



Prospección Geofísica en el glaciar Collins (Península Antártica) utilizando georradar (GPR)

Andres Saracho¹, Julian Andrés Ramos¹, Damian Dell'Acqua²,
Leda Sánchez Bettucci²

OPEN ACCESS

¹ Departamento del Agua, Centro Universitario Regional del Litoral Norte, UDELAR
² Observatorio Geofísico del Uruguay, Facultad de Ciencias, UDELAR

Edited by:
DINAMIGE
Uruguay

Reviewed by:
Pablo Nuñez Demarco
Facultad de Ciencias
Uruguay

Corresponding author:
Leda Sánchez Bettucci
leda@fcien.edu.uy

Received: Nov 2020

Accepted: Jan 2021

Published: Feb 2021

Citation:
Saracho et al (2021)
Prospección Geofísica en
el glaciar Collins (Península
Antártica) utilizando
georradar (GPR). *Revista
Investigaciones. Uruguay.*
3(2):33-39

Resumen

Prospección Geofísica en el glaciar Collins por medio de georradar, método que permite estimación del espesor de la masa de hielo, contenido de agua líquida, características del sustrato, y estructura interna del hielo. El objetivo del presente trabajo fue determinar el espesor del glaciar en la zona de estudio y probar las distintas respuestas del equipo por medio de distintas frecuencias utilizadas. Para esto se realizaron distintas pasadas con GPR probando distintas antes una que nos permiten trabajar a distintas frecuencias una a 900 MHz y otra a 150 MHz. Luego de realizar seis pasadas con frecuencia de 900 MHz y seis más con 150 MHz se obtuvieron espesores del glaciar. En donde se obtuvieron espesores de 10 a 12,5 metros. En este trabajo se pudo concluir que la antena de 150 MHz nos dio mejor información de las profundidades del glaciar y que la antena de mayor frecuencia nos brinda mayor resolución lográndose diferenciar dos capas del glaciar una que suponemos es más compacta que la otra.

Abstract

Geophysical prospecting in the Collins glacier by means of georadar, a method that allows estimation of the thickness of the ice mass, content of liquid water, characteristics of the substrate, and internal structure of the ice. The objective of this work was to determine the thickness of the glacier in the study area and to test the different responses of the equipment by means of different frequencies used. For this, different passes with GPR were made, testing different frequencies before one that allows us to work at different one at 900 MHz and another at 150 MHz. After making six passes with a frequency of 900 MHz and six more with 150 MHz, thicknesses of the glacier were obtained. Where thicknesses of 10 to 12.5 meters were obtained. In this work it was possible to conclude that the 150 MHz antenna gave us better information on the depths of the glacier and that the higher frequency antenna gives us greater resolution, making it possible to differentiate two layers of the glacier, one that we assume is more compact than the other.

Palabras clave: Georadar, Antártida, isla Rey Jorge, Glaciar Collins.

Introducción

El método de GPR (ground penetrating radar, por sus siglas en inglés) constituye un método electromagnético (EM) que ha sido ampliamente utilizado en estudios criosféricos en superficie (Walford, 1964; Davis y Annan, 1989). Las distintas aplicaciones incluyen desde estimación del espesor de la masa de hielo, contenido de agua líquida, características del sustrato, y estructura interna de hielo. El uso del GPR en masas de hielo es donde se puede alcanzar mayor penetración, hasta varios metros a frecuencias bajas GPR. La forma de horizontes de reflexión muestra, en general, la estratigrafía de las capas de hielo originadas por la acumulación de nieve que generan -por cambios en la densidad, contenido de agua líquida, impurezas, entre otras- distintas discontinuidades en las imágenes de radar.

