

# Caracterización química elemental de suelos en dos sectores libres de hielo del sur de la isla Livingston (región septentrional de la Península Antártica)

## Elemental chemical characterization of soils from two ice-free sectors in southern Livingston Island (northern Antarctic Peninsula region)

María Guirado<sup>1,\*</sup>, Gabriel Navarro<sup>2</sup>, Javier Díaz-Puente<sup>1</sup>, Antonio Garralón<sup>1</sup>, Luis Carcavilla<sup>3</sup>, José Ortega<sup>4</sup>, Rocio Millán<sup>1</sup>, Antonio Tovar-Sánchez<sup>2</sup>, Thomas Schmid<sup>1</sup> & Jerónimo López-Martínez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Energéticas Medio Ambientales y Tecnológicas -CIEMAT, Avda. Complutense 40, 28040 Madrid, Spain

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN-CSIC), Campus Universitario Río San Pedro, 11510 Puerto Real, Cádiz, Spain

<sup>3</sup>Instituto Geológico y Minero de España, C. Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, Spain

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, Spain

(\*E-mail: maria.guirado@ciemat.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28704>

### RESUMEN

Algunos ecosistemas terrestres antárticos se ven considerablemente afectados por el cambio climático, sobre todo en la región norte de la Península Antártica, que ha tenido el mayor aumento de temperatura en los últimos 60 años. Este calentamiento ha sido más pronunciado desde 2017 y ha provocado el retroceso de numerosos glaciares. Ello ha provocado la incipiente formación de suelos, que se encuentran sometidos a la acción de factores de formación (clima, biota, topografía), acción de animales (aves, mamíferos) y actividades humanas, y que evolucionan hacia una mayor producción y diversidad biológica. En este trabajo se determinó (en febrero de 2022) la composición química de los suelos en diferentes áreas de la Península Hurd y de Punta Hannah (parte meridional de la isla Livingston). En estos suelos los elementos mayoritarios (%) fueron Si, Fe, Ca, K, y Al y los minoritarios (ppm) Ti, Zr, Mn, Sr, P, y S. Estos componentes han permitido agrupar suelos según diferentes condiciones e impactos naturales, además de observar el tipo y la distribución de la vegetación como indicador del desarrollo edáfico.

**Palabras clave:** Suelos, Elementos químicos, zonas libres de hielo, impactos, Antártida

### ABSTRACT

Some Antarctic terrestrial ecosystems are greatly affected by climate change, especially in the northern Antarctic Peninsula region which has had the greatest temperature increase in the last 60 years. This increase has been more pronounced since 2017 and has caused a retreat of many glaciers. The retreat has caused the generation of soils, which are subjected to environmental effects (radiation, wind, temperatures), animal actions (birds, mammals) and human activities, and which evolve to greater biological production and diversity. Preliminary data on the chemical composition of soils were collected on February 2022 from different areas of Hurd Peninsula and Hannah Point (southern Livingston Island). The percentage of major elements (%) such as Si, Fe, Ca, K, and Al or minority (ppm) Ti, Zr, Mn, Sr, P, and S can be used to group soils according to different natural conditions and impacts. Furthermore, type and distribution of vegetation can be an indicator of soil development.

**Keywords:** Soils, Chemical elements, Ice-free zones, impacts, Antartida

## INTRODUCCIÓN

La aceleración de la descongelación y el retroceso de glaciares en la Antártida marítima están condicionados por el cambio climático (Horrocks *et al.*, 2020). Esto es especialmente notable en la región norte de la Península Antártica, donde se produce aumento de las áreas libres de hielo, debido a temperaturas más altas y mayor frecuencia de precipitaciones líquidas (Lee *et al.*, 2017). El cambio de las condiciones climáticas y sus efectos en el permafrost, aumentan el agua disponible y hacen que la Antártida marítima sea un hábitat menos extremo y más favorable para que se desarrollen ciertos organismos vivos (Convey *et al.*, 2019). Por otra parte, los procesos periglaciares y paraglaciares afectan a la hidrología, los ecosistemas y a la frágil formación de suelos, siendo predominante la meteorización física y los procesos criogénicos, especialmente por los ciclos de hielo-deshielo (López-Martínez *et al.*, 2012).

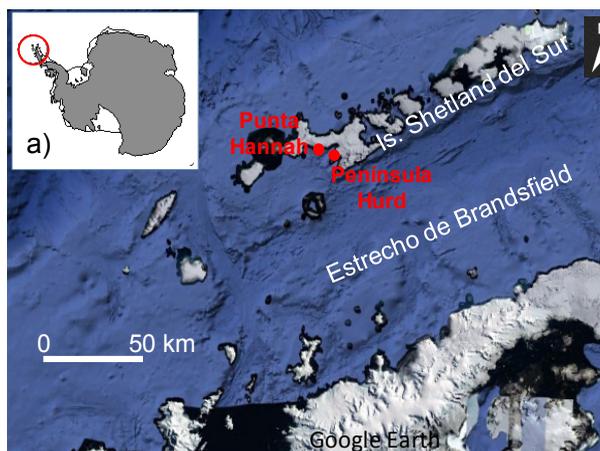
La biodiversidad terrestre antártica es considerada baja comparativamente con la de otras zonas del planeta. Esta biodiversidad depende de variaciones espaciales y temporales de: a) la presencia de vegetación, principalmente musgos y líquenes, que se encuentran en forma de pequeñas comunidades separadas por áreas libres de vegetación; y b) la acción de aves y mamíferos migratorios, que tienen alimentaciones y fisiologías significativamente diferentes en sus zonas de reproducción e invernada; y c) el impacto humano directo, por su presencia cada vez más frecuente, o bien indirecto, por la contaminación orgánica e inorgánica a larga distancia (Chown & Convey, 2007). Los factores mencionados modifican los suelos en zonas libres de hielo e influyen en la composición mineral y biológica del suelo.

El objetivo de este trabajo es contribuir a caracterizar la superficie del suelo, mediante observaciones de campo y determinación de la composición elemental en dos sectores con áreas libres de hielo en el sur de la isla Livingston, perteneciente a las Islas Shetland del Sur.

### Área de estudio

La Península Hurd (aprox. 62° 40' S, 60° 21' O) está situada en la costa sur de la isla Livingston, entre

South Bay y False Bay y ocupa un área de aproximadamente 28 km<sup>2</sup>. La Punta Hannah está situada en la costa sur de la isla Livingston (62°39' S, 60°37' O) y tiene una superficie de aproximadamente 1,22 km<sup>2</sup> (Figura 1).



**Figura 1** - Situación de la región de estudio en la Antártida (a) y localización de la Península Hurd y Punta Hannah en la isla Livingston (b).

La meteorización física de la roca es un factor dominante por las condiciones extremas, que permiten la acumulación de sedimentos no consolidados y el inicio de la formación de los suelos. La mineralogía más frecuente en la Península Hurd son plagioclasas y cuarzo y en menor medida, feldespatos potásicos y biotita (Kamenov *et al.*, 2005).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Observaciones en campo y muestreos fueron realizados en sitios como: P (pingüinera), V (vegetación) y D (suelos desnudos) en febrero de 2022. Un total de 11 sitios (SC01 - SC11) fueron seleccionados y cuatro submuestras fueron recogidas en cada sitio. El muestreo se realizó tomando un punto central (C) y submuestras en direcciones N, SE y SO a una distancia de 10 m con respecto al centro, con un ángulo de 120° entre las líneas de los muestreos (Schmid *et al.*, 2017).

La determinación de 35 elementos químicos totales, fue realizada "in situ" directamente en las 44 muestras sin tratar, mediante un equipo portátil de fluorescencia de rayos X (Vanta™ Handheld XRF

Series, marca Olympus) operado con la configuración GEOCHEM. El programa estadístico utilizado fue SPSS (ver.14), que trató los datos de los elementos más representativos de esos suelos (Si, Fe, Ca, K, Al, Ti, Zr, Mn, Sr, P, S, Zn, Rb, Y).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las observaciones de campo mostraron que una cubierta vegetal mínima suele ser un buen indicador de una superficie de terreno estable, con poca o ninguna erosión y con topografía y aporte hídrico adecuados para poder infiltrarse más allá de la superficie del suelo. Los impactos de las actividades animales o humanas tienden a concentrarse principalmente más cerca de la costa en bahías protegidas.

