

Playa Norte (Isla Decepción)
con Isla Livingston al fondo
(20 Km de distancia aprox).

La Antártida, un paraíso para la investigación

“Nuestro trabajo establecerá las bases para el diseño de una tecnología láser portátil *in situ* que proporcionará información analítica de una forma sencilla y rápida”.

Jesús Anzano, Jorge Cáceres,
César Marina y L. Vicente Pérez-Arribas

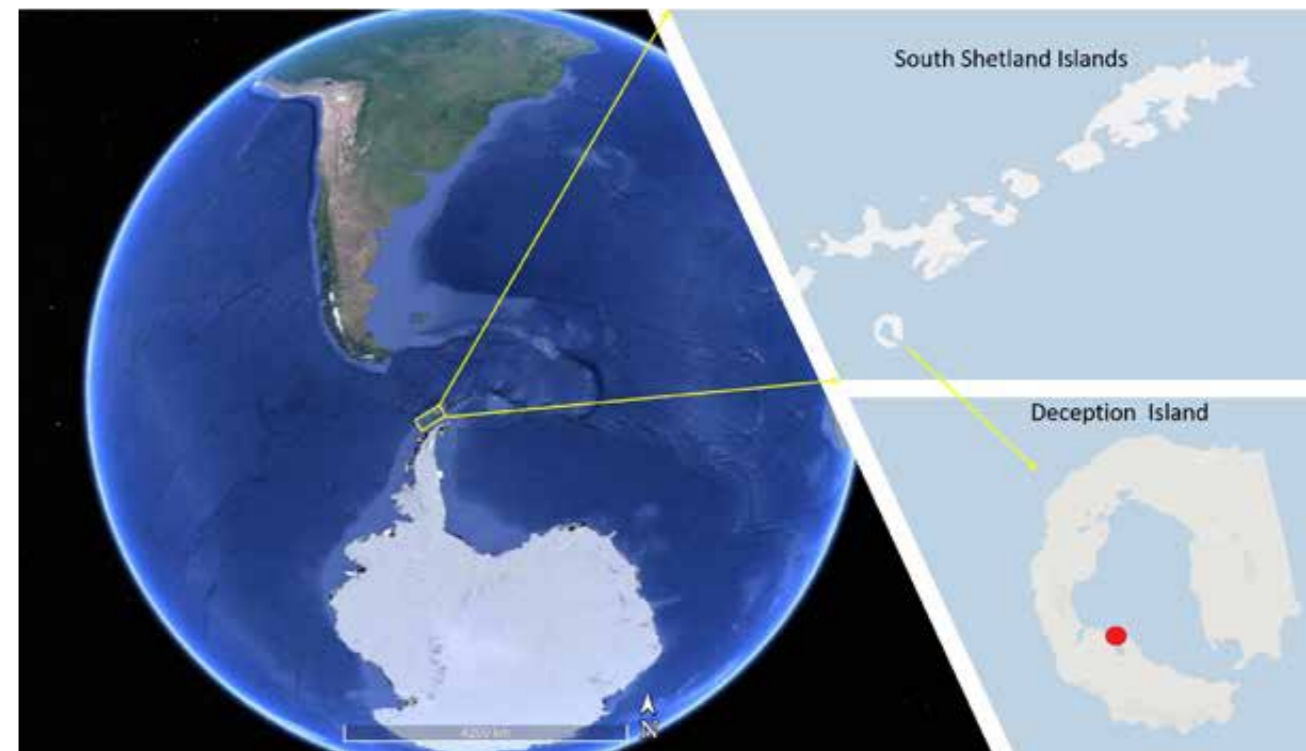


Imágenes cedidas por los autores.

▲
Cráteres 1970
(Isla Decepción).

