

CANARIAS: CUANDO EL MAGMA ALCANZA EL COSMOS

Discurso leído en el acto de su recepción como
Académico Numerario por

Dr. D. Jesús Martínez Frías

el día 27 de mayo de 2022

CANARIAS: CUANDO EL MAGMA ALCANZA EL COSMOS

CANARIAS: CUANDO EL MAGMA ALCANZA EL COSMOS

Discurso leído en el acto de su recepción
como *Académico Numerario* por
Dr. D. Jesús Martínez Frías
el día 27 de mayo de 2022

Arrecife (Lanzarote), Sociedad Democracia

“Conquistamos lugares remotos con cierto romanticismo. Esa atracción, sospecho, se ha ido desarrollando cuidadosamente, por selección natural, como un elemento esencial para nuestra supervivencia...” “Quizá debamos nuestra propia existencia, la de nuestro grupo o incluso la de nuestra especie a unos cuantos personajes inquietos, atraídos por un ansia que apenas eran capaces de articular o comprender hacia nuevos mundos y tierras por descubrir. Herman Melville, en Moby Dick, habla en favor de los aventureros de todas las épocas y latitudes:

«Me agita una atracción permanente hacia las cosas remotas. Adoro surcar mares prohibidos...»

Quizá todavía es pronto. Puede que no haya llegado el momento. Pero esos otros mundos, que prometen increíbles oportunidades nos hacen señas. Silenciosamente, todos ellos describen órbitas alrededor del Sol... esperándonos.”

Carl Sagan – Un punto azul pálido

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
1.- De los estudios mineralógicos en la Gomera a la exploración de la Luna y Marte en Tenerife.....	12
1.1 La Gomera.....	12
2.- De Tenerife a Lanzarote, pasando por El Hierro...hacia la habitabilidad humana en el espacio.....	20
2.1. Tenerife.....	20
2.2. El Hierro.....	28
2.3. Lanzarote.....	31
3.- Consideraciones finales	43
AGRADECIMIENTOS.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	48

Excmo. Sr. Presidente
Señoras y Señores académicos
Señoras y Señores
Amigas y amigos

INTRODUCCIÓN

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a la Academia de Ciencias, Ingenierías y Humanidades de Lanzarote y, en especial, a su presidente, Excmo. Sr. D. Francisco González de Posada, principal artífice de que hoy esté de nuevo aquí. Es un honor para mí formar parte de esta Institución, no solo por el prestigio de todos los miembros que la constituyen, sino por lo que Canarias en general y Lanzarote en particular representan para mí, tanto desde el punto académico, científico y profesional como personal.

Como ya indicaba en mi anterior discurso, vengo trabajando desde hace más de 30 años en este maravilloso archipiélago, en una evolución científica, que me ha llevado desde mis inicios puramente mineralógicos y geoquímicos, estudiando las fases minerales metálicas de los complejos ígneos, hasta las investigaciones más recientes y vanguardistas enfocadas en la geología planetaria y astrobiología.

Y este es precisamente el relato que pretendo narrar aquí, a modo de *viaje científico y personal*. Básicamente, la síntesis de una trayectoria en la que Canarias siempre ha estado presente. Un *viaje* en el que, como suele ser habitual, suele ser tanto o más importante todo lo que acontece durante su desarrollo que el desenlace final.

Como tendré la oportunidad de explicar más adelante, todo empezó en 1988, casi de manera casual, en La Gomera, el *viaje* se inició allí y continuó posteriormente hacia Tenerife, una isla geológicamente impresionante donde, durante varios años, centré gran parte de mis actividades, que aún continúan. El tercer destino fue también inesperado, El Hierro, todo como consecuencia de la erupción submarina y, finalmente, desde 2013, como ya tuve la oportunidad de explicar en mi anterior discurso, *Lanzarote: una perla científica y un laboratorio natural único*, en la que seguimos investigando y que no cesa en su afán de proporcionarnos una ventana abierta a temáticas científicamente novedosas e innovadoras en las que convergen Tierra y Espacio.

El binomio Tierra-Cosmos ha estado presente desde el principio y marca el título del presente discurso en el que desde el volcanismo y el hidrotermalismo de Canarias, desde el magma, se alcanza conceptual y temáticamente el cosmos de manera interdisciplinar, principalmente la Luna, Marte y también los asteroides.

Sí, Canarias tiene un cielo maravilloso y privilegiado para hacer astronomía y astrofísica, pero también una geología y geodiversidad extraordinarias, que la convierten en una plataforma única para investigaciones sobre geología planetaria y astrobiología (Martínez Frías et al. 2008; Martínez Frías, 2014, 2020, 2021).

La Luna y Marte son dos cuerpos planetarios fundamentalmente volcánicos que difieren en su origen y evolución, y que, como se ha indicado previamente, constituyen los próximos destinos de nuestra migración hacia el espacio por prácticamente todas las agencias espaciales (y también algunos agentes privados). Los asteroides también son un objetivo prioritario.

Tanto nuestro satélite, como el planeta rojo y los asteroides cercanos a la Tierra (NEAs) pueden considerarse los próximos lugares donde desarrollaremos actividades en el próximo siglo, tanto las relacionadas con planetología comparada, búsqueda de vida y otras

actividades astrobiológicas, como para nuestra propia habitabilidad en el espacio y sostenibilidad en la Tierra.

Las Islas Canarias (Fig. 1) son uno de los mejores modelos/análogos del mundo para el desarrollo de estas y otras iniciativas geológicas y astrobiológicas y personalmente me siento afortunado y orgulloso por haber sido su impulsor, cuando investigar sobre estos temas bajo esta perspectiva se consideraba prácticamente ciencia-ficción. Hoy es ya ciencia avanzada.



Fig. 1: Fotografía del archipiélago canario desde el espacio, concretamente desde el MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer en el satélite Terra de la NASA. 15 de Junio de 2013. Esta imagen fue elegida como imagen del día el 20 de junio de 2013. Cortesía de Jeff Schmaltz, LANCE/EOSDIS MODIS Rapid Response Team. GSFC.