### Composición de elementos químicos en los suelos muestreados

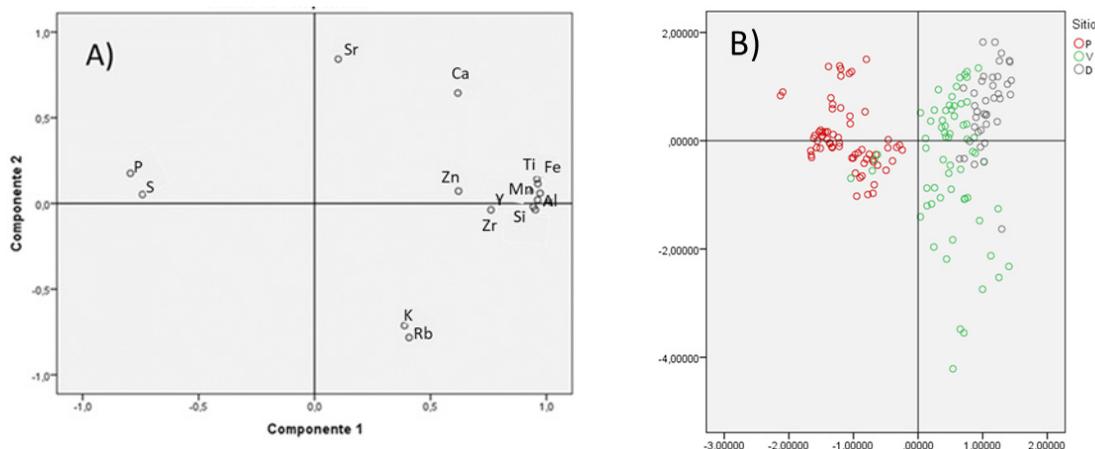
El análisis de componentes principales realizado con los elementos químicos mayoritarios, permite diferenciar distintos tipos de suelos (Figura 2). Esto es observado por la componente 1 que representa el 60% de la varianza total. De los tres grupos formados en la dirección de izquierda (-) a derecha (+) de la componente 1, aparece primero el grupo de muestras de la pingüinera, seguido de los suelos con cubierta vegetal y por último los suelos desnudos (Figura 2-B). Estos últimos presentan más proporción de elementos químicos que los de la pingüinera, que contienen una mayor proporción de

P y S, probablemente por la asociación con la materia orgánica debida al guano. Los suelos con vegetación se encuentran en medio y presentan una mayor variabilidad.

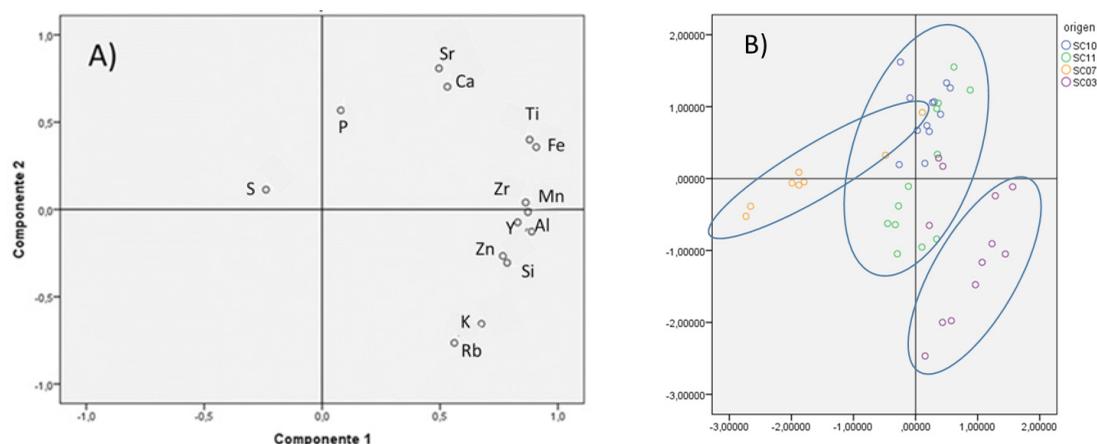
### Coberturas vegetales a lo largo de un transecto

La variabilidad en la composición química de los suelos superficiales que presentan las diferentes coberturas vegetales, se puede deber a las distintas especies de las comunidades de musgos y líquenes y sobre todo a su proporción en los pequeños "parches" que forman, sin descartar las variables topográficas y climáticas que influyen en su formación.