Hace 30 millones de años, cuando se completó la separación de la Antártida y América del Sur, el Atlántico y el Pacífico se dividieron y se formó el paso de Drake o Mar de Hoces generando, además, la corriente circumpolar antártica que aísla completamente al continente. Las aguas cálidas que llegaban hacia el sur aportaban calor en ese lugar, afectando a la atmósfera y haciendo que las precipitaciones fuesen en forma de nieve, que paulatinamente se fue acumulando hasta crear un glaciar enorme, más grande que Europa y con un espesor medio de unos tres kilómetros. La Antártida está considerada como el lugar más virgen y remoto del Planeta, siendo el laboratorio ideal para el estudio del impacto que tienen los aerosoles en el medioambiente.¹ Nuestra presencia en la Antártida es para llevar a cabo un proyecto, reto de la comunidad científica, que trata de establecer la distribución mineral en la Antártida, muy interesante para estudios de interpretación en los deshielos de los glaciares.

El pasado mes de noviembre, y ya es la cuarta campaña, el equipo de investigación Química y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zara-



▲
Mapa de la expedición.

goza y Química Láser de la Facultad de Químicas de la Universidad Complutense de Madrid trasladó su conocimiento científico, material, esfuerzo y madrugones a miles de kilómetros de sus respectivos laboratorios. La Antártida se convirtió en el entorno paradisiaco de nuestro trabajo, cuya experiencia personal y profesional fue desarrollada en esta campaña antártica en las Bases Antárticas Españolas (BAE) Juan Carlos I y Gabriel de Castilla (GdC).

VIAJE A LA ANTÁRTIDA

Nuestra expedición comenzó con el envío de los equipos instrumentales y material necesarios al puerto de Cartagena para su carga en el Buque de Investigación Oceanográfico (BIO) Hespérides. En esta campaña se utilizaron dos captadores de material particulado, uno de ellos equipado con un sistema para obtener compuestos orgánicos volátiles (COV's). En la presente campaña hemos incorporado un láser de Neodimio-YAG para caracterizar, en Isla Decepción, los componentes minerales de las muestras obtenidas y probar nuestra tecnología láser para la próxima campaña en el análisis "in situ" del material. El pasado 5 de marzo se terminó la

“La Antártida está considerada como el lugar más virgen y remoto del Planeta.”

REFERENCIAS

1. E. Shackleton, *Sur-Relato de la Expedición del Endurance y del Aurora 1914*, Ed. Interfolio, 2014.

toma de muestra en la Antártida iniciando, dichas muestras, un viaje de retorno en las neveras y congeladores del BIO Hespérides con rumbo a España.

Nuestro equipo expedicionario en la presente campaña estaba formado por César Marina Montes, Jorge Cáceres Gianni y Jesús Manuel Anzano Lacarte. Además, el grupo se ha completado con la participación en el trabajo de análisis de resultados de Luis Vicente Pérez-Arribas en la UCM. La Antártida es un lugar que provoca una sensación muy difícil de transmitir. Por eso, queremos dejar aquí las primeras impresiones que tuvimos cuando llegamos a ella.

César Marina Montes, tras varios días de viaje llegó el 6 de enero a la isla Decepción, aunque realizó una estancia previa en la BAE Juan Carlos I, en Isla Livingston. Su primera impresión de dicha isla nos la describe así:

“La Isla Livingston es la segunda isla más grande de las Shetland de Sur, y al igual que sus compañeras, es de origen volcánico. La isla destaca por su gran cantidad de montañas, caletas, acantilados y glaciares, así como por áreas especialmente protegidas como el cabo Shirref o la Península Byers. Además de por las grandes poblaciones de lobo marino antártico, el cabo Shirref es conocido por el supuesto naufragio del navío español San Telmo en 1819. La península Byers es un área libre de hielo donde España cuenta con un pequeño campamento para el estudio sobre todo de su fauna y flora”.

Jesús Manuel Anzano Lacarte llegó a isla Decepción vía marítima desde Ushuaia a bordo del Hespérides, atravesando en mar de Hoces o estrecho de Drake. Su descripción de la llegada a la isla es la siguiente:

“En la Noche de Reyes, el Hespérides atraviesa los fueles de Neptuno para entrar en la Isla Decepción, de áridas laderas volcánicas, playas con fumarolas, hábitat de un volcán inquieto donde se encuentra la BAE Gabriel de Castilla, lugar donde casi durante un mes fui testigo del silencio, del respeto a la naturaleza, del trabajo científico con grandes compañeros y de la convivencia muy especial entre científicos y militares”.

Jorge Cáceres Gianni llegó a isla Decepción a bordo del Hespérides unas semanas después, también desde Ushuaia. Su impresión fue la siguiente.

“Es una experiencia única y muy enriquecedora, estás en contacto directo con un grupo de personas (el personal

del Ejército de Tierra) que están allí para apoyar con una logística muy compleja de los proyectos de investigación. También conoces a otros compañeros científicos y sus proyectos de investigación, sobre los que aprendes mucho y pones en valor el enorme esfuerzo que supone la campaña Antártica Española en este sitio tan remoto y con unas condiciones climáticas extremas.

Esta convivencia durante tanto tiempo hace que se forjen nuevas amistades y sientes que formas parte de una familia, que a mí me gusta llamar familia Antártica. En estos momentos que se redacta este artículo, muchos de ellos están aún en el barco Hespérides que, dada la situación de alarma generada por el coronavirus, además de tener que adelantar el cierre de las bases no han podido desembarcar y tomar un vuelo a España como estaba previsto y continúan navegando hacia el norte. Espero que su situación se solucione pronto”.

ISLA DECEPCIÓN: UN VOLCÁN BAJO EL HIELO DE LA ANTÁRTIDA

La Isla Decepción, con su peculiar forma de herradura al noroeste de la península Antártica, es un volcán activo que alberga desde 1989 la base española Gabriel de Castilla. La Isla Decepción pertenece al archipiélago de las Shetland del Sur, en la Antártida. Se sitúa al noroeste de la península Antártica en el estrecho de Bransfield. Se trata de una isla volcánica de forma aproximadamente circular con un diámetro medio de 15 km. La isla alberga en su interior una gran bahía, llamada Puerto Foster, que tiene una estrecha abertura de unos 150 m, que se conoce como Fuelles de Neptuno y que la comunica con el exterior. Más del 50% de la isla está cubierta por glaciares, especialmente en su zona noreste, donde también se localizan las tierras más elevadas. En algunos casos están cubiertos por los piroclastos (fragmento sólido de origen volcánico) generados por las erupciones, formándose así los denominados glaciares negros.²

2. V. Carrera, Antártida, 2020, Ed. Del Viento



◀ Isla Livingston.



▶ Bahía Falsa (Península Hurd, Isla Livingston).



Arriba) Fueles de Neptuno y puerta del Isla Decepción, y lobos marinos en Punta Entrada (Isla Decepción).



Abajo) Colaboración científico militar.

El Glaciar Negro es un lugar simbólico de Isla Decepción, formado de una mezcla de cenizas del volcán y de hielo con sus colores predominantes de blanco y negro. Próximo a este glaciar negro se encuentra el glaciar rojo y verde que nos da una imagen espectacular a nuestra vista. Visitarlo fue impresionante, máxime cuando pudimos acceder a un iceberg desde la zodiac con ayuda de Óscar y Marcos, militares que nos acompañaron en la toma de muestra en dicha zona. Cuando nos alejábamos del lugar, escuchamos sus chasquidos como si nos dijese adiós, una sensación difícil de describir.

Otro lugar de interés en la isla es Bahía Balleneros, diría que una de los lugares más impactantes, donde en la década de 1920 empresas noruegas trataban el aceite de ballena y sus derivados. Más de 30.000 ballenas fueron

cazadas en la isla en un solo año. Recorrerla recogiendo muestras de suelo y adentrarse en los almacenes y en las casas de los balleneros, hace pensar que, no hace mucho tiempo, se comercializaba con estos animales. Estos vestigios son testigos de una de las etapas más tristes del continente helado. El mundo ha cambiado y ha permitido recuperar este hábitat para que las ballenas puedan volver a su hogar.