Existen numerosos trabajos que utilizan GPR para caracterizar los depósitos estratificados de hielo (Arcone, 1996; Murray et al., 1997; Sadura et al., 2006; Fukui et al., 2008; Navarro et al., 2009; Travassos et al., 2010; entre otros), para determinar las tasas de acumulación interpretadas a partir de los horizontes reflectantes registrados/observados (Forster et al., 1991; Kohler et al., 1997; entre otros), anomalías en las capas de hielo, como fracturas abiertas, conductos y espacios intersticiales (Vaughan et al., 1999), topografía del lecho (Drewry et al., 1982; Bogorodsky et al., 1985; Moran et al., 2000; entre otros), el contenido de agua (Fountain y Walder, 1998; Copland y Sharp, 2000; Bradford et al., 2009) y la potencia (Blindow y Thyssen, 1986; Bohleber et al., 2017; Gruber y Ludwig, 1996 y referencias).

El gran número de estaciones de investigación Antártica permanentes junto con una caminería de ripio en los alrededores de la Base Científica Antártica Artigas genera una buena accesibilidad en la Isla Rey Jorge. El presente trabajo se realizó en el glaciar Collins (Figura 1), que se encuentra en las cercanías de la base científica Artigas en Antártica.

El objetivo de la investigación que se presenta fue determinar el espesor del glaciar por medio del georradar utilizando distintas antenas las que nos permiten trabajar con distintas frecuencias.

Metodología

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en las cercanías de la base científica Antártica Artigas, en una zona donde comienza el glaciar (Figura 1). En esta área se tenía parte del glaciar y afloramientos de basamento que él mismo se encuentra por debajo del glaciar.

Método del Georradar

El georradar es un método de prospección del subsuelo, no destructivo, que consiste en generar impulsos electromagnéticos y luego recibir las señales generadas por la reflexión debido a cambios en las propiedades eléctricas del suelo. Es sensible a cambios en la conductividad, permitividad dieléctrica y permeabilidad magnética que



Figura 1. Fotografía de la zona de estudio, cercano a la BCAA.

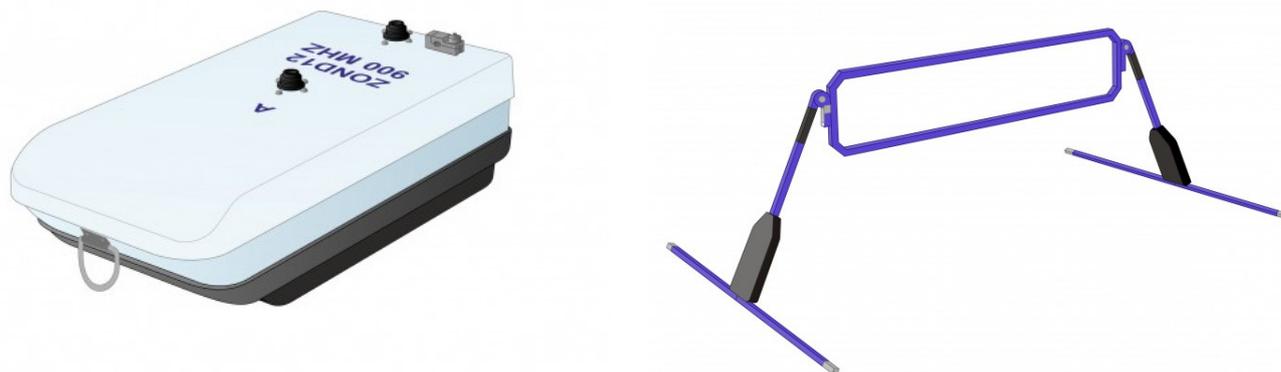


Figura 2. Izq. ilustración de una antena de 900 MHz, der. ilustración de Antena de 150 MHz.(Fuente: RADAR SYSTEMS)

hay en la zona de estudio. Este método es muy bueno si existen grandes contrastes dieléctricos en el subsuelo. El elevado contraste que se tiene con el glaciar y el material subyacente hacen que el georradar (GPR) arroje resultados que permiten generar interpretaciones de la zona de estudio que permitan una buena descripción del perfil geológico.

El equipo utilizado fue un GPR 12e Advanced de la firma RADAR SYSTEMS equipado con antenas que operan a distintas frecuencias y además utiliza antenas monopolares y dipolares, apantalladas y no apantalladas.

En la investigación realizada se utilizaron dos antenas, una de 900 MHz apantallada y otra de 150 MHz no apantallada (Figura 2), la de mayor frecuencia consiste en una sola antena de emisión y recepción, mientras que la de 150 MHz son dos antenas donde una emite y otra recibe señal. A mayor frecuencia se tiene mayor resolución en los datos medidos, pero no se alcanzan grandes profundidades, por lo que al desconocer las profundidades del glaciar en esa zona se decidió optar por utilizar ambas antenas y posteriormente seleccionar aquella que brindara mayor información.

La antena de 150 MHz corresponde a una antena sin blindaje, dipolar, que emite la señal por aire y la antena de 900 MHz es blindada. El blindaje orienta la señal emitida hacia el subsuelo, lo que permite controlar posibles

anomalías generadas por los objetos que se encuentren por encima de la superficie.

Además del equipo y de las antenas se utiliza una batería de 12 volt como fuente de energía para el equipo. El programa que se utilizó para la recolección de datos y luego su procesamiento e interpretación fue el PRISM2, proporcionado por el fabricante del equipo.

El área estudiada y las ubicaciones de los perfiles realizados se muestran en la Figura 3.

El hielo templado (donde la temperatura del hielo se acerca al punto de fusión) generalmente contiene heterogeneidades como ser bolsas de agua y conductos que pueden causar una gran dispersión de las ondas electromagnéticas de longitudes de onda comparables (dispersión de Rayleigh y Mie). Normalmente, esto se supera utilizando radares de baja frecuencia (de unos pocos MHz con longitudes de onda en hielo de hasta 100 m) que generalmente suprimen los efectos de dispersión y muestran distintas reflexiones de la roca caja (Blindow et al., 2010).

Cabe mencionar que las mediciones se realizaron donde comenzaba el glaciar, por lo que es de esperar que no se obtengan grandes espesores de hielo. Se relevaron, en total, 12 transectas (líneas) con las distintas antenas (Figura 3).

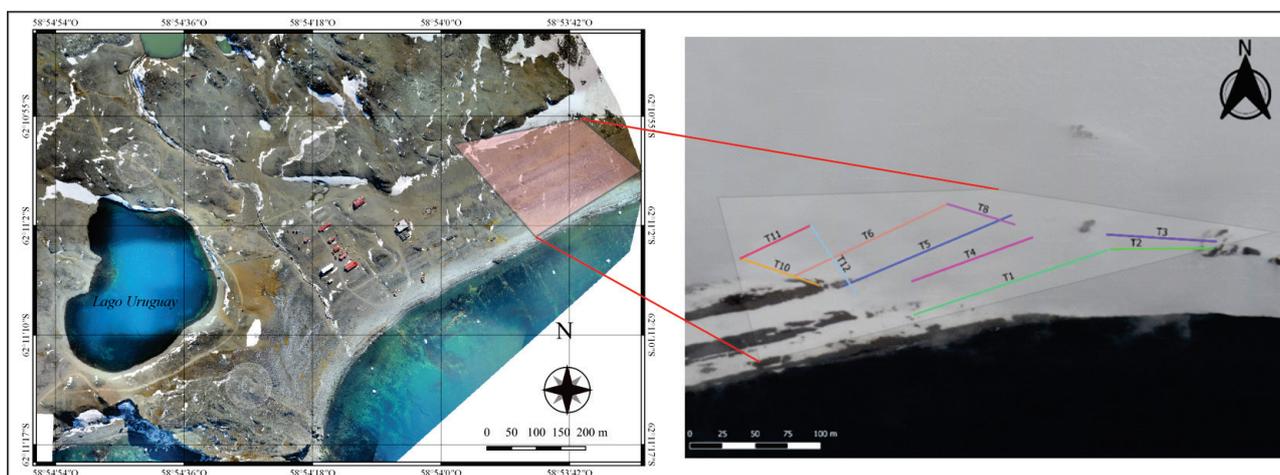


Figura 3. Ilustración T1 a T6 900 MHz y T7 a T12 150 MHz.

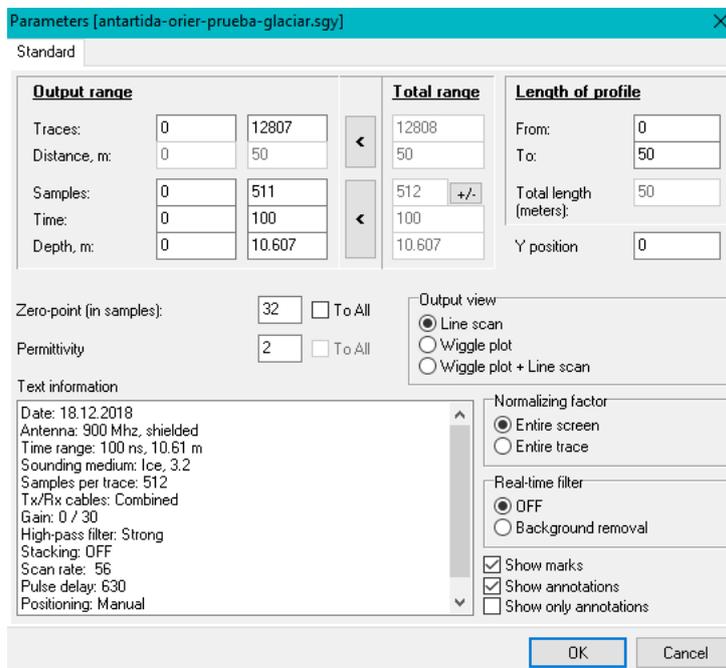


Figura 4. Parámetros utilizados para realizar mediciones

Para realizar las distintas medidas es importante identificar el tipo de material del suelo ya que esto permite determinar de forma correcta la permitividad dieléctrica que tiene el medio, la cual nos da como se propaga la onda en el medio en el cual estamos midiendo. Dado que el sustrato es glaciar y se tienen ya un rango establecido por el propio programa que utiliza el GPR, se colocó 2. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la configuración del equipo que se utilizó con una antena de 900 MHz.

Resultados

Se presentan algunos resultados enfocándose en aquellos que fueron obtenidos con la antena de 150 Mhz, ya que

esta permitió observar la profundidad del glaciar Collins con mayor claridad. El uso de la antena de 900 MHz no se logró reconocer todo el espesor del hielo.

En la Figura 5 se muestra una de las transectas (T1) realizadas con antena de 900 MHz, en la cual se puede observar que no se logra determinar la profundidad máxima del glaciar.

En la Figura 6 se muestra el perfil obtenido. Este perfil se realizó entre dos lugares donde el basamento técnico del glaciar se encontraba aflorando. En este caso se puede observar que el glaciar presenta espesores máximos de 10 metros y luego comienza el permafrost.

En la Figura 7 se señala con línea roja los límites interpretados del glaciar. Esta zona presenta similares características a la anterior. La profundidad máxima del

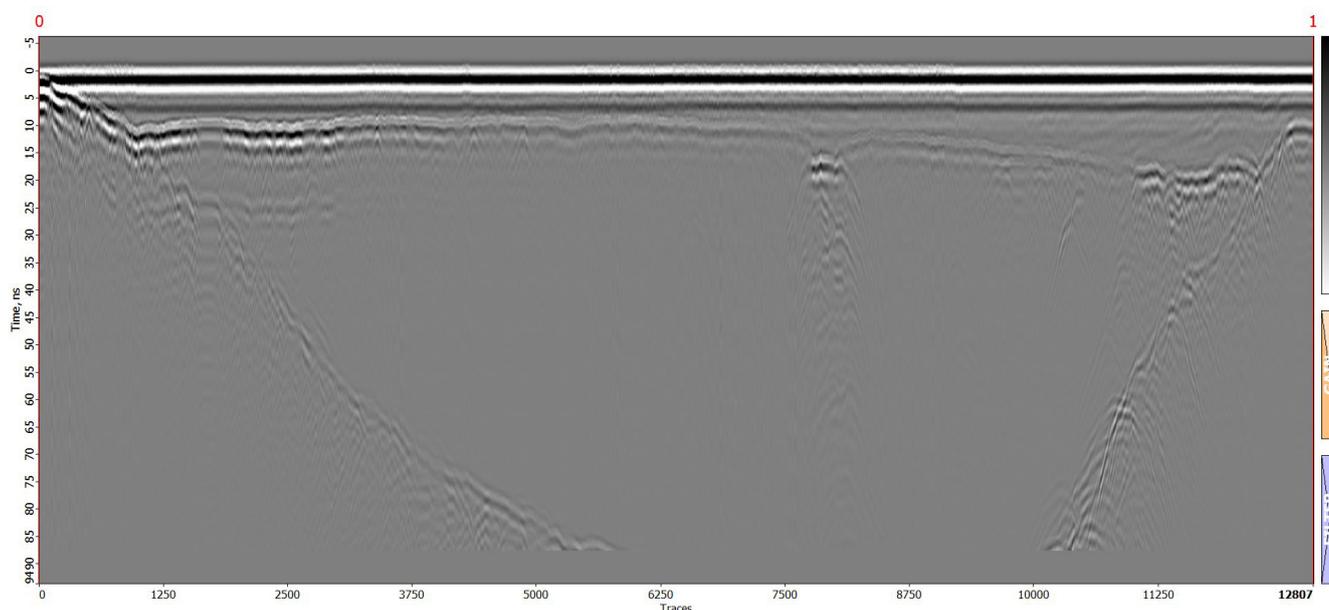


Figura 5. Radargrama obtenido con antena 900 MHz.

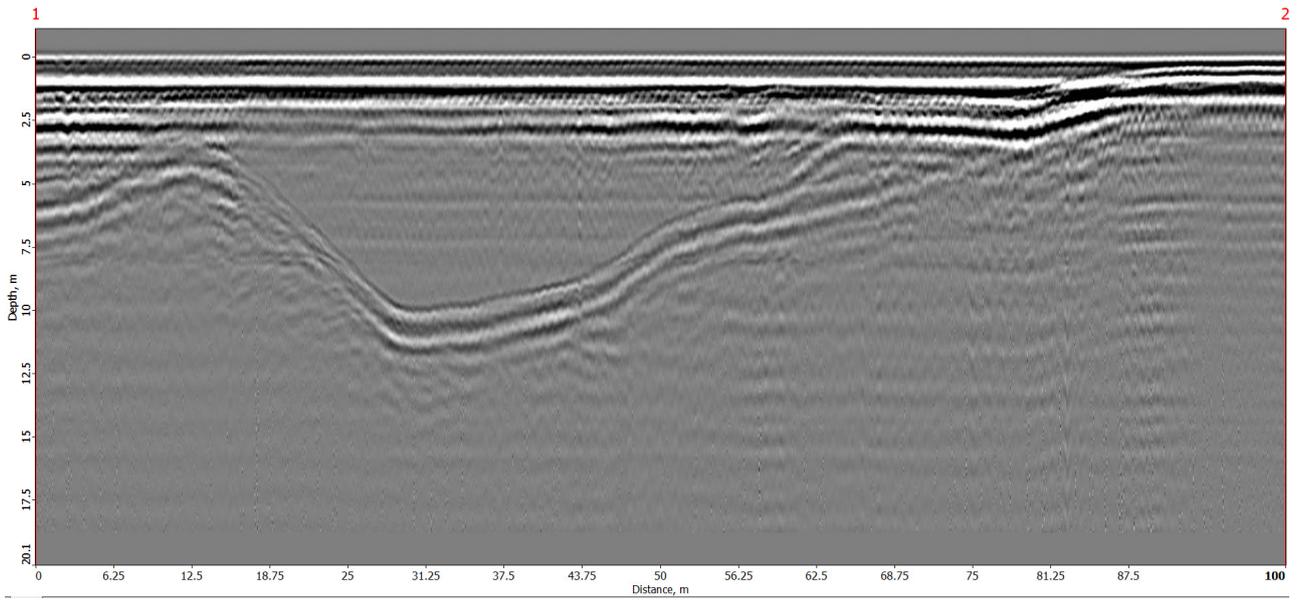


Figura 6. Radargrama obtenido con antena 150 MHz

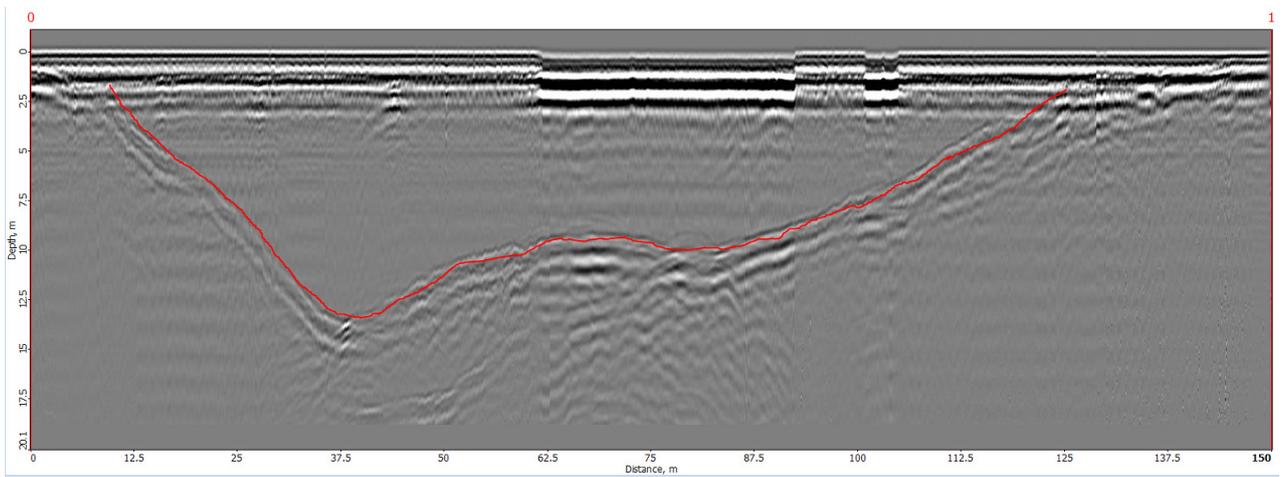


Figura 7. Radargrama obtenido con antena de 150 MHz. En rojo los límites interpretados del glaciar.