1.- De los estudios mineralógicos en la Gomera a la exploración de la Luna y Marte en Tenerife

En 1988 me encontraba en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid como becario postdoctoral bajo la supervisión del Prof. José López Ruiz. Mi tesis doctoral había sido sobre procesos de mineralización hidrotermal de sulfuros y sulfosales y esto llevó al Prof. López Ruiz a encargarme del estudio y análisis, mediante microsonda electrónica, de las fases metálicas presentes en las rocas volcánicas del SE peninsular y su aplicación como geotermómetros, concretamente los pares de magnetita-ilmenita. Fue precisamente allí, en el museo, donde me reencontré con mi buen colega y amigo, el Dr. José Antonio Rodríguez-Losada, que acababa de obtener su plaza de profesor de la Universidad de La Laguna (Tenerife) y también pretendía realizar análisis de microsonda de algunas fases minerales. Su tesis doctoral se centraba en el complejo traquítico-fonolítico de La Gomera y coincidimos en que podría ser interesante abordar el estudio de las fases metálicas presentes en esta zona.

1.1. La Gomera

El estudio realizado en La Gomera fue realmente importante, pues me permitió adentrarme en la geología de la isla y del conjunto del archipiélago. Esta fue mi primera incursión científica, hace ahora 34 años, en la investigación geológica y mineralógica de Canarias, publicando los resultados en la Revista de la Sociedad Geológica de España (Rodríguez-Losada et al, 1990).

La isla de La Gomera, es la única de todo el archipiélago sin actividad volcánica reconocida en el último millón de años. Está formada por cuatro ciclos magmáticos: 1) complejo basal (entre 20-14 Ma), 2) ciclo antiguo, integrado por los basaltos antiguos y el complejo traquítico-fonolítico (entre 11-9 Ma), 3) ciclo de los basaltos subrecientes (entre 9-7 Ma) y 4) ciclo reciente (4.5 Ma), formado por los basaltos horizontales y las intrusiones félsicas en forma de domo (serie de los Roques). En nuestra investigación, definimos, por primera vez, la existencia de fases metálicas asociadas a procesos hidrotermales en La

Gomera con paragénesis pirita-pirrotina y magnetita-ilmenita (Fig. 2) y me abrió la puerta “mentalmente” a comprender la relevancia de estos estudios con respecto al descubrimiento de ilmenita en la Luna a cargo de Harrison Schmitt, geólogo y astronauta de la misión Apolo 17.

Como ya indicaba en el discurso anterior, el hallazgo de ilmenita y su riqueza en los basaltos de los “maria” es muy relevante en el contexto del descubrimiento de los suelos anaranjados lunares, no solo por lo que supone desde el punto de vista científico, sino por su futura utilización como recurso de habitabilidad (extracción de oxígeno a partir de los óxidos lunares: un tema importante que estamos actualmente investigando en Lanzarote.



Fig. 2: Cristales de pirita con inclusiones de pirrotina descubiertos y estudiados en la Gomera. La asociación magnetita-ilmenita también forma parte del mismo contexto (Rodríguez-Losada, 1990).

En las rocas alcalinas de Tamargada (La Gomera), se observan cristales subidiomorfos de magnetita, frecuentemente atravesados por pequeñas venillas y glóbulos de ilmenita, exseltos de la magnetita, además de cristales de pirita con pequeñas inclusiones de pirrotina (Fig. 2). El par de estos dos minerales señala un intervalo de estabilidad entre

700 y 790°C que corresponde a la temperatura de emplazamiento y cristalización magmática de estas intrusiones alcalinas.

Este primer estudio realizado en La Gomera fue el desencadenante de todas las investigaciones que vinieron después en el archipiélago y supuso el fundamental enlace científico con un trabajo posterior que desarrollamos comparando este complejo intrusivo con el de Tenerife (Rodríguez-Losada y Martínez Frías, 1998), considerados ambos los episodios magmáticos más antiguos de las dos islas.

El siguiente estudio desarrollado en Tenerife, se produjo ya en un contexto nacional e internacional en el que los análogos planetarios (especialmente para la Luna y Marte) empezaban a despuntar científicamente y en España fuimos pioneros. Por ello, al encontrarme inmerso en ambas temáticas: procesos de mineralización y análogos/astrobiología, las investigaciones en Tenerife fueron cruciales para crear las sinergias conceptuales que sentaron las bases de estudios posteriores, que, poco a poco, se iban estructurando dando forma a mi propia estrategia científica.

Pudimos realizar caracterizaciones comparadas de los procesos ígneos e hidrotermales asociados a ambas mineralizaciones, tanto referidos a la composición de las piritas como a las del par magnetita-ilmenita, con su subsecuente uso como geotermómetro (con temperaturas en Tenerife de entre 660°C – 710°C, muy cercanas a las obtenidas para La Gomera) (Tabla1). Asimismo, nos fueron de gran utilidad para adentrarnos en el conocimiento geológico de esta zona antigua de Tenerife, pudiendo comprobar que el hidrotermalismo y las mineralizaciones asociadas habían jugado un papel más importante del que hasta el momento se tenía constancia en estos primeros estadios de construcción submarina de la isla.

Un dato importante que vincula estos estudios con otros que venía realizando en paralelo, en relación con procesos y mineralizaciones hidrotermales submarinas fósiles y activas en distintas zonas (Almería,

Antártida) (Martínez Frías, 1992; Martínez-Frías et al, 1992; Rey et al. 1995), a través de distintos proyectos y en colaboración con grandes expertos en estas temáticas, como el Dr. Jorge Rey y el Prof. Steve Scott de la Universidad de Toronto, radicaba en la conexión entre las chimeneas y mineralizaciones submarinas como ambientes extremos y su importancia astrobiológica. Tal fue así que, desde aquí, fundamos el Grupo Internacional de Investigación de Geología y Metalogenia de Mineralizaciones Hidrotermales Submarinas, siendo Canarias una de las áreas de investigación cubiertas en esta iniciativa.

Tabla 1: Análisis mediante microsonda electrónica de magnetitas e ilmenitas de Tenerife y La Gomera, mostrando entre otros datos, las temperaturas.

	MIT ^a		IL1T	M2T	IL2T	MIG ^a		IL1G	
	\bar{x} ^b	σ ^c				\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
FeO	85.40	0.46	45.15	80.93	45.62	81.84	0.13	47.06	0.12
TiO ₂	5.03	0.57	48.20	9.40	48.31	12.13	0.11	48.25	1.36
Cr ₂ O ₃	0.02	0	0.03	0.03	0.02				
Al ₂ O ₃	0.48	0.25	0.05	1.23	0.04	0.93	0.06		
MnO	2.27	0.86	3.45	1.21	3.14	0.98	0.08	3.11	0.67
MgO	0.06	0.03	0.96	0.17	0.69	0.05	0.04	0.07	0.03
ZnO	0.26	0.13	0.04	0.23	0.08				
SiO ₂	0.07	0.06	0.01	0.04	0.02				
CuO	0.02	0	–	–	0.02				
NiO	0.02	0.02	–	–	–				
Ag ₂ O ₃	0.01	0	–	–	0.04				
CoO	0.12	0.01	0.01	0.07	0.06				
As ₂ O ₃	0.07	0.07	0.02	–	–				
Total	93.83		97.92	93.31	98.04	95.93		98.49	
Recalculated analyses ^d									
FeO	32.51		38.11	37.32	38.96	42.00		40.11	
Fe ₂ O ₃	58.32		7.82	48.00	7.40	44.70		7.72	
Total	99.26		98.70	98.11	98.78	100.79		99.26	
% UVS	11			27.54		34.00			
% HEM			7.61		7.20			14.7	
T °C			660		710			900	
Log <i>f</i> O ₂			-17.00		-17.00			-12.00	

^a The same number in magnetite and ilmenite corresponds to the used pairs

^b Average of three analyses (in the same polished section), \bar{x}

^c Standard deviation

^d Recalculations are based on Carmichael (1967). T and *f*O₂ calculations based on Spencer and Lindsley (1981)

– Not detected

Era el momento adecuado y el lugar adecuado para abordar y comprobar dicha conexión en Canarias, investigando esta posibilidad en la zona de Taganana. ¿Sería posible encontrar comunidades de microorganismos o sus restos de actividad atrapados en los minerales de esta zona de Tenerife? ¿Qué podrían indicarnos como modelos astrobiológicos para la búsqueda de vida en Marte y otros planetas y

lunas? Estas y otras cuestiones similares se agolpaban en mi mente, coincidiendo con los primeros pasos que estaba dando en 1998 el establecimiento del nuevo y flamante Centro de Astrobiología, al que había sido invitado por el Prof. Juan Pérez Mercader a incorporarme liderando su laboratorio de geología planetaria. Todo un desafío científico.

En paralelo a varios estudios posteriores que veníamos desarrollado sobre procesos hidrotermales de mineralización submarina en la Antártida, el SE de España y en el Golfo de Cádiz --algunos de ellos en clara conexión con la astrobiología y la exploración de Marte--, las investigaciones realizadas en Tenerife desde esta perspectiva de conexión entre hidrotermalismo y astrobiología generaron resultados científicos extraordinarios en un contexto de una mineralogía y paragénesis hidrotermal muy singulares y novedosas. (Rodríguez-Losada et al. 2000; Bustillo y Martínez Frías, 2003).

En un primer estudio descubrimos la existencia de jaspe, celadonita, magnetita, hematites, carbonatos y otras fases minerales asociadas a estos episodios de hidrotermalismo submarino en Tenerife, con pillow lavas (Lalla et al. 2010) caracterizados por basaltos ankaramíticos, todos ellos identificados y caracterizados mediante la combinación de microscopía de luz transmitida y reflejada, Difracción de Rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM-EDAX) y microsonda electrónica.

La mineralización se presentaba en forma de pequeños filones y bolsadas centimétricas (de hasta 50 cm) (Fig. 3). Los estudios isotópicos indicaron temperatura del agua de alrededor de 90°C para las asociaciones de celadonita-ópalo CT e inferiores de unos 50-70°C para los carbonatos, sugiriendo mezcla de aguas, con participación del agua del mar. Estudios paleoambientales extremadamente útiles para cualquier otra investigación, con rocas, procesos y mineralizaciones similares, aquí o en Marte.

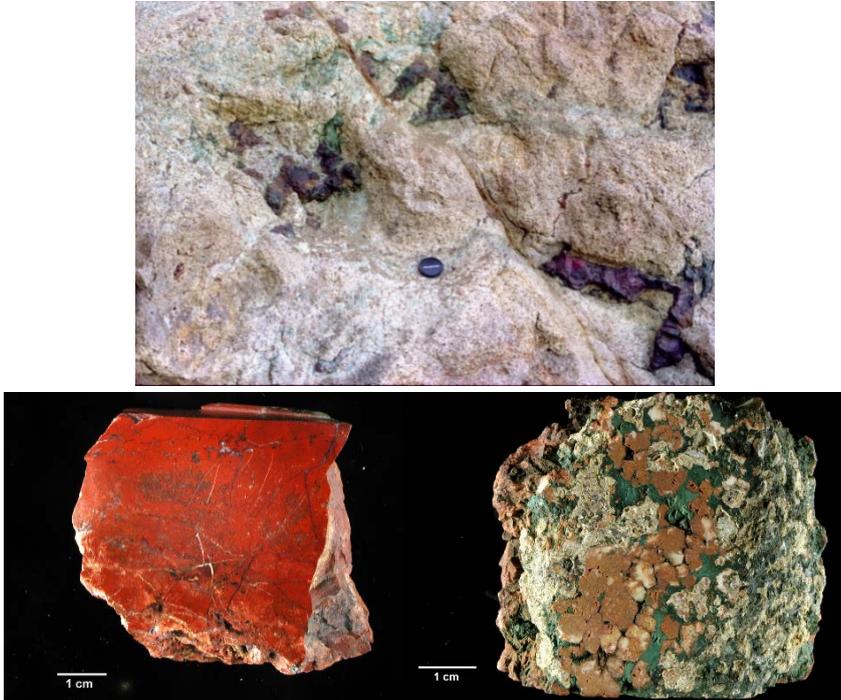


Fig. 3: Aspecto sobre el terreno y en muestras de mano de las mineralizaciones de jaspe-celadonita descubiertas y estudiadas en los basaltos ankaramíticos de Taganana. (Rodríguez-Losada et al. 2000; Bustillo y Martínez Frías, 2003).

La sorpresa no fue solo la existencia de esta paragénesis singular y la identificación de todos estos procesos geológicos, sino algo más inesperado que directamente ligó este estudio con sus extrapolaciones astrobiológicas y el hallazgo de posibles biomarcadores en Marte. La investigación detallada de las fases opalinas y los carbonatos, permitió determinar de manera muy precisa la presencia de celadonita, halita, ópalo y magnetita (Fig. 4), así como la caracterización geoquímica de todo el conjunto de los ópalos verdosos (Bustillo y Martínez Frías, 2003).

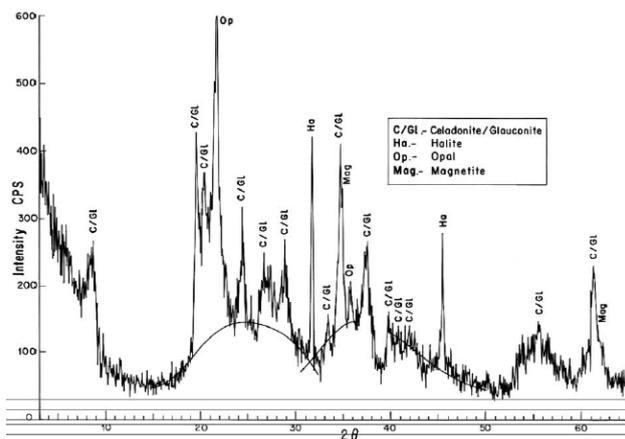


Fig. 1. Diffraction pattern obtained from green opals.

Table 1
Chemical analyses (wt%) of the green opals (ICP-MS)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	Total
GO	83.5	0.15	8.36	0.07	0.42	1.03	0.18	0.94	0.01	0.04	-	5.26	99.96

The analytical uncertainty was SiO₂ ± 0.02, Al₂O₃ ± 0.03, Fe₂O₃ ± 0.04, MnO ± 0.01, CaO ± 0.01, MgO ± 0.01, Na₂O ± 0.01, K₂O ± 0.04, TiO₂ ± 0.01, P₂O₅ ± 0.01, LOI ± 0.1.

Fig. 4: Imagen del difractograma obtenido en los ópalos verdes, mostrando también la tabla con su composición geoquímica de elementos mayores, analizada mediante ICP-MS (Bustillo y Martínez Frías, 2003).

Asociadas a las fases de celadonita-ópalo se observaron microsferas de Fe (Fig. 5), que sugieren participación bacteriana y procesos de biomineralización, enfatizando su importancia astrobiológica. Desde el punto de vista de la habitabilidad pasada y la identificación de posibles biofirmas, este estudio realizado en Canarias en 2002, y publicado hace 18 años, se considera el primero de su naturaleza, desde esta perspectiva planetaria.

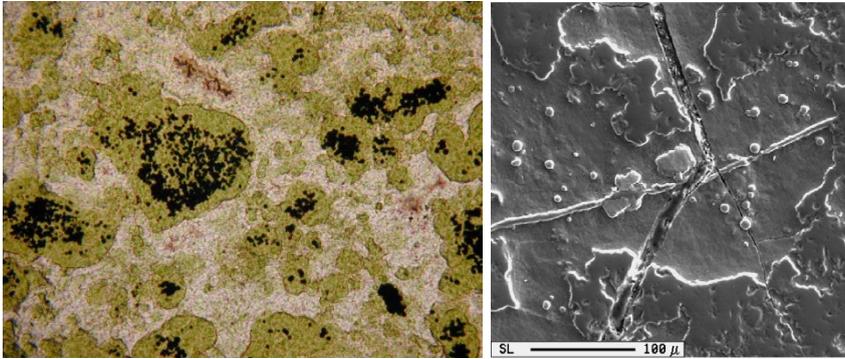


Fig. 5: Imágenes de microscopía de luz transmitida y SEM mostrando el conjunto de microesferas de óxidos de Fe localizadas específicamente en las zonas ricas en ópalo-celadonita. De acuerdo con texturas similares, sugieren procesos de biomineralización y participación bacteriana, lo que enfatiza su importancia astrobiológica.

Una investigación posterior relacionada con las inclusiones fluidas (Fig. 6) presentes en estos minerales (Ayllón-Quevedo et al. 2005) nos llevó a obtener datos específicos sobre las mismas, concluyendo que se trataba de soluciones acuosas de baja temperatura y baja salinidad.



Fig. 6: El estudio de inclusiones fluidas atrapadas en diferentes minerales de la zona permitió la determinación de sus temperaturas de formación y de su salinidad (Ayllón-Quevedo et al. 2005).

Es decir, que si en otro planeta fuéramos capaces de analizar las inclusiones fluidas atrapadas en estos minerales u otros similares, podríamos comprender mucho mejor cómo eran los ambientes acuosos en los que cristalizaron y se desarrollaron y sus condiciones de habitabilidad.

Pero, ¿Cómo no abordar estos procesos hidrotermales y estos estudios geológicos y astrobiológicos en zonas volcánicas más recientes de la isla? ¿Cómo no tener en cuenta lugares espectaculares para el desarrollo de estos estudios como las Cañadas del Teide? ¿Podríamos probar nuevas tecnologías que fueran útiles para las futuras misiones? Una vez conocidos los antecedentes geológicos y mineralógicos –y formando ya parte de un potente Centro de Astrobiología, recién inaugurado por tres premios Nobel—era obvio que todo esto debía abordarse y que Canarias merecía estar en la vanguardia de las investigaciones planetarias y astrobiológicas.

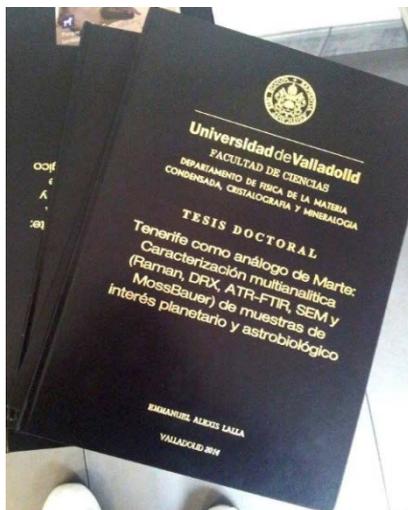
2.- De Tenerife a Lanzarote, pasando por El Hierro...hacia la habitabilidad humana en el espacio

2.1. Tenerife

Entre 2002 y 2015 desarrollamos en Tenerife una intensa actividad científica y también educativa y de divulgación sobre estas temáticas, con la impartición de numerosas conferencias en la ULL, museos e INVOLCAN, la realización de cursos pioneros sobre meteoritos para personas con discapacidad y el establecimiento del Grupo de Ciencias Planetarias en la Universidad de la Laguna, junto con mis colegas los Dres. José Antonio Rodríguez Losada y Antonio Eff-Darwich.

Entre ellas, destacaría la realización de una tesis doctoral sobre caracterización espectroscópica y Marte en la Universidad de Valladolid y un Máster sobre geoquímica, también en relación con el planeta rojo, en la Universidad de Graz (Austria) (Fig. 7). En ambas fui promotor del

tema y co-director. Ambas constituyen investigaciones innovadoras y pioneras realizadas en Canarias a nivel internacional.



Melina Gamsjäger

**Petrological and geochemical study of areas affected by
subaerial alteration and hydrothermal processes on
Tenerife, Spain - Mars analog**

Master thesis to be awarded the degree of

Master of Science

Faculty of Natural Sciences
Karl-Franzens-University Graz

Institute of Earth Sciences
Department of Mineralogy and Petrology

Fig. 7: Portadas de la tesis doctoral (izqda.) y tesis de Máster (dcha.) realizadas en esta zona de Tenerife por Emmanuel Lalla (Universidad de Valladolid) y Melina Gamsjäger (Universidad de Graz) que abordan la investigación desde esta perspectiva planetaria y astrobiológica.

Sería pretencioso por mi parte, intentar trasladar aquí todo lo conseguido y desarrollado en ambas investigaciones. No obstante, sí considero importante precisar que:

- a) en el primer caso (tesis doctoral de Emmanuel Lalla), se aplicó una combinación de técnicas espectroscópicas utilizando espectrómetros portátiles sobre el terreno y también comparando los datos con los obtenidos en laboratorio. En alguna de estas campañas en Tenerife participó incluso el Prof. Goestar Klingelhofer, responsable del diseño del espectrómetro Mössbauer con el que el rover Opportunity descubrió la presencia de jarosita en Meridiani Planum (Marte) (Fig. 8).



Fig. 8: Zona de Los Azulejos, donde realizamos los muestreos y las caracterizaciones experimentales in-situ, utilizando espectrómetros Raman y LIBS portátiles, con objeto de seguir sobre el terreno las alteraciones hidrotermales.

Sobre ello, se publicaron varios estudios científicos, entre los que destacaría Lalla et al. (2015a y b) y Lalla et al. (2016).

- b) En el segundo caso del Máster de la Universidad de Graz, realizado por Melina Gamsjäger, tuve el honor de codirigirlo junto con mi buen colega el Prof. Aberra Mogessie (Fig. 9), unos de los grandes expertos internacionales en mineralogía y geoquímica, presidente de la Sociedad Geológica de África y de la Asociación de Mineralogía de Austria.

Sabíamos que en Marte, además de basaltos, existían rocas petrológica y geoquímicamente más complejas y evolucionadas y nos pareció interesante comprender cómo afectaba la alteración subaérea no solo a los minerales ígneos primarios, sino también hacer un seguimiento pormenorizado de estos procesos de

alteración afectando a minerales y rocas sobre los que ya habían actuado procesos hidrotermales, como era el caso de Los Azulejos. De hecho, las rocas de Tenerife ya se habían utilizado en estudios previos para comparar con los resultados petrológicos y geoquímicos obtenidos en el cráter Gale. Por eso, este estudio detallado fue realmente importante.

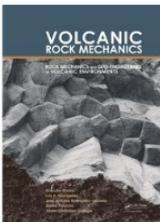


Fig. 9: El Prof. Aberra Mogessie y la estudiante de Máster, Melina Gamsjäger durante una de las campañas de campo en Los Azulejos.

Para las campañas de campo contamos con el respaldo logístico del Prof. José Antonio Rodríguez-Losada, del Dr. Francisco García-Talavera y de la Dra. (y Académica) Esther Martín-González.

Además de los estudios de este tipo, más centrados en la mineralogía, geoquímica y espectroscopía, en Tenerife se vienen realizando también pruebas de prototipos de futuras misiones planetarias como estudios de ensayos en protocolos de misiones espaciales (Planetary Robotics Vision Scout). En la actualidad, las zonas investigadas en la isla se han incorporado al Planetary Terrestrial Analogues Library (PTAL), donde se han detallado los análisis realizados con espectroscopía Raman e Infrarroja, Microscopía Electrónica y Difracción de Rayos X entre otros (Veneranda et al., 2019).

Pero las investigaciones que hemos realizado en Tenerife no solo se han referido a Marte y a la determinación indirecta (a través de este análogo) de sus condiciones de habitabilidad pasada y la posible detección de huellas de vida microbiana. En Tenerife también hemos realizado estudios tendentes a la exploración humana de la Luna y, en concreto, al establecimiento de futuros establecimientos de misiones semipermanentes e incluso al futuro muestreo de asteroides. Este es el caso de la caracterización que realizamos en 2009, relativa a la realización de simulaciones--utilizando suelo volcánico de la isla (y de otras islas del archipiélago)--, como materiales que podrían emular los de nuestro satélite (Rodríguez-Losada et al. 2010) (Fig. 10). Las caracterizaciones fueron fundamentalmente de tipo geotécnico, teniendo en cuenta la composición geoquímica de los diferentes tipos de suelos volcánicos y constituyeron una primicia en este tipo de estudios, que se presentaron en un congreso internacional en Tenerife y se publicaron como capítulo de un libro específico sobre mecánica de rocas volcánicas.



Chapter

Study of lunar soil from terrestrial models (Canary Islands, Spain)

By J.A. Rodríguez-Losada, S. Hernández-Fernández, J. Martínez-Frías, L.E. Hernández & R. Lunar Hernández

Book [Volcanic Rock Mechanics](#)

Edition	1st Edition
First Published	2010
Imprint	CRC Press
Pages	6
eBook ISBN	9780429206207

Fig. 10: Artículo pionero en España sobre estas temáticas y portada del libro Volcanic Rock Mechanics.

Este trabajo en relación con la Luna fue complementado con posterioridad a través de un proyecto para la Agencia Espacial Europea que desarrollé con la empresa GMV ya en el Instituto de Geociencias “Proyecto LUCID”.

El proyecto consistió en la selección de Canarias, concretamente Tenerife, para el establecimiento en la zona de Las Minas de San José de una ruta lunar (Fig. 11), teniendo en cuenta diversos factores: pendiente, estabilidad y propiedades del suelo, sombras, maniobrabilidad, recorrido representativo, etc. (Crespo et al. 2017). En esta ocasión, la misión simulaba el funcionamiento y operación de un rover en un escenario similar al del polo sur de la Luna.

Además de la similitud composicional, los aspectos más relevantes del lugar seleccionado fueron los siguientes:

- Existencia de un área de cierta extensión para las operaciones, caracterizada por suelo volcánico, cuyas partículas varían de mm a varios cm.
- Presencia de bloques volcánicos dispersos de tamaños y morfologías variables, desde rocas centimétricas a afloramientos masivos de grandes dimensiones. Precisamente, estos afloramientos masivos son los más apropiados para realizar los tests de rutas curvadas y sinuosas, teniendo en cuenta las condiciones de sombra/iluminación.
- En algunas áreas, el material fragmentario (suelo volcánico) cubre solo parcialmente el sustrato rocoso primario. Esto es también positivo para evaluar la movilidad/trabajo del rover, al considerar la existencia de un sustrato rocoso.
- Existencia de sitios más restringidos y confinados, que son particularmente ricos en suelo volcánico entre los afloramientos masivos.

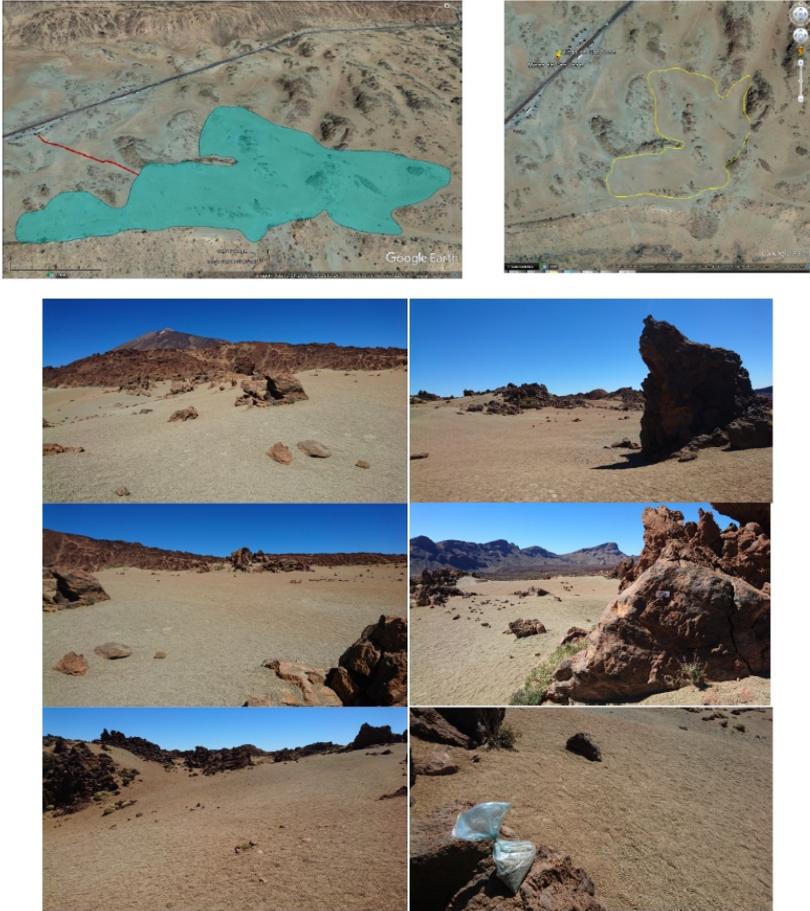


Fig. 11: Ruta diseñada en Las Minas de San José e imágenes seleccionadas de la zona, para simular el funcionamiento y operación de un rover en un escenario similar al del polo sur de la Luna.

- Hay lugares en los que es posible combinar diferentes tipos de pruebas, considerando rutas rectas y sinuosas, con pendientes variables (usualmente entre 6 y 30° y condiciones de iluminación.
- La altura de algunos afloramientos masivos alcanza hasta 5 m.

- El muestreo y transporte de material para su caracterización global ha podido realizarse gracias a un acceso relativamente fácil a la zona.

Por último, destacar que en Tenerife también “alcanzamos el cosmos” en relación con los asteroides. En este sentido, llevé a cabo simulaciones de extracción y aprovechamiento de minerales asteroidales, utilizando material simulante elaborado a partir de rocas terrestres, concretamente de Tenerife y de otras zonas ricas en arcillas. Este material se aproximó a la composición del asteroide, a través de la preparación de mezclas mineralógicas “a la medida”, que representan las distintas posibilidades composicionales y los diferentes tamaños de grano.

Este estudio que duró varios años se desarrolló para un proyecto de la empresa AVS (Added Value Solutions), en relación con una iniciativa de muestreo asteroidal de la Agencia Espacial Europea “proyecto *"Breadboard of a sampling tool mechanism for low gravity bodies (ESA ITT AO/1-7061/12/NL/HB)"*. El instrumento denominado STM: Sample Tool Mechanism for low gravity bodies (Fig. 12), tuvo resultados muy positivos siendo capaz de recuperar --utilizando material simulante--, más de 100 g de suelo (regolito).

En este caso concreto, intentamos aproximarnos a la composición y propiedades de fábrica de los asteroides condríticos de tipo CI, dominados por una matriz de filosilicatos de grano fino, carbonatos, sulfatos, sulfuros y magnetita, con olivino, orto y clinopiroxenos y otras fases minerales. Este diseño y proyecto fue destacado en la página principal de la ESA (<https://sci.esa.int/web/future-missions-department/-/56064-sampling-tool-mechanism-for-low-gravity-bodies>) y se presentó en el congreso internacional de la IMA (International Mineralogical Association), celebrado en Johannesburgo (Sudáfrica) en 2014 (Martínez Frías et al. 2014; Ortega-Juaristi, 2015).



Fig. 12: Izquierda: parte del material volcánico de Tenerife utilizado para probar el funcionamiento del instrumento diseñado por AVS (derecha).

2.2. El Hierro

En octubre de 2011, se produjo un evento muy relevante e inesperado en el archipiélago: una erupción submarina en El Hierro. Tras más de cinco meses de actividad se formó un edificio volcánico submarino a 400 metros de profundidad, cuya cima principal quedó a 89 m con respecto a la superficie del mar, alcanzando una altura de 312 metros. En mayo de 2016 fue oficialmente bautizado como volcán Tagoro. Fue cartografiado por primera vez por el buque oceanográfico Ramón Margalef del IEO en octubre de 2011 y a partir de ese momento, investigadores de distintas instituciones entre los que me encuentro, pudimos estudiar sus características y materiales. Esta erupción –y específicamente el análisis de las denominadas retingolitas-- nos pareció de gran interés mineralógico, geoquímico y astrobiológico. Se trataba de muestras vírgenes que, debido a su baja densidad, cubrían diferentes ambientes: submarino, subaéreo y terrestre, con diferentes procesos de alteración y también de posible interacción con la vida en los tres ambientes. Tuve la oportunidad de presentar primeros resultados en el 34º Congreso Geológico Internacional de Sudáfrica (Martínez-Frías et al. 2012) (Fig. 13).

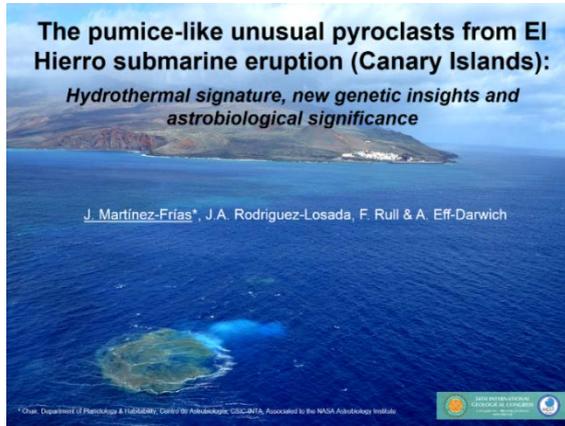


Fig. 13: Portada de la contribución presentada en Sudáfrica sobre la importancia astrobiológica de la erupción submarina de El Hierro y sus materiales.

En un trabajo posterior mucho más detallado se abordó su caracterización mineralógica y geoquímica, sugiriendo un modelo genético para la formación de estos materiales, relacionado con los procesos hidrotermales (Rodríguez-Losada et al. 2015) que generaron, de acuerdo con nuestra hipótesis, el significativo enriquecimiento en U que presentan algunas muestras (Fig. 14).

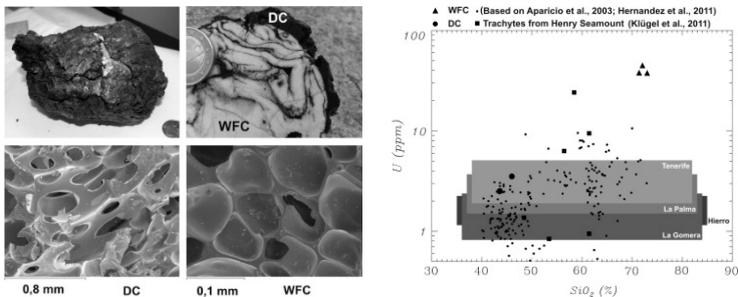


Fig. 14: Izquierda: imágenes SEM de las restingolitas (zona blanca y negra). Derecha: Valores extremadamente alto de U en las muestras.

Recientemente, se llevó a cabo un estudio específico mediante Difracción de Rayos X, SEM-EDX y micro-Raman de los piroclastos submarinos de la erupción y sus implicaciones astrobiológicas, en el que se ha establecido con precisión la relevancia de estos materiales en relación con la preservación de orgánicos encapsulados en corazas minerales silíceas (Fig. 15). Asimismo, se demuestra cómo la espectroscopía Raman puede ser extremadamente importante para la identificación de estas interconexiones inorgánico-orgánicas en Marte y otros planetas.

List of Minerals detected	Raman detection	XRD analysis	Main Raman vibration (cm ⁻¹) according with the ref.
Magnetite	X	X	300, 532, 660
Hematite	X		225, 245, 291, 411, 500, 611, 1321
Goethite	X		245, 299, 480, 550, 681
Lepidocrocite	X		250, 348, 379, 528, 650
Anatase	X		393, 512, 635
Rutile	X		235, 448, 609, 810
Quartz	X	X	127, 200, 465, 493
Moganite	X		129, 220, 501
Hallite		X	****
Ca-Carbonate	X		285, 712, 1080
Celestine	X		640, 1003, 1160
Syngenite	X		982, 1002, 1084
Maricite	X		437, 572, 962
Apatite	X		970
Augite		X	600, 1006
Forsterite	X	X	820, 850

Fig. 15: Minerales detectados en los piroclastos submarinos mediante espectroscopía Raman, en comparación con los detectados mediante DRX.

Por último, considero importante destacar un proyecto educativo innovador, recientemente aprobado y financiado por la FECYT, en el que participo como miembro, que está liderado por el Dr. Antonio Eff-Darwich. Su título es: “*Mi aula en Marte: fomentando la ciencia del presente con sueños del futuro*”.

'Mi aula en Marte' es un proyecto piloto pensado para alumnos de 3º y 4º de la ESO y Bachillerato, que tiene como objetivo fundamental

mostrar el trabajo científico desde un punto de vista práctico e interdisciplinar. Los alumnos aprenderán a explorar y entender el planeta Marte desde la perspectiva de la Química, la Biología, la Física, la Geología y la Ética. Mediante la resolución de retos, los alumnos aprenderán sobre las rigurosas condiciones ambientales de Marte, y, sobre todo, comprenderán la íntima relación entre la ciencia básica y las aplicaciones tecnológicas. Además, se estudian las implicaciones éticas que tiene la ciencia, tomando como caso particular la colonización marciana.

Una de las aulas de la Facultad de Educación de la Universidad de La Laguna (ULL) se transformará en un simulador de la superficie marciana, sobre la que los alumnos llevarán a cabo el proyecto. Dado que Tenerife es uno de los reconocidos análogos de Marte o La Luna, usaremos muestras geológicas de la isla para dar más realismo al simulador. El aula podrá ser montada y desmontada rápidamente, lo que permitirá llevar a cabo el proyecto en repetidas ocasiones. Una fase preliminar de esta propuesta fue presentada este mismo año al Simposio de la IAU (Eff-Darwich et al. 2021).

2.3. Lanzarote

Como ya indiqué en el anterior discurso de incorporación a la Academia del 30 de enero de 2020 “*De Lanzarote a la Luna y a Marte: claves geológicas y astrobiológicas*”, mi traslado en 2013 desde el centro de Astrobiología (CSIC-INTA), al Instituto de Geociencias (centro mixto del CSIC y la Universidad Complutense de Madrid) de la mano de su directora, Prof. Dra. Rosario Lunar Hernández (Catedrática de Cristalografía y Mineralogía de la UCM y Académica de Número de la Real Academia de Doctores de España, donde ha sido Secretaria de la Sección de Ciencias Experimentales y Vicepresidenta), me permitió iniciar e impulsar la Geología Planetaria y Astrobiología en el marco de las actividades del IGEO en Lanzarote y su Laboratorio de Geociencias, estableciendo un acuerdo pionero con el Cabildo acerca de estas temáticas colaborando y apoyando la figura del geoparque UNESCO.

Lanzarote es un referente científico y educativo internacional al máximo nivel, un laboratorio natural excepcional para la Luna y Marte (Martínez Frías, 2020, 2021a). Y, sobre Lanzarote, hemos realizado diversas publicaciones y acciones científicas, educativas y de divulgación de diferente calado. Debo decir que es una satisfacción y un honor para mí haber puesto a Lanzarote en la vanguardia del circuito científico mundial en estas temáticas (Fig. 16). Algo que se incrementa aún más con el respaldo de la Academia de Ciencias, Ingenierías y Humanidades de Lanzarote.



Fig. 16: Arriba: imagen emblemática de Lanzarote desde el mirador del Parque de Timanfaya. Izquierda: poster de las rutas que diseñé, junto con algunas publicaciones. Derecha: imágenes del Curso ESA-PANGAEA en que soy instructor en Lanzarote. Créditos: ESA-PANGAEA.

Entre ellas, destacan algunas de las expuestas en la figura 16, donde se ha combinado la emblemática imagen que se puede observar desde el mirador del Parque Nacional de Timanfaya, con las cuatro publicaciones más relevantes y con dos imágenes del Curso de Instrucción de Astronautas de la ESA (ESA-PANGAEA), del que soy instructor y fui diseñador científico de las rutas de la isla que se utilizan para dicho propósito.

No voy a repetir lo ya expresado sobre Lanzarote en el discurso anterior de 2020, pero sí explicar cómo se ha avanzado desde distintas perspectivas en estos dos años, marcados por la pandemia, en relación con los proyectos científicos y educativos en marcha, algunos de ellos claramente interconectados.

Científicamente, destacaría seis temáticas relevantes que se han generado y se vienen desarrollando en estos dos últimos años:

1. Estudios astrobiológicos sobre la interacción geo-bío a través de la investigación de líquenes extremófilos.
2. Continuación de estudios sobre los materiales y procesos volcánicos, en este caso centrados en la interacción de microorganismos con las rocas en el interior de los tubos de lava.
3. Continuación del desarrollo y fabricación de materiales simulantes para la Luna y Marte.
4. Continuación de los estudios y colaboraciones relacionados con el Green Moon Project.
5. Caracterización, selección y utilización de materiales basálticos para la realización de pruebas en el espacