes documentales:** Se accederá a diversos archivos (Archivo Histórico Nacional, Archivo Histórico Metropolitano, Archivo Leibniz-Institut für Länderkunde de Leipzig), bibliotecas (Red de Bibliotecas del Ministerio de Cultura y Patrimonio) y museos (Banco Central de Ecuador) en busca de cualquier documento que pueda aportar información sobre el estado de los glaciares previo a 1950.

Algunas de las fuentes que se pretenden explorar son:

- Descripciones de ascensiones a los nevados de distintas expediciones.
- Material gráfico realizado por las mismas expediciones, desde los escasos cuadros que se conservan de Rafael Troya o los bocetos a plumilla de A. Stubel, hasta fotografías de ascensiones de la primera mitad del siglo XX.
- Fotografías conservadas en el Archivo Fotográfico del Ministerio de Cultura del Ecuador, realizadas sin un objeto científico pero en las que se pueden ver los nevados.



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



El trabajo en archivo requiere mucho tiempo, además debemos tener en cuenta que de esta fase va a depender el resto del proyecto. En el caso específico de la recuperación de información relacionada con el estado de los glaciares, debemos tener en cuenta los siguientes puntos anotados por Zumbühl and Holzhauser (1988):

- Se debe conocer la fecha de los documentos o ser reconstruida por métodos historiográficos, esto suele ser una tarea compleja.
- El glaciar y sus alrededores deben ser representados de forma realista y topográficamente correcta, para ello, en el caso de pinturas y bocetos, solo serán útiles aquellos en los que el artista muestre buenas habilidades.
- Se debe conocer la posición desde donde se realizaron los documentos.

En el caso de no cumplirse estos requisitos o cumplirse parcialmente, la fuente debe ser tratada con cautela y asociarle una estimación de error a los datos de longitud o masa glaciar que se deduzcan de dicha fuente.

2) **Mediciones en campo:** Se intentará reproducir en campo los documentos pictográficos recopilados que así lo ameriten, se tomarán las imágenes del estado actual del glaciar y se tomarán las medidas necesarias que permitan evaluar los cambios producidos entre las fotografías o descripciones antiguas y la actualidad.

3) **Análisis:** Se cruzará la información obtenida en el archivo y en el campo, con el objetivo de reconstruir las fluctuaciones de los glaciares desde el siglo XIX a la actualidad. Las fuentes pictóricas deben ser evaluadas con ayuda de elementos de los alrededores del glaciar como grandes rocas, picos y relieves en el fondo del paisaje. El marco geográfico en la imagen se compara con la situación actual para conocer la ubicación del antiguo frente del glaciar.

4) **Difusión de resultados:** Se pretende presentar la iniciativa en un congreso internacional y si los resultados son suficientes publicarlos en una revista científica como *Global and Planetary Change*, *Climatic change*, *The Holocene*, *Weather...*

### Referencias

- Ames A, Francou B. 1995. Cordillera Blanca, Perú. Glaciares en la Historia. *Bull. Inst. Fr. And.* 24(1): 37-64.
- Aono Y, Kazui K. 2008. Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of springtime temperatures since the 9th century. *Int. J. Climatol.* 28: 905-914.
- Brazdil R, Dobrovolny P, Luterbacher J et al. 2010. European climate of the past 500 years: New challenges for historical climatology. *Climatic Change* 101(1-2): 7-40.
- Brazdil R, Pfister C, Wanner H et al. 2005. Historical climatology in Europe – The state of the art. *Climatic Change* 70: 363-430.
- Dupigny-Giroux LA, Mock CJ. 2009. *Historical Climate Variability and Impacts in North America*. Springer: Dordrecht, The Netherlands, Heidelberg, Germany, London, New York, NY.
- Francou B, Ramirez E, Cáceres B, et al. 2000. Glacier evolution in the tropical Andes during the last decades of the 20<sup>th</sup> century. Chacaltaya, Bolivia, and Antizana, Ecuador. *Ambio* 29(7): 416-422.
- García-Herrera R, Können GP, Wheeler et al. 2005. CLIWOC: a climatological database for the world's oceans 1750-1854. *Clim. Change* 73(1-2): 1-12.
- Ge Q, Zheng JY, Hao ZX, Shao XM, et al. 2010. Temperature variation through 2000 years in China: an uncertainty analysis of reconstruction and regional differences. *Geophys. Res. Lett.* 37: L03703.
- Hirano J, Mikami T. 2008. Reconstruction of winter climate variations during the 19th century in Japan. *Int. J. Climatol.* 28: 1423-1434.
- Jordan E, Ungerechts L, Cáceres B, et al. 2005. Estimation by photogrammetry of the glacier recession on the Cotopaxi Volcano (Ecuador) between 1956 and 1997. *Hydrological Sciences*, 50(6): 949-961.
- Le Roy Ladurie E 1967. *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion, Paris.
- Lemke P, Ren J, Alley RB, Allison I, Carrasco J, Flato G et al. (2007) Observations: Changes in snow, ice and frozen ground. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB et al. (eds) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 337-383.
- Masiokas MH, Villalba R, Luckman BH, et al. 2008. 20<sup>th</sup>-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. *Global and Planetary change* 60, 85-100.
- Nash DJ, George CD, Adamson CD. 2014. Recent Advances in the Historical Climatology of the Tropics and Subtropics. *Bulletin of the American Meteorological Society* 95 (1): 131-146.
- Neukom R, Luterbacher J, Villalba R et al. 2010. Multiproxy summer and winter surface air temperature field reconstructions for southern South America covering the past centuries. *Clima. Dyn.* 37(1-2): 35-51.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Nussbaumer SU, Zumbühl HJ. 2012. The Little Ice Age history of the Glacier des Bossons (Mont Blanc massif, France): a new high-resolution glacier length curve based on historical documents. *Climatic Change* 111: 301-334.