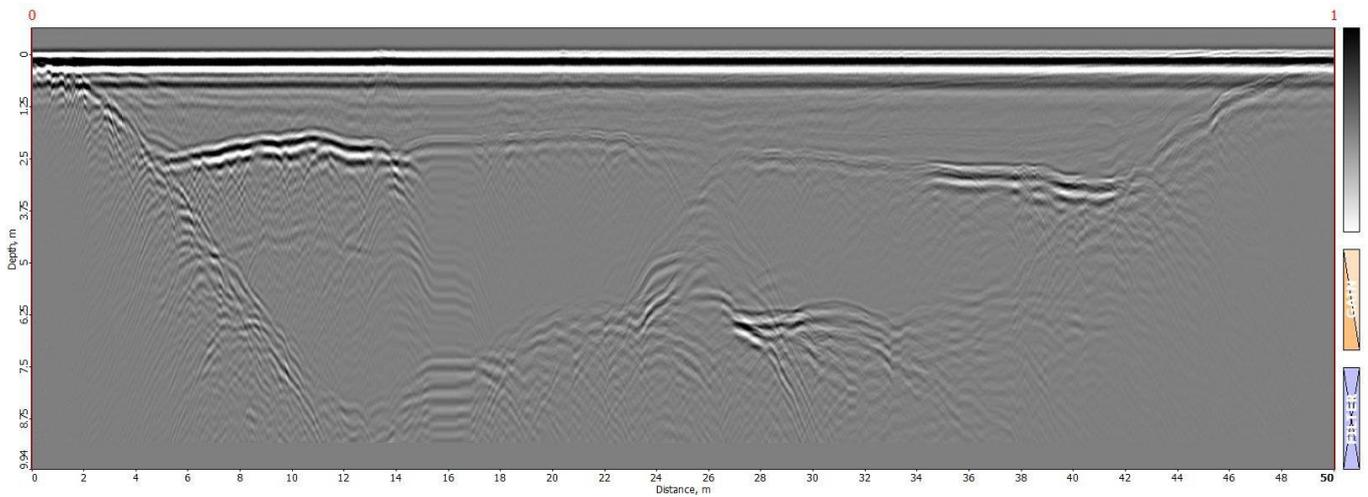


Figura 7. Radargrama obtenido con antena de 900 MHz.

glaciar es de aproximadamente 12,5 m.

En la [Figura 8](#) se muestra el radargrama de una transecta de 50 m realizada con antena de 900 MHz. Se reconocen tres zonas distintas ([Figura 9](#)), que son interpretadas como: una capa superior producto de la nieve depositada encima del glaciar, una segunda capa como el glaciar s.s y finalmente una tercer capa que podría corresponder al basamento.

Conclusiones

Se observó que utilizando la frecuencia de 150 MHz se puede obtener grandes resultados a la hora de visualizar los espesores del glaciar.

Como se esperaba, gracias al elevado contraste de los distintos materiales, se pudo estimar de forma sencilla espesor del glaciar a partir de la interpretación del contacto con el basamento.

Como se puede ver en los radargramas se llegan a profundidades de investigación máximas de 20 metros, por lo que sería necesario el uso de antenas de frecuencias menores donde el glaciar está más desarrollado, ya que a mayor distancia se espera sea más potente.

Teniendo en cuenta el último radargrama, obtenido a partir de las mediciones con la antena de 900 MHz, se puede observar que la profundidad de prospección es menor pero se gana en resolución. Es por ello, que se logró diferenciar en la zona del glaciar dos capas distintas, una que suponemos que es debida a la nieve que fue depositada recientemente encima del glaciar y otra donde se encuentra el glaciar ya consolidado y el basamento.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de los estudios realizados en el marco del proyecto financiado por el Instituto Antártico Uruguayo (IAU) denominado “Propiedades físicas y características geológicas de la BCAA” (responsable: Dra. Leda Sánchez Bettucci (Equipo: Matías Eguía, Martín Rodríguez Kacevas, Damián Dell’Acqua, Anahí Curbelo, Hernán Castro Valle, Fiorella Arduin, Esteban Abelenda). Los autores de este trabajo agradecen al Instituto Antártico Uruguayo (IAU) por la confianza brindada. Así también, agradecer a los integrantes de la dotación de la Base Científica Antártica Artigas quienes nos brindaron su apoyo logístico durante la campaña. Al Instituto Geográfico Militar quienes nos brindaron los datos topográficos y las imágenes aéreas captadas por VANT (vehículo aéreo no tripulado). Por último se agradece al GHS de Facultad de Ingeniería, por aportar el equipo GPR utilizado en la investigación.

