

# AUSCULTACIÓN DE PROCESOS ACTIVOS SOBRE LA LADERA Y LA COSTA ACANTILADA DEL ENTORNO PRÓXIMO A LA BASE GABRIEL DE CASTILLA



Ropero Azañón, Miguel Ángel<sup>1</sup>; Paredes Bartolomé, Carlos<sup>2</sup>; Romero Martín, José<sup>1</sup>; Martínez Almajano, Santiago<sup>3</sup>; Garrido Simón, Jerónimo<sup>3</sup>; Castedo Ruiz, Ricardo<sup>2</sup>; de la Vega Panizo, Rogelio<sup>2</sup>; Llorente Isidro, Miguel<sup>4</sup>; de Pablo Hernández, Miguel Ángel<sup>5</sup>

(1) Laboratorio de Ingenieros del Ejército «General Marvá», Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas», Madrid, España, roperoame@inta.es - romerom@inta.es  
 (2) Dpto. de Ingeniería Geológica y Minero, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, carlos.paredes@upm.es - ricardo.castedo@upm.es - rogelio.delavega@upm.es  
 (3) Escuela Politécnica Superior del Ejército, Ejército de Tierra, Madrid, España, smalmajano@et.mde.es - jgarsi@oc.mde.es  
 (4) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España, m.llorente@igme.es  
 (5) Dpto. de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España, miguelangeldepablo@uah.es

## IX SIMPOSIO DE ESTUDIOS POLARES

5 - 7 DE SEPTIEMBRE DE 2018. MADRID. ESPAÑA

### 1 Introducción

A lo largo de la vida de la BAEGC que se asienta en el pie de una ladera de material volcánico se ha ido observando en la **evolución geomorfológica** de su entorno tres fenómenos que parece haber acelerado su comportamiento, pudiendo afectar a la estabilidad estructural de la Base. Una manifiesta **recesión del acantilado** que separa la planicie sobre la que se asienta la BGdC del nivel de la playa. Se ha constatado que esta recesión es manifiesta especialmente tras temporales marinos y tormentas, provocando la sucesiva pérdida de terreno frente a la base, el cual, o bien se repone mecánicamente, o bien se protege mediante estructuras ingenieriles, perturbando el paisaje y la dinámica de playa propia de la zona.

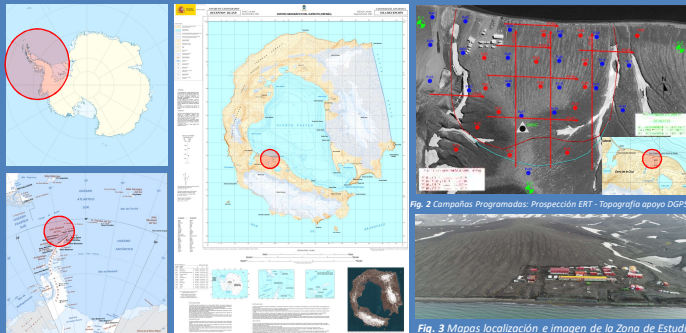
Tierra adentro, sobre la ladera colindante con la base se han reconocido dos tipos de procesos. Uno habitual de las regiones con presencia de **permafrost** en el que se constata un movimiento de la superficie del terreno de tipo lento, que origina una **erosión periglacial** que puede ser fuertemente acelerada por efecto del cambio climático. Entre las diferentes formas en las que puede darse esta erosión, los movimientos en masa de materiales altamente saturados en agua, fruto del deshielo, en forma de coladas de barro, cuya movilidad aumenta al tener una mayor masa movilizada, pueden llegar a alcanzar partes de la Base provocando graves deterioros como **desmoronamientos**.

Por último, sobre la cartografía disponible de la zona, y teniendo en cuenta su geomorfología, se ha delimitado perímetro y **grieta de cabecera** de lo que podría ser un **deslizamiento de ladera** del que se desconoce, en caso de confirmarse, su actividad. Es preciso confirmar que este movimiento del terreno es inactivo para asegurar la longevidad de la Base en lo que se refiere a la posibilidad de acciones externas que la perturben. La monitorización del problema que se está realizando abarca el complejo **efecto acoplado** de todos estos fenómenos.



