

## **PROSPECCION GEOFÍSICA Y EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS DEPÓSITOS MORRÉNICOS DE LA LAGUNA PALCACOCHA, CORDILLERA BLANCA – ANCASH**

<sup>1</sup>Raquel Silva, Patricio Valderrama <sup>2,3</sup>, Walter Pari <sup>2</sup> y Sharon Dueñas <sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco*

<sup>2</sup> *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*

<sup>3</sup> *Laboratoire de Geophysique Interne et Tectonophysique, Université Joseph Fourier.*

<sup>4</sup> *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.*

### **INTRODUCCIÓN**

Las morrenas de la Laguna Palcacocha, están ubicadas en la Cordillera Occidental de los Andes, en el departamento de Ancash, provincia de Huaráz, a más de 4500 m.s.n.m. en la cabecera de la cuenca Cojup, por debajo de los nevados Palcaraju (6264 m.s.n.m.) y Pucaranra (6156 m.s.n.m.); pertenecientes a la Cordillera Blanca. Debido al arrastre de la lengua glaciar proveniente de estos nevados se formaron las morrenas que albergan a la Laguna Palcacocha la cual cuenta con un volumen de 17 millones de m<sup>3</sup> (UGRH, 2003). La morrena frontal que tiene forma lobulada, indica el límite máximo del avance de la lengua glaciar durante el último gran periodo glaciar. En la actualidad la morrena presenta una abertura con un ancho promedio de 10 metros, producto del aluvión de 1941.

En 1941 las morrenas de la Laguna Palcacocha, produjeron uno de los mayores desastres históricos ocurridos en la ciudad de Huaráz. Debido al desprendimiento de un bloque de hielo que cayó sobre la laguna y originó fuertes oleadas que sobrepasaron y erosionaron la morrena frontal, produciendo un gran desembalse en dirección a la ciudad de Huaráz, ocasionando miles de muertos y cientos de desaparecidos. Recientemente en el 2003, un deslizamiento – avalancha de proporciones menores, ocurrido en la morrena lateral izquierda, ocasionó un desembalse en la laguna forzando el cierre temporal del centro de tratamiento de agua potable de la ciudad de Huaráz por casi dos semanas, privando del recurso hídrico a casi 100 000 personas.

El presente trabajo, muestra un avance de los estudios geofísicos y geomorfológicos efectuados por INGEMMET en el proyecto “Peligros Geológicos por Procesos Glaciares en la Cordillera Blanca”, se hace una interpretación de la geodinámica de las morrenas de la laguna Palcacocha, con el fin de prevención de probables aluviones que puedan afectar la quebrada Cojup y la ciudad de Huaráz.

### **MORFOLOGÍA GLACIAR Y CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LAS MORRENAS EN LA LAGUNA PALCACOCHA**

Actualmente, la lengua glaciar originada en los nevados Palcaraju y Pucaranra aun se encuentra en contacto con la laguna Palcacocha, esta situación fue variando a lo largo del tiempo, ya que como se aprecia en la Figura 1, el retroceso de la lengua glaciar es considerable. Este retroceso puede estar asociado a las variaciones climáticas globales.

Las morrenas laterales tienen dimensiones variables siendo que, la morrena lateral derecha tiene una longitud de 2.28 km, con un ancho de 400 metros y una altura de 75 a 100 metros aproximadamente. La morrena lateral izquierda cuenta con una longitud de 1.70 km, con un ancho variable que va de 250 metros a 400 metros y una altura variable entre 50 a 100 metros. Estas morrenas se formaron durante el último periodo glaciar (fase tardía aproximadamente en 20,000 años) (Veliz et al. 1994).

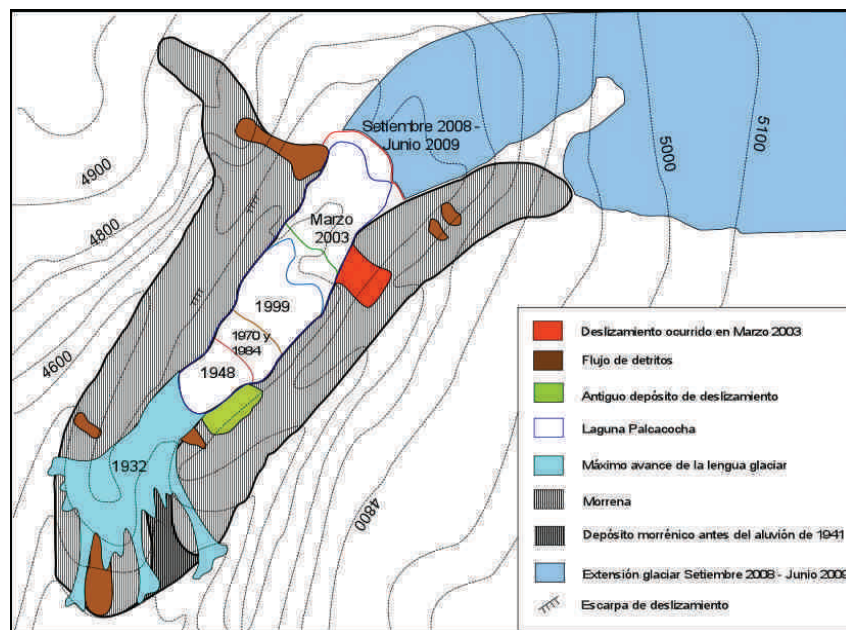


Figura 1. Evolución Glaciar de la Laguna Palcacocha, se muestra el retroceso entre los años 1932 y 2008, basados en los resultados de las fotos aéreas, imágenes satelitales. (Modificado de Vilimek, et. al 2005).

Desde el punto de vista geológico, las morrenas de la laguna Palcacocha están ubicadas en medio del batolito granodiorítico de la Cordillera Blanca ( $16 \text{ a } 2.7 \pm 0.4 \text{ M.A.}$ ) (Wilson et al 1967), presentando una importante diferencia en su composición litológica. La morrena lateral derecha está compuesta principalmente por clastos y bloques de granodiorita provenientes del batolito de la Cordillera Blanca; los clastos se presentan en forma angulosa a subredondeada con diámetros mayores a 5 cm, mientras que los bloques se podían medir hasta tamaños de 3 metros, ambos se encuentran envueltos en una matriz granítica. La morrena lateral izquierda tiene una composición mas variada. Además de contener granodiorita, se observa la presencia de clastos de pizarra y matriz pelítica, provenientes de la erosión glaciar a las pizarras de la formación Chicama ( $\pm 156 \text{ M.A.}$ ) (Wilson et al 1967), que sobreyace al batolito granodiorítico. El diámetro de los clastos que presenta varía de 0.5 cm hasta bloques de 1.5 metros.

## CARTOGRAFÍA GEODINÁMICA EN LAS MORRENAS DE LA LAGUNA PALCACOCHA

La geodinámica que se desarrolla en las morrenas de la laguna Palcacocha, es considerablemente activa. La cartografía de los movimientos en masa (Fig. 2) se ha realizado a una escala de 1:5000 sobre una imagen de satélite SPOT 5 del año 2008. La morrena lateral derecha muestra mayoritariamente caídas de detritos y pequeñas erosiones lineales; consideramos que el factor litológico (composición mayoritariamente granítica) es el responsable de estos fenómenos. Además, se notó que la mayor actividad geodinámica se presenta en la morrena lateral izquierda, debido a su composición pizarrosa, que la hace más susceptible a fenómenos del tipo de deslizamientos y avalanchas.

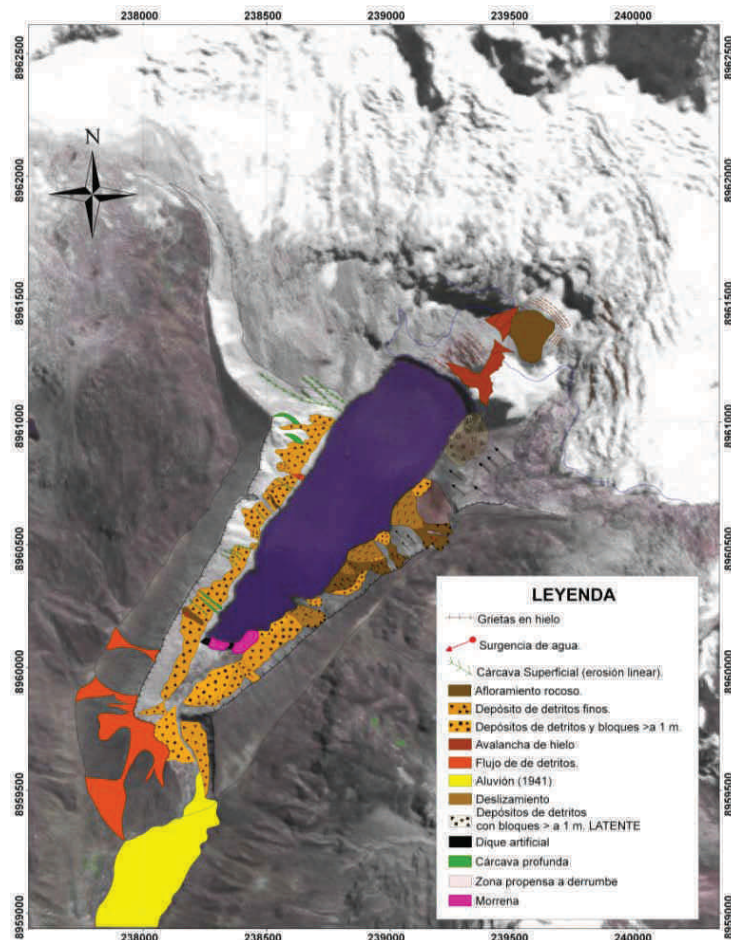


Figura 2. Principales Movimientos en Masa en las morrenas de la laguna Palcacocha

## PROSPECCIÓN GEOFÍSICA E INTERPRETACIÓN GEODINÁMICA EN LAS MORRENAS DE LA LAGUNA PALCACOCHA

Utilizando el método geofísico GPR (Ground Penetrating Radar), se pudo visualizar zonas de mayor debilidad en las morrenas. Se tendieron cuatro líneas paralelas a las crestas de las morrenas laterales y una línea transversal en la zona de mayor actividad en al morrena lateral izquierda (Fig. 3).

Los resultados del estudio geofísico muestran la presencia de cavidades (círculos rojos en las figuras 4 y 5) y asentamientos (líneas naranjas en la figura 5) que podrían estar asociados a la génesis misma de las morrenas, ya que al momento de su formación, grandes bloques de hielo quedaron atrapados en el interior del depósito de Till. Cuando la lengua glaciar abandonó el contacto con la morrena, estos bloques de hielo interiores se derritieron generando dichas cavidades y los subsecuentes asentamientos del material. Además, se aprecia varios sistemas de discontinuidades magnéticas (líneas amarillas en las figuras 4 y 5) que podrían corresponder a varios sistemas de fracturas o agrietamientos, que estarían asociados a estructuras de rotura (deslizamientos – avalanchas) en las morrenas.

Este estudio muestra la viabilidad de usar métodos geofísicos en áreas glaciares, y tendría una gran utilidad en la prevención de fenómenos de movimientos en masas de origen glaciar. Se recomendaría la continuidad de este tipo de estudios en otras lagunas de la Cordillera Blanca,

principalmente las que han mostrado una actividad aluviónica reciente como en la laguna Safuna el año 2002 y 513 en el 2010.



Figura 3. Prospección geofísica; en la morrena lateral izquierda se observa dos líneas transmisoras en forma paralela.

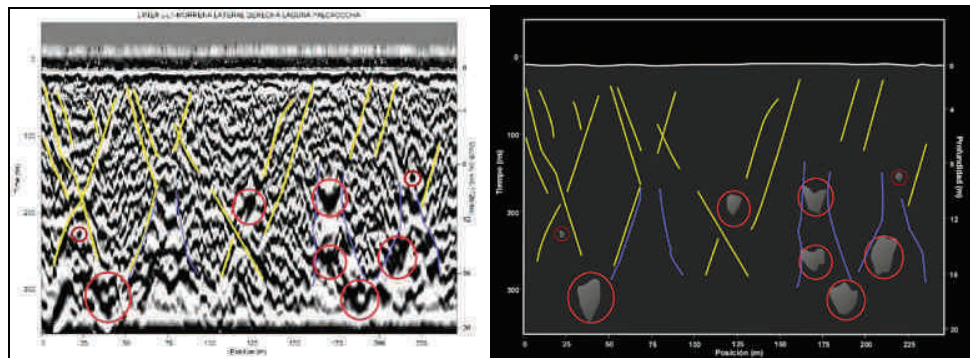


Figura 4. Radargrama (izq.) y su interpretación (der.) de la línea LL\_1 en la morrena lateral derecha. Las líneas en color amarillo representan las grietas; en color azul el material grueso, y en círculos rojos las oquedades observadas en la morrena lateral derecha.



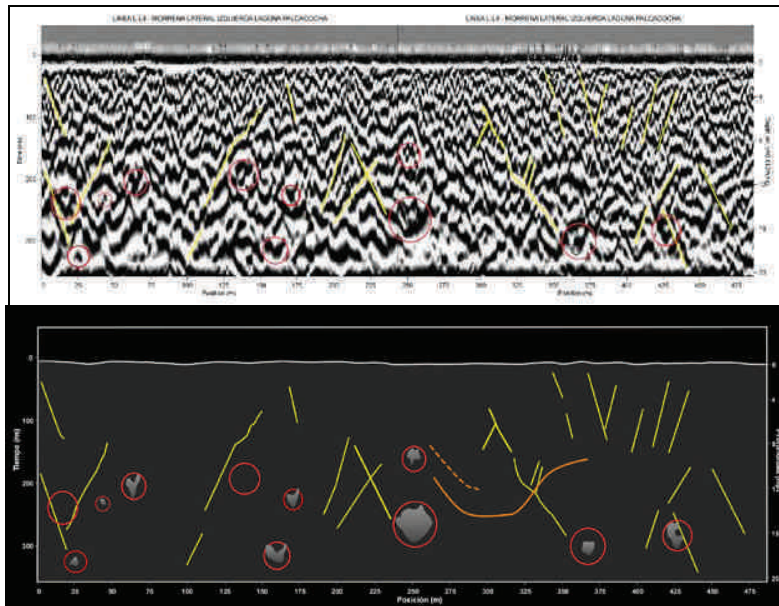


Figura 5. Radargrama (arriba) y su interpretación (abajo), de la línea LL\_3 en la morrena lateral izquierda.

## REFERENCIAS

- UGRH, INGEMMET. (2003) "Informe de Evaluación del Estado de los Glaciares en la Cabecera de la Laguna Palcacocha".
- Wilson J., Reyes L., Garayar J. (1995). "Geología de los Cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari". Boletín N°60 Serie A: Carta Geológica Nacional (Hoja 19h).INGEMMET. Lima.
- Veliz Y., Macharé J. (1994). "Reconstrucción de Fluctuaciones Glaciales en la Cordillera Blanca, Perú." Resúmenes Extendidos VIII Congreso Peruano de Geología, 1994.pp. 247-251, p 249.
- Vilímek V., Zapata M., Klimes J., Patzelt Z., Santillán N. (2005). "Influence of glacial retreat on natural hazards of the Palcacocha Lake area, Peru". Landslides (2005) 2:107-115p.