Nussbaumer SU, Nesje A, Zumbühl HJ. 2011. Historical glacier fluctuations of Jostedalsbreen and Folgefonna (southern Norway) reassessed by new pictorial and written evidence. *The Holocene* 21(3): 455-471.

Nussbaumer SU, Zumbühl HJ, Steiner D. 2007. Fluctuations of the Mer de Glace (Mont Blanc area, France) AD 1500–2050: An interdisciplinary approach using new historical data and neural network simulations. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 40(2005/2006): 1–183.

Rabatel A, Francou B, Soruco et al. 2013. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7: 81–102.

Prieto MR, García-Herrera R. 2009. Documentary sources from South America: potential for climate reconstruction. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.* 281 (3–4): 196–209.

Ramirez E, Francou B, Ribstein P. et al. 2001. Small glaciers disappearing in the tropical Andes. A case study in Bolivia: Glacier Chacaltaya (16°S). *J. Glaciol.* 47(157): 187-194.

Terneus A, Gioda A. 2006. In search of the colonial El Niño events and a brief history of meteorology in Ecuador. *Advances in Geosciences* 6: 181-187.

Zumbühl HJ, Holzhauser H (1988) Alpenglletscher in der Kleinen Eiszeit. Sonderheft zum 125jährigen Jubiläum des SAC. *Alpen* 64(3):129–322

**Cronograma de trabajo anual:**

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Recopilación de fuentes documentales						
Salidas campo						
Análisis						
Publicación de resultados						

- Justificación del equipo requerido

Cámara fotográfica (500\$): Se requiere tanto para realizar fotografías en campo del estado actual de los glaciares como para digitalizar documentos históricos en archivos y bibliotecas.

Disco duro (150\$): Se requiere una unidad de almacenamiento de al menos un Terabyte, para almacenar toda la información recuperada.

GPS (1300\$): Se requiere para tomar medidas de precisión en campo.

7

**Fecha de inicio**

(Indique cuando iniciaría este proyecto de investigación)

23 Junio de 2014.

8

**Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.**

Tiempos de dedicación semestral del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. (Máximo 200 horas por semestre para el Director y 100 horas por semestre para los docentes colaboradores)

- Director: Marcos Villacís (200h)
- Colaborador: Fernando Domínguez Castro (100h)

Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto

- Coche de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental para realizar las salidas de campo.
- Ordenador de sobremesa y espacio de oficina para el auxiliar técnico a contratar.
- Ordenador portátil.

Fondos adicionales

La asistencia de Fernando Domínguez al congreso LOTRED-SA para presentar la iniciativa en un foro internacional, será financiada por la SENSICYT y la organización del congreso.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



<b>9</b>	<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</b>	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <b>estén sustentados con proformas actuales:</b>	
	<b>Año 1</b>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
	1. Contratación de pasantes Asistente Técnico 1 (40h) doce meses	
	<b>Subtotal</b>	6636\$
	2. Equipos Cámara fotográfica y tarjetas de memoria (500\$) Disco duro (150\$) GPS (1470\$)	
	<b>Subtotal</b>	2120\$
	3. Reactivos y materiales de laboratorio	
	<b>Subtotal</b>	
	4. Literatura especializada	
	<b>Subtotal</b>	
	5. Viajes técnicos y de muestreo	1244\$
	<b>Subtotal</b>	
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	
<b>Subtotal</b>		
<b>TOTAL AÑO 1</b> (Proyectos Semilla hasta US\$ 10.000,00 más IVA) (Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)	<b>10.000 \$</b>	
<b>10</b>		
Nombre: Marcos Joshua Villacís Erazo CC: 1307185569		
<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>		
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento ....., en Sesión del..... mediante Resolución No. .... y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.		
 JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: Laureano Andrade CC:	_____ (lugar y fecha)	