Fig. 1 Imagen de la BGdC e inmediaciones objeto del proyecto

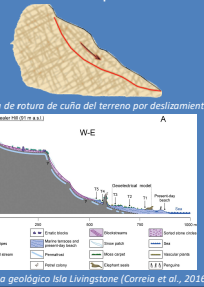
### 2 Zona de Estudio



### 3 Planteamiento

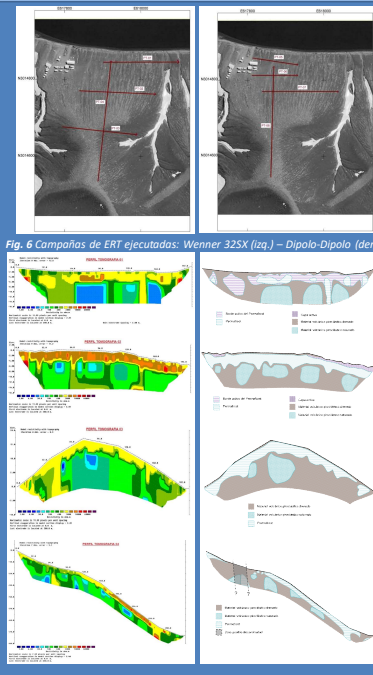
La auscultación es una tarea fundamental en el estudio de los movimientos de la ladera y de recesión sobre el acantilado para plantear las diferentes hipótesis de trabajo por estar acopladas es necesario:

- Determinar los **movimientos** involucrados en el **movimiento** (deslizamiento, flujo, desprendimiento o reptación), así como su progresión, rotura y post-rotura de los materiales y su estratigrafía.
- Determinar la presencia, profundidad, potencia (espesor) y homogeneidad del **permafrost** para el modelo mecánico e hídrico de la ladera y la costa.
- Determinar los **movimientos diferenciales** que se producen tanto en la ladera como en la costa para predecir la recesión y el colapso del terreno futuros.



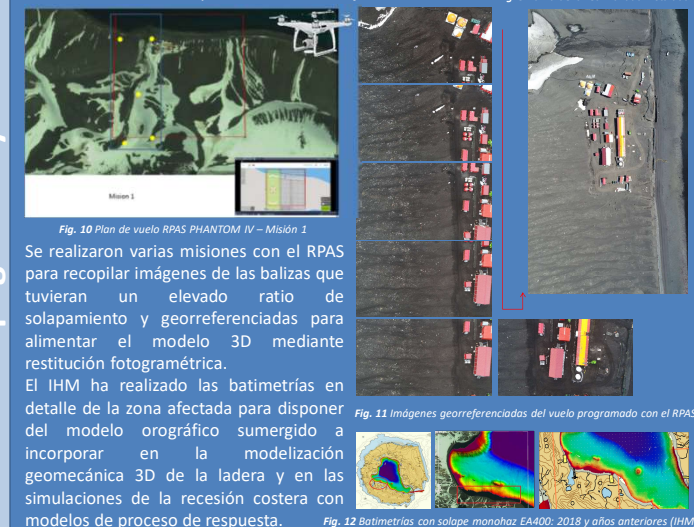
### 4 Métodos Tomográficos ERT

La aplicación de métodos de **tomografía eléctrica resistiva (ERT)** para delimitar la distribución del permafrost y la estratigrafía del suelo, es una valiosa herramienta de mínimo impacto que se utiliza habitualmente. En la campaña programada se malló la ladera con perfiles (Fig. 2) para recopilar información de toda ella. Por condicionantes meteorológicos y técnicos se ejecutó con dos protocolos (Fig. 6) siendo análogos los resultados obtenidos para ambos. Los perfiles arrojaron una distribución similar a lo esperado. En las zonas cercanas al mar la distribución de permafrost es discontinua, irregular, y puntual siendo terrenos de elevada permeabilidad y alto contenido de humedad. En la ladera, de permeabilidad media, donde las lluvias son escasas es donde se encuentran capas de permafrost más uniforme, pudiendo encontrarlo a menos de 1 m de profundidad.