Referencias

- Arcone S.A. 1996. High resolution of glacial ice stratigraphy: a ground penetrating radar study of Pegasus Runway, McMurdo Station, Antarctica. *Geophysics*, 61: 1653-1663.
- Blindow, N. y Thyssen, F. 1986. Ice thickness and inner structure of the Vernagtferner (Ötztal Alps): results of electromagnetic reflection measurement. *Z. Gletscherkd. Glazialgeol.*, 22(1), 43–60.
- Bogorodsky, V.V, Bentley, C.R & Gudmandsen, P.E. 1985. *Radioglaciology*. Dordrecht: Reidel, 254 pp.
- Bohleber, P., Sold, L., Hardy, D. R., Schwikowski, M., Klenk, P., Fischer, A., ... & Mayewski, P. (2017). Ground-penetrating radar reveals ice thickness and undisturbed englacial layers at Kilimanjaro’s Northern Ice Field. *The Cryosphere*, 11(1), 469-482.
- Bradford, J.H, Nichols, J., Mikesell, T.D. & Harper, J.T. 2009. Continuous profiles of electromagnetic wave velocity and water content in glaciers: an example from Bench Glacier, Alaska, USA. *Ann. Glaciol.*, 50: 1-9.
- Copland, L. and Sharp, M. 2000. Radio-echo sounding determination of polythermal glacier hydrology. In Noon, D., G.F. Stickley and D. Longstaff, eds. *GPR 2000, Eighth International Conference on Ground Penetrating Radar*, 23–26 May 2000, Gold Coast, Australi.. Bellingham, WA, International Society of Photo-optical Instrumentation Engineers, 59–64.
- Davis, J.L., Annan, A.P., 1989. Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting* 37, 531 – 551.
- Drewry, D.J., Jordan, S.R. & Jankowski, E. 1982. Measured properties of the Antarctic ice sheet: surface configuration, ice thickness, volume and bedrock characteristics. *Ann. Glaciol.*, 3: 83-91.
- Forster, R.R., Davis, C.H., Rand, T.W. & Moore, R.K. 1991. Snow-stratification investigation on an Antarctic ice stream with an X-band radar system. *J. Glaciology*, 37(127): 323-325.
- Fountain, A.G. and Walder, J.S. 1998. Water flow through temperate glacier. *Rev. Geophys.*, 36(3), 299–328.
- Fukui, K.; Sone, T.; Strelin, J.A.; Torielli, C.A.; Mori, J.; Fujii, Y.”Dynamics and GPR stratigraphy of a polar rock glacier on James Ross Island, Antarctic Peninsula” (2008) *Journal of Glaciology*. 54(186):445-451.
- Gruber, S., Ludwig, F., & Moore, J. C. (1996). Application of ground penetrating radar in glaciology and permafrost prospecting. Study paper for the Arctic

- studies programme at the Arctic centre, Rovaniemi, Finland.
- Kohler, J., Moore, J.C., Kennet, M., Engeset, R. & Elvehoy, H. 1997. Using ground-penetrating radar to image previous years' summer surfaces for mass balance measurements. *Ann. Glaciol.*, 24: 355-360.
- Moran, M.L., Arcone, S.A. & Delaney, A.J. 2000. Delineation of a temperate glacier bed using 3-D migration. *Proceedings of the Eighth International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR 2000)*. SPIE, 4084: 236-242, Gold Coast, Australia.
- Murray, T., Gooch, D.L. & Stuart, G.W. 1997. Structures within the surge front at Bakaninbreen, Svalbard, using ground-penetrating radar. *Ann. Glaciol.*, 24: 122-129.
- Navarro, F.J., Otero, J., Macheret, Y.U., Vasilenko, E.V., Lapazaran, J.J., Ahlstrøm, A.P. & Machío, F. 2009. Radioglaciological studies on Hurd Peninsula glaciers, Livingston Island, Antarctica. *Ann. Glaciol.*, 50: 17-24.
- Sadura, S., Martini, I. P., Endres, A. L., & Wolf, K. (2006). Morphology and GPR stratigraphy of a frontal part of an end moraine of the Laurentide Ice Sheet: Paris Moraine near Guelph, ON, Canada. *Geomorphology*, 75(1-2), 212-225.
- Vaughan, D.G., Corr, H.F.J., Doake, S.M. & Waddington, E.D. 1999. Distortions of isochronous layers in ice revealed by ground-penetrating radar. *Nature*, 398: 323-326.