

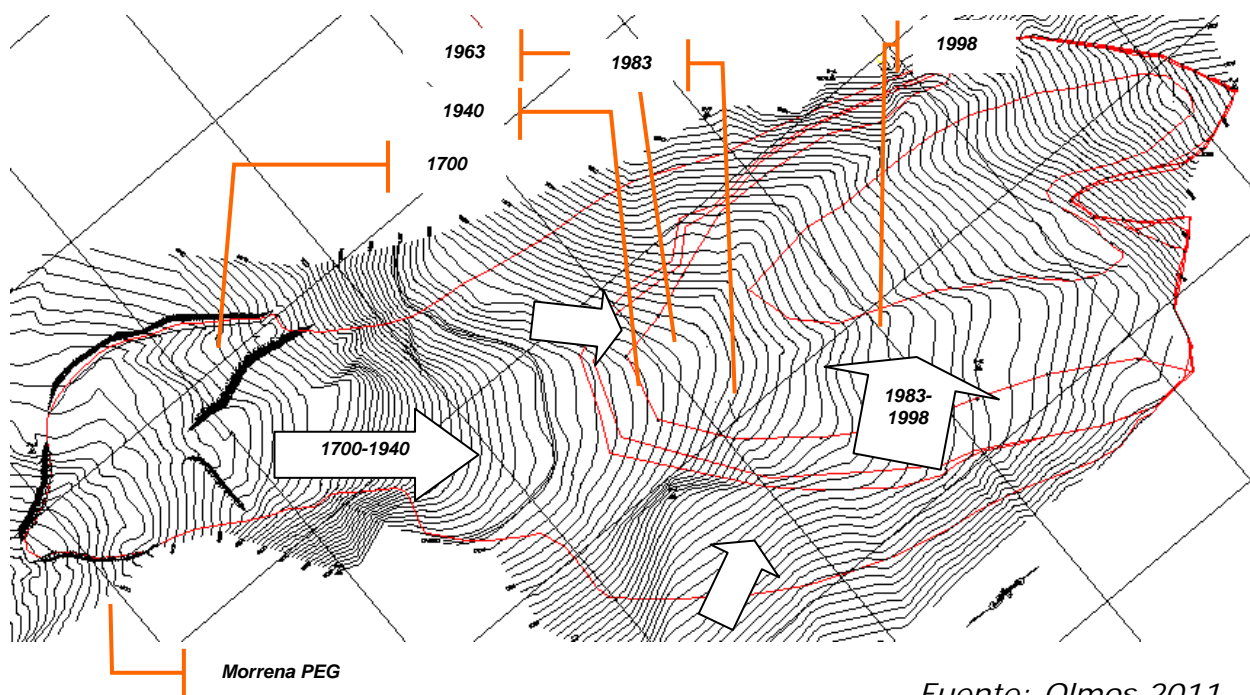
Del retroceso de Chacaltaya, a la toma de decisiones y planificación a futuro del recurso agua

Chacaltaya y el retroceso glaciar de la región pacaña

El retroceso acelerado¹ del glaciar de Chacaltaya ($16^{\circ}21.15', 68^{\circ}7.78'$)² es un proceso que culminó con la desaparición del mismo entre los años 2009 y 2010. Si bien este hecho es lamentable y una pérdida irreparable, desde el punto de vista científico – técnico dejó mucho aprendizaje y datos que han sido y están siendo aprovechados entre otros aspectos para: a) Inferir el posible futuro de los glaciares bolivianos; b) calibrar modelos para este propósito y para fines de inventario del volumen aproximado del stock glaciar en la zona de la cordillera de La Paz c) determinar el futuro y evolución del recurso hídrico para fines de gestión del agua de la zona metropolitana.

El seguimiento del retroceso de los glaciares de Chacaltaya, de Zongo Charquini y otras investigaciones principalmente promovidas por el Institut de Recherche pour le développement (IRD)³ y su contraparte nacional el Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH, UMSA), fueron y son la fuente principal de datos empleada para la realización de los estudios aplicados antes referidos.