### 5 Métodos Topográficos y Batimetría

Para el estudio de la ladera se ha procedido a monitorizar la orografía del terreno campaña tras campaña para realizar el seguimiento de los posibles movimientos mediante **balizas de DGPS** con la ayuda de una Estación Total y de un RPAS, generando un **modelo topográfico 3D** de seguimiento. En la Fig. 2 se refleja el posicionamiento inicial de las 36 Balizas y de las Estaciones fijas.



### 6 Análisis de Resultados

Los perfiles ERT han constatado la **presencia** uniforme en la ladera de **permafrost**, ofreciendo resistividades elevadas. Sus discontinuidades aparecen en las proximidades de la costa, donde se disgrega, apareciendo acumulaciones de hielo inmersas entre material parcialmente saturado. En cotas altas, los fuertes vientos no permiten el depósito de granulometrías finas ni precipitaciones, lo que impidió la formación de permafrost hasta llegar a la cresta. La ladera, presenta suelos ordenados, con evidentes procesos de escorrentía, recibiendo su aporte de agua de las **escasas lluvias**, de la fusión de la nieve y de la capa activa en el estío debido a la acción de los vientos cálidos y de la radiación solar directa. La elevada pendiente donde se desarrollan, la presencia de permafrost en profundidad y el desarrollo de la capa activa, no permiten que el agua se infiltre, favoreciendo su movimiento superficial. Las aguas superficiales y subterráneas fluyen gracias al gradiente hidráulico hacia la línea de costa, arrastrando materiales y agua como reflejan los valores mínimos de resistividad junto a la costa. Una vez alcanzan cotas bajas, se encuentran con **grietas** de dunas piroclásticas y **superficies lag** de pequeña inclinación, de elevada permeabilidad que facilitarían el colapso del terreno en forma de cuñas posiblemente debido a la existencia de un pequeño criokarst, como se observa que aflora en el alud del acantilado y algunas laderas de la isla

### 7 Conclusiones

El problema que se está estudiando abarca diferentes procesos que actúan de forma acoplada a diferentes escalas espaciales y temporales: recesión costera, dinámica heterogénea de la capa activa, periglaciarismo de ladera y un posible deslizamiento relicto, todos ellos causantes de efectos perjudiciales sobre las estructuras de la BGdC. Hasta el momento, los resultados obtenidos tras la primera campaña y el primer año de proyecto han permitido elaborar las siguientes conclusiones:

- El **modelo topográfico** y la **batimetría** son determinantes para conocer la evolución tanto de la costa como de los posibles movimientos, periglaciares y deslizamientos de la ladera.
- La ERT ha mostrado la distribución y potencia del permafrost en la zona estudiada, siendo determinante su ausencia en las inmediaciones de la costa para la estabilidad de la ladera al tratarse de un **terreno** muy **permeable, disgregado y sin cohesión**, fuertemente meteorizable que permite su degradación.
- La simulación del **modelo de recesión costera** está anticipando un límite temporal superior que está ayudando a tomar las medidas correctivas correspondientes para mitigar los efectos del mar en futuras campañas.



**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido desarrollado dentro del Proyecto de Auscultación de procesos activos sobre la ladera y la costa acantilada del entorno próximo de la Base Antártica Española Gabriel de Castilla del INTA - Ejército de Tierra financiado por el Ministerio de Defensa. Los autores agradecen el apoyo recibido de la dotación de la BGdC, de la Oficina de la Campaña Antártica y de la División Logística del Estado Mayor del Ejército de Tierra, al Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) y a la Universidad de Cádiz que han colaborado en la realización del Proyecto.