Otro escenario importante en Isla Decepción es Caleta Péndulo, una cala en el lado noreste de Puerto Foster. Su nombre se deriva de las observaciones pendulares y magnéticas hechas allí por la expedición británica dirigida por Henry Foster en 1829. En el entorno destacan las fumarolas en las que se han registrado temperaturas del agua superiores a los 70° C.



Arriba) Caleta Péndulo.

Abajo) Base Antártica Española Gabriel de Castilla (Isla Decepción).



BASE ANTÁRTICA ESPAÑOLA GABRIEL DE CASTILLA

El 20 de diciembre de 1989 fue inaugurada la Base Antártica Española Gabriel de Castilla (BAE GdC), situada en la zona sudoccidental de la isla dentro de la Bahía Puerto Foster. La base mantiene la presencia de España en el territorio antártico, en cumplimiento a los acuerdos suscritos por nuestro país en el marco del Tratado Antártico, velando por el estricto cumplimiento y respeto a la legislación internacional relativa a la Antártida. Se desarrollan también proyectos de investigación y experimentación de interés para el Ejército de Tierra y de colaboración en labores de investigación científica. Se suelen realizar en Isla Decepción y en

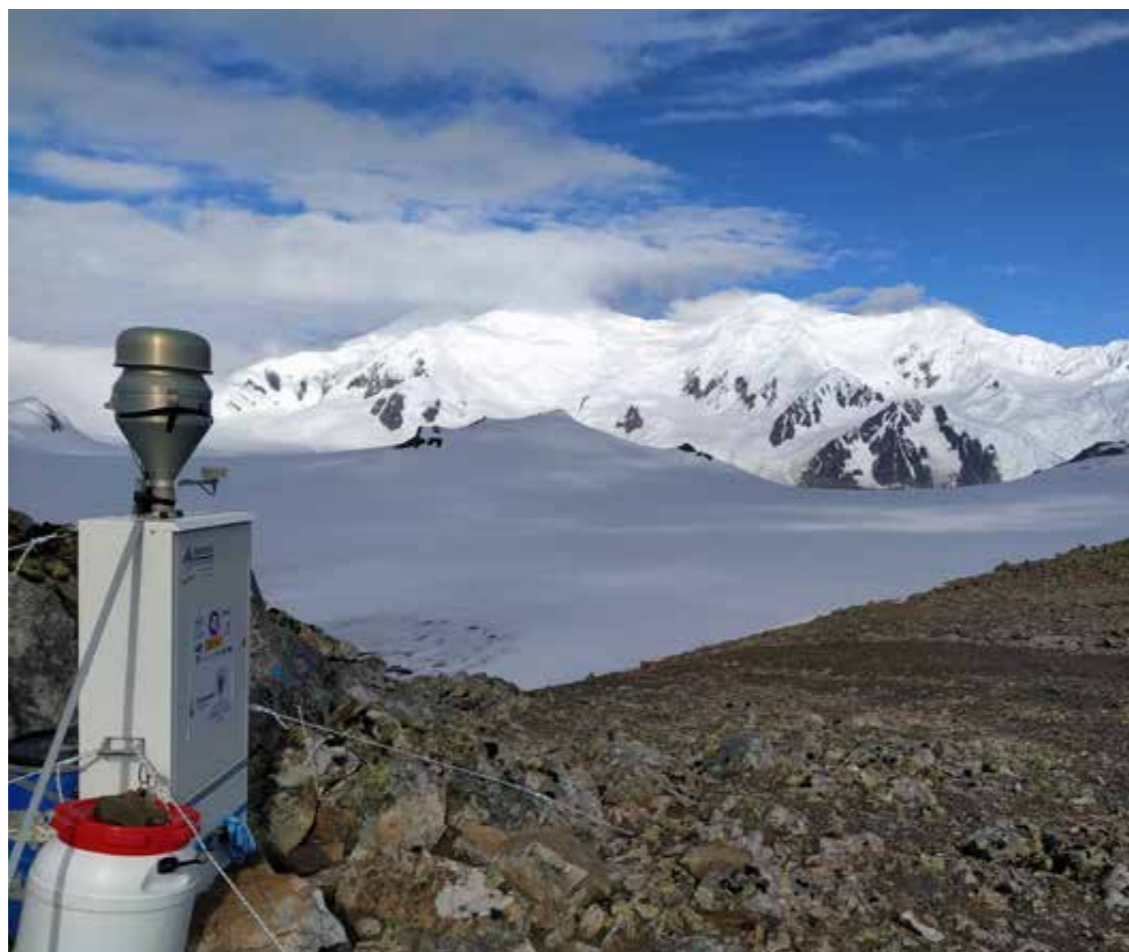
“Otro escenario importante en Isla Decepción es Caleta Péndulo, una cala en el lado noreste de Puerto Foster.”



Imágenes cedidas por los autores.

Arriba) Colaboración científico-militar.

Abajo) Captador de material particulado en Monte Sofía (Isla Livingston, 275m).



aquellos otros lugares del territorio antártico que se determinen. La BAE GdC da, por tanto, acomodo y soporte técnico a numerosos proyectos de investigación tanto del ámbito civil como militar.³

Existe una estrecha relación científico-militar que se manifiesta desde el momento del embarque en el Hespérides con la Armada Española y que cristaliza al llegar a la Base Antártica de Isla Decepción, gestionada por el Ejército de Tierra. La recepción es magnífica como si se recibiera a un miembro más de la familia, familia antártica en este caso. Las actividades en la Base compaginan la convivencia en común con la actividad científica. Aunque las reglas de convivencia están muy definidas, no entorpecen en ningún caso el trabajo científico. Hay que señalar que esta organización rigurosa nos ha permitido cumplir nuestros objetivos, a la vez que hacer algún avance para próximas campañas.

El día comenzaba a las 8 de la mañana con el desayuno. Inmediatamente se iniciaban las actividades programadas hasta la hora de la comida, continuándose hasta las 20 h. Por la mañana, con la ayuda de los militares, se realizaba el trabajo de toma de muestras, mientras que por la tarde se trabajaba en el módulo científico de la base. A las 20:30 nos reuníamos para exponer las actividades realizadas y programar las del día siguiente. Además, todos estábamos implicados en las actividades domésticas. Terminábamos el día con alguna película, o con una partida del torneo de fútbol, muy consolidado a lo largo de todas las campañas antárticas. A diario se producían charlas, videollamadas y conferencias que precisan de una red fuerte (afortunadamente el *whatsapp* sí funciona). A casi trece mil kilómetros de España, poder mandar un mensaje a tu familia se convierte en todo un lujo. Un viaje científico a la Antártida es una experiencia sacrificada, pero de la que todos, en un futuro no muy lejano, nos veremos beneficiados. Los domingos realizábamos excursiones con el objetivo de reconocer las rutas de evacuación en la isla.

PROYECTOS CIENTÍFICOS

En la campaña antártica española 2019/2020 participaron trece proyectos: ocho financiados por la Agencia Estatal de Investigación, cuatro proyectos de mantenimiento de series temporales históricas y un proyecto del Instituto Hidrográfico de la Marina, además de la actividad de la Agencia Estatal de Meteorología. En su conjunto han participado alrededor de 200 personas entre investigadores y personal de apoyo perteneciente a las bases.

Nuestro proyecto fue la *Caracterización de aerosoles atmosféricos en la Antártida, CA3*.^{4,5} Los aerosoles son compuestos sólidos o gaseosos que se originan de manera natural (erupciones volcánicas, polvo mineral, etc.) y antropogénica (quema de combustibles fósiles, agricultura, etc.) afectando a la formación de nubes y al clima global. También influyen sobre los ecosistemas. Pueden causar cambios en la acidez de la lluvia o la eutrofización de las aguas. Otros efectos de los aerosoles presentes en la atmósfera son el deterioro de los materiales de construcción o la disminución de la visibilidad por aumento de la turbidez del medio. Son nocivos para la salud humana por su afección a las vías respiratorias.

Los estudios llevados a cabo en Isla Decepción e Isla Livingston revelan altas concentraciones de diversos metales pesados en el aire de la isla (Pb, Cu, Zn, etc.) en concentraciones muy superiores a la composición del suelo de la isla, lo que evidencia su origen antropogénico.⁶ Por otra parte, un estudio reciente para determinar el origen de esta contaminación demuestra que la mayor parte de las partículas en suspensión son movidas por vientos circumpolares, sin observar una

-
3. Ver <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Antartica/antartica/>
 4. Ver <http://laantartida.unizar.es>
 5. Ver <http://www.antarctic-aerosols.com/>
 6. Cáceres J.O., Sanz-Mangas D., Manzoor S., Pérez-Arribas L.V., Anzano J., "Quantification of particulate matter, tracking the origin and relationship between elements for the environmental monitoring of the Antarctic region". *Science of The Total Environment*, 665, 125, 2019.



Imágenes cedidas por los autores.

contribución continental importante de este incremento de metales pesados.⁷ Dado que alguno de estos metales se encuentra de forma natural en las heces de los pingüinos, el objetivo del muestreo de las mismas es poder esclarecer qué metales se encuentran en ellas, así como qué porcentaje de esta contaminación en el aire procede de la distintas pingüineras.

El mejor conocimiento del material particulado atmosférico presente en las zonas de toma de muestras nos va a ayudar a una mejor comprensión del estado actual del medioambiente antártico, una zona especialmente singular tanto por sus particularidades climáticas como por su aislamiento. Por otro lado, la disponibilidad de métodos analíticos capaces de proporcionar información sobre la distribución de elementos minerales en filtros de aire es un aspecto clave en el ámbito de las ciencias ambientales. La obtención de imágenes elementales ayudará a interpretar el papel de ciertos elementos metálicos en relación al cambio climático. La ablación láser LIBS combinada con la técnica imaging (micro-LIBS), que se desarrollará en el Institut Lumière et Matière de la Université Claude Bernard Lyon I bajo la dirección de Prof. Vincent Motto-Ros, nos permitirán obtener mejores resultados en las determinaciones sin

necesidad de tratamiento de muestra. No se han diseñado hasta la fecha sistemas rápidos de determinación y caracterización de aerosoles mediante técnicas láser específicos para la Antártida. Nuestro trabajo establecerá las bases para el diseño de una tecnología láser portátil "in situ" que proporcionará información analítica de una forma sencilla y rápida.

.....
 7. Marina-Montes C., Pérez-Arribas L.V., Escudero M., Anzano J., Cáceres J.O., "Heavy metal transport and evolution of atmospheric aerosols in the Antarctic region". *Science of the Total Environment*, 721: 13702, 2020.

FUTURO

A punto de presentar nuevos resultados, que se incorporarán a la red de centros de investigación polares, ya miramos a la próxima campaña para la que queda poco más de medio año. Queremos llevar una técnica "in situ" de espectroscopía láser. La tendencia es, con cada campaña, convertir la isla en un auténtico laboratorio. Las técnicas que se van a aplicar permitirán la caracterización de las muestras y la determinación de sus lugares de origen, lo que unido al análisis de las situaciones sinópticas que presenta la atmósfera permitirá avanzar en el conocimiento de la circulación general atmosférica en las altas latitudes del hemisferio Sur.

Jesús Anzano y César Marina
 Dpto. de Química Analítica
 Facultad de Ciencias
 Universidad de Zaragoza

Jorge Cáceres y L. Vicente Pérez-Arribas
 Dpto. de Química Analítica
 Facultad de Químicas
 Universidad Complutense de Madrid

AGRADECIMIENTOS

Ejército de Tierra del Ministerio de Defensa, Armada Española, Unidad de Tecnología Marina, UTM, Comité Polar Español, CPE, Ministerio de Ciencia e Innovación, Universidad Complutense de Madrid y Universidad de Zaragoza.

<https://www.facebook.com/ProyectoCA3>
<https://twitter.com/AntartidaCA3>
https://www.instagram.com/proyecto_ca3
<https://www.youtube.com/watch?v=YRuEdMkabh4&t=7s>