Figura 1: Topografía de Chacaltaya y Superficies glaciares entre la Pequeña Era Glaciar (PEG) y 1998



Fuente: Olmos 2011

El reconstruir y modelar⁴ el retroceso de Chacaltaya fue el primer paso para aplicar la investigación realizada en el territorio boliviano y en la zona andina en general, para indagar respuestas prácticas a preguntas tales como el futuro de los glaciares y de los recursos hídricos en la zona de La Paz y El Alto (Ver Figuras 1 y 2)

El modelo físico, una vez comprobada su posibilidad de aplicación, también puede ser empleado para inferir de forma aproximada los volúmenes del glaciar a partir de la geometría de superficie del glaciar. Esta labor de modelación y su precisión, fue

¹ El retroceso de un glaciar es un proceso natural propio de un periodo interglaciar como el actual, sin embargo la aceleración de este proceso, se da a raíz del efecto del Impacto del Cambio Climático.

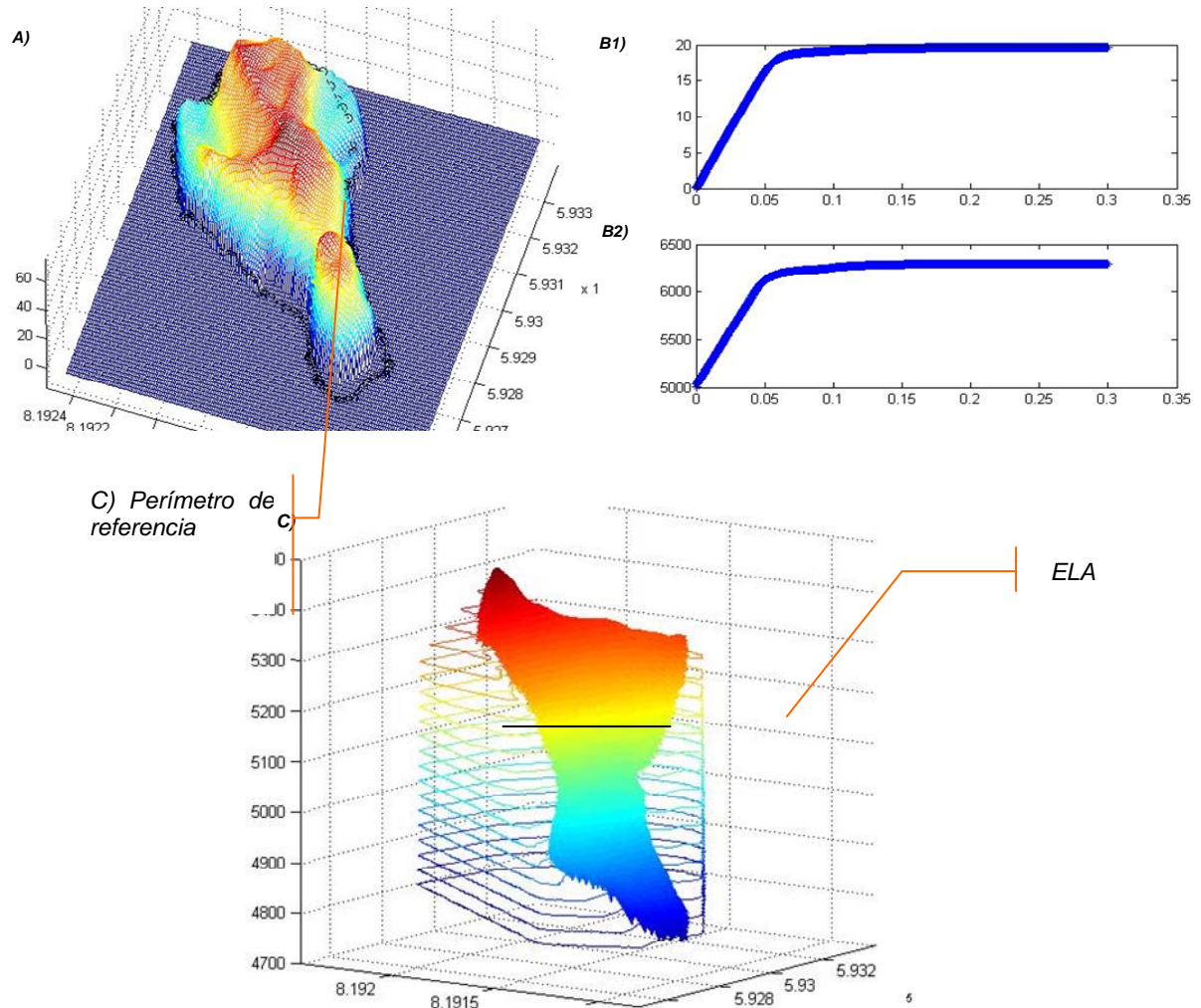
² Glaciar icónico del Cambio Climático (Ver IPCC 2007).

³ Se cuenta con investigadores (y publicaciones) franceses como Pouyaud, Francou, Ribstein, Coudrain, Chevallier, Caballero, Rabatel, Sicart, Condom y nacionales como Ramírez, Mendoza, Soruco y Olmos

⁴ Modelo físico glaciar basado en la aproximación SIA (Shallow Ice Approximation). Modelo de la Universidad Libre de Bruselas del Profesor Frank Pattyn, adaptado por el entonces doctorante boliviano Carlos Olmos G.A.

comprobada igualmente por misiones de medición de espesores glaciares en 2008 y 2009, por el equipo de la Universidad Libre de Bruselas (ULB), sobre los glaciares de Condoriri, Tuni y Charquini (<http://dev.ulb.ac.be/glaciol/news.html>, 29.07.2009 Back from the Andes).

Figura 2: Resultados de Calibración y Modelación Glaciar



A) : Valores de H dibujados sobre un nivel de referencia 0 ; **Ejes:** **X:** Coordenadas UTM Este $\times 10^5$; **Y:** Coordenadas UTM Norte $\times 10^6$; **Z:** Espesor del Hielo (H) [m]

B1) Variación del espesor medio del hielo en el tiempo **Ejes:** **X:** Tiempo [Año $\times 10^4$] **Y:** Espesor (Hm) medio del hielo [m]

B2) Variación del balance de masa acumulado en el tiempo **Ejes:** **X:** Tiempo [Año $\times 10^4$] **Y:** Balance de masa acumulado [m eq. agua]

C) : Valores de $S=B+H$ **Ejes:** **X:** Coordenadas UTM Este $\times 10^5$; **Y:** Coordenadas Norte $\times 10^6$; **Z:** Valor de S [masl]

Fuente: Olmos, 2011

La comprobación de la posibilidad de aplicar un modelo tanto para la estimación de la geometría glaciar y la simulación de su retroceso, además de las investigaciones realizadas en campo son los espesores de algunos pasos, fueron traducidos en las investigaciones de Olmos, 2011 sobre el futuro de los Recursos Hídricos en las ciudades de La Paz y El Alto (<http://theses.ulb.ac.be/ETD-db/collection/available/ULBetd-02172011-091706/>).

A partir de la investigación antes referida y sus principios de modelación, en base al inventario de superficies glaciares realizado por PRAA-Ramírez (2011), se extendió el inventario glaciar en tres dimensiones (3D) a casi 400 glaciares de la cordillera de La Paz, algunos de ellos situados en cuencas que suministran agua a la zona metropolitana paceña. (Ver PRAA-Olmos, 2012; <http://sania.comunidadandina.org/PRAA-Bolivia/catalogo-7/publicaciones/> y http://www.comunidadandina.org/cooperacion_PRAA_Bolivia2.aspx).

Aplicación de resultados de modelación glaciar en la Planificación de la Gestión del Agua de la Zona Metropolitana Paceña

La conclusión de las investigaciones referidas en los anteriores párrafos, coincidió con el inicio de la elaboración del Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento de la Zona Metropolitana de La Paz, mismo que es un documento de planificación del cual surgirán las líneas estratégicas de la gestión sostenible del agua en la región entre los años 2013 a 2036 (Incluye planificación de estrategias de gestión, de construcción de infraestructura, fortalecimiento de las operadoras, entre otros aspectos, dentro de las zonas Urbanas de los Municipios de La Paz, El Alto Viacha, Pucarani, Palca, Achocalla, Palca y Mecapaca).

Dentro del marco de este documento, la determinación de la Oferta y de la Demanda de agua de la región y de su futura evolución bajo condicionantes de cambio climático, era un aspecto clave a ser respondido para fines de construcción de la planificación a corto, mediano y largo plazo.

La investigación glaciar que se inició con la reconstrucción del retroceso del glaciar de Chacaltaya, los inventarios glaciares posteriores y la simulación de retroceso de estos, conjuntamente a nuevas estimaciones propias del Plan en cuanto a retroceso glaciar y a cuantificación del potencial hídrico de la región; contribuyeron a responder a la pregunta referida a los balance de oferta y demanda de agua del área de estudio del Plan Maestro y por ende sentó las bases de la estrategia de su planificación.

En la zona de las cuencas fuentes actuales y futuras de la región metropolitana, se espera que hasta el año 2040, los glaciares pierdan un valor mayor al 30% del volumen actual.

Tabla 1: Resumen retroceso glaciar en Cuencas Fuentes Zona Metropolitana, La Paz

Volumen Glaciar [hm ³ Eq Agua]								
Año	Llojllata	Labrahuani	Khara Khota	Kullu Kachi	Janchallani	Jachawaquipiña	Condoriri	Tuni
2011	224.40	126.36	205.51	224.94	0.88	72.09	56.30	17.98
2020	208.45	122.88	180.52	190.90	0.20	64.33	42.83	10.84
2030	201.32	123.47	156.40	158.41	0.00	58.09	29.96	4.30
2040	195.68	124.34	136.62	134.86	0.00	52.89	22.54	1.40

Año	Huayna Potosi Oeste	Milluni	Kaluyo	Hampaturi	Palcoma	Chojña Khota	Total Volumen Glaciar [hm ³]	Reducción Relativa [%]
2011	91.65	42.24	22.11	29.28	34.43	2.57	1150.75	0.00%
2020	70.36	34.93	9.94	26.34	27.50	0.72	990.74	13.90%
2030	50.86	28.28	2.52	23.67	22.98	0.04	860.29	25.24%
2040	37.80	23.74	0.32	20.98	20.70	0.00	771.88	32.92%

Fuente: PRAA-Olmos, 2012 / Plan Maestro La Paz, Informe 2da Fase, 2013

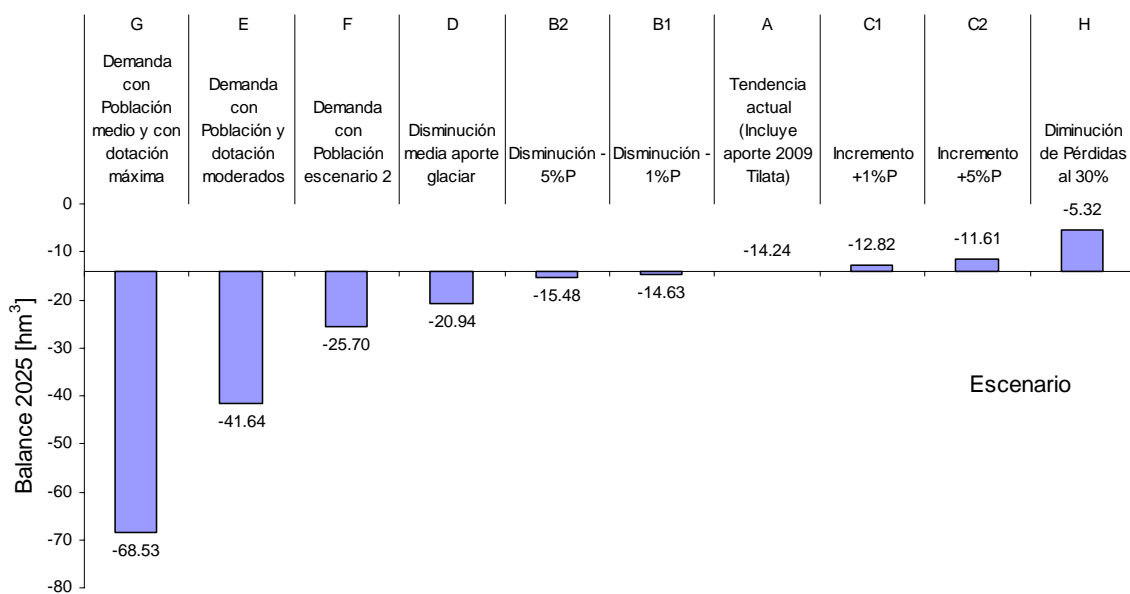
Se espera que el Plan Maestro Metropolitano de La Paz, sea publicado y presentado en los primeros meses de 2014.

La Gestión del Agua

Es preciso observar que dentro del marco de la planificación de la gestión del agua, se tiene variables que van más allá del retroceso glaciar o el cambio en los factores climáticos a futuro. Es entonces que una planificación de gestión de agua a futuro debe contemplar el análisis de escenarios de variación tanto en estos factores, como en variables demográficas tales como el incremento de la población, como del incremento de su consumo per cápita.

Dentro de este marco, la figura siguiente presenta el análisis de escenarios de cómo podría ser la gestión del agua a futuro para uno de los sistemas metropolitanos de la región paceña. Nótese que se analizan escenarios de incremento o decremento de la precipitación (Escenarios: B2, B1, C1 y C2), de gestión de pérdidas del sistema de producción de agua (Esc. H), de impacto del retroceso glaciar (Esc. D). Sin embargo lo que llama la atención es el hecho de que los escenarios de crecimiento de la población y de su consumo per cápita (Esc. E, F y G), serían los más desfavorables para la gestión futura de agua.

Figura 3: Análisis de Escenarios de Balance Posibles de Gestion Oferta - Demanda



Fuente: PRAA-Olmos, 2012

Nota: Este balance y gráfico está siendo actualizado en el marco del Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento de la Zona Metropolitana de La Paz

En preciso hacer notar sin embargo que un balance en la zona rural, presenta características diferentes, donde el principal impacto se da por efecto de la disminución del aporte glaciar y por cambio en la estacionalidad de la precipitación e incremento en la temperatura ambiente. Nótese que el agua disponible en tiempo de estiaje, depende aproximadamente en algunas cuencas, entre un 60 a 70 % del aporte de origen glaciar (el aporte restante proviene del escurrimiento diferido del periodo de lluvias).

Los aspectos antes referidos, nos hacen notar que el impacto del Cambio Climático debe ser analizado de forma objetiva y particular por cada región, sistema de abastecimiento o ámbito de aplicación (Campo, ciudad, cercanía a glaciares, microclimas etc). El generalizar estos aspectos para fines de planificación puede llevarnos a errores graves que talvez no tenga repercusiones en la actualidad pero si en el futuro de nuestros hijos.

Algunas conclusiones de contexto

Es interesante remarcar que un proceso de investigación iniciado en 1991 por el IRD con la toma de datos del retroceso glaciar, e inicio de formación de profesionales bolivianos en disciplinas como la glaciología, recursos hídricos y otras relacionadas, hoy da sus frutos en la práctica dando a luz resultados como los nuevos inventarios glaciares en 2D (Superficies) y 3D (volúmenes) de la zona la Cordillera de Los Andes (Zona Cordillera de La Paz).

Nótese además la aplicación práctica de estos resultados en la planificación de la gestión del agua de la Zona Metropolitana de La Paz y El Alto, la cual se sirve, en su mayor parte, de cuencas con presencia glaciar

Si bien actualmente el Cambio Climático ya se manifiesta en nuestras regiones y se espera que nos afecte esencialmente a mediano y a largo plazo, es hoy que se deben tomar las decisiones y llevar a cabo las acciones que nos permitan mitigar estos impactos. Es también hoy que se debe iniciar el proceso de adaptación, la toma de decisiones y la planificación en aspectos tan sensibles como lo es por ejemplo los Recursos Hídricos.

Reflexión Final

La investigación y los resultados narrados en este artículo, también refieren a que el problema del Impacto del Cambio Climático en factores como la disponibilidad del recurso agua, no sólo se circunscriben al análisis del retroceso glaciar o a los posibles cambios en la Precipitación; Temperatura, sino que también el análisis debe ser extensivo y simultáneo a las variables demográficas tales como la población y su creciente necesidad de agua.

En efecto, la concentración de población, produce un efecto de presión apreciable sobre los recursos naturales y la necesidad de estos. A mayor población, mayor necesidad de recursos y por ende mayor presión a un ecosistema que lucha por adaptarse a los cambios del planeta y a los efectos del cambio climático.

Aspectos tales como la planificación del territorio, manejo de los recursos y su gestión, son también variables a ser consideradas en este juego de la adaptación al Cambio Climático. Algunas de las incógnitas están siendo respondidas respecto a los glaciares y el clima, sin embargo queda mucho camino a recorrer, mucha concientización a ser realizada, necesidad de mucha objetividad en el análisis y desmitificación de imaginarios del Cambio Climático para encontrar soluciones reales respecto a esta problemática

Dr. Ing. Carlos Olmos G.A.
colmosga@gmail.com