Los grupos representados en la Figura 3 son de cuatro muestreos o "parches" vegetales, tomados siguiendo un gradiente longitudinal en la Península Hurd, desde la costa hasta una zona cercana al glaciar. El análisis de componentes principales muestra nuevamente tres grupos (Figura 3-B) que son separados por la componente 1 que explica el 55% de la variabilidad total. En la dirección de izquierda (-) a derecha (+) de esta componente encontramos el "parche" de musgos más abundante (SC07), situado más cerca de la costa, donde la humedad es mayor, seguido de los "parches" de vegetación intermedios (SC10, SC11), que representan zonas menos abundantes en número de especies y que se encuentran más cerca de elementos como fósforo, estroncio y calcio; y el último el "parche" (SC03), con una mayor proporción de líquenes que de musgos y situado en la zona más cercana al



**Figura 2** - Componentes principales. A) Diagrama de saturación que representa los elementos del suelo. B) Dispersión de puntos que representa los distintos tipos de suelos: P (pingüinera), V (vegetación) y D (suelos desnudos).



**Figura 3** - Analisis de componentes principales de suelos con cobertura vegetal. A) diagrama de saturación con los elementos químicos más representativos. B) Diagrama de dispersión de las muestras del suelo. Las elipses representan los distintos grupos de cobertura vegetal.

glaciar, presenta una mayor proporción de Si, Zn y Al, que posiblemente se trate de silicatos. Esta diferencia entre ellos puede ser debida a la distinta abundancia y mayor diversidad de especies entre las coberturas vegetales, que modifica la composición mineral del suelo.

## CONCLUSIONES

La composición química de los suelos estudiados en la Península Hurd y en la Punta Hannah, permite diferenciar distintos impactos ocasionados por la vegetación, animales y acción antrópica. Especialmente significativo parece el papel de las coberturas vegetales y su distribución espacial, que influyen en las características edáficas. La

distribución de elementos en los suelos estudiados puede ser debida a varios factores, entre ellos litología, geomorfología, características topográficas y tiempo transcurrido desde la retirada del hielo. Todo ello ha permitido un desarrollo diferencial de los suelos y de de los impactos potenciales. Futuros estudios con estas muestras contribuirán a esclarecer algunos interrogantes planteados.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos RTI2018-098099-B-I00 y RTI2018-098048-B-I00 del Plan Estatal de I+D+i. Los autores agradecen el apoyo logístico brindado por el Programa Antártico Español.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chown, S.L. & Convey, P. (2007) - Spatial and temporal variability across life's hierarchies in the terrestrial Antarctic. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 362, n. 1488, p. 2307-2331. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1949>
- Convey, P. & Peck, L.S. (2019) - Antarctic environmental change and biological responses. *Science Advances*, vol. 5, n. 11, art. eaaz0888. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888>
- Horrocks, C.A.; Newsham K.K.; Cox, F.; Garnett, M.H.; Robinson, C.H. & Dungait J.A.J. (2020) - Predicting climate change impacts on maritime Antarctic soils: a space-for-time substitution study. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 141, art. 107682. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107682>
- Kamenov, B.K.; Zheng, X.; Dimov, D. & Pimpirev, C. (2005) - The isolated plutons in Hurd Peninsula, Livingston Island, Antarctica: Petrological and geochronological evidences of their affiliations to Barnard Point Batholith. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology*, vol. 42, p. 67-86.
- Lee, J.R.; Raymond, B.; Bracegirdle, T.J.; Chadès, L.; Fuller, R.A.; Shaw, J.D. & Terauds, A. (2017) - Climate change drives expansion of Antarctic ice-free habitat. *Nature*, vol. 547, p. 49-54. <https://doi.org/10.1038/nature22996>
- López-Martínez, J.; Serrano, E.; Schmid, T.; Mink, S. & Linés, C. (2012) - Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (Northern Antarctic Peninsula region). *Geomorphology*, vol. 155-156, p. 62-79. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.018>
- Schmid, T.; López-Martínez, J.; Guillaso, S.; Serrano, E.; D'Hondt, O.; Koch, M.; Nieto, A.; O'Neill, T.; Mink, S.; Durán, J.J. & Maestro, A. (2017) - Geomorphological mapping of ice-free areas using polarimetric RADARSAT-2 data on Fildes Peninsula and Ardley Island, Antarctica. *Geomorphology*, vol. 293, p. 448-459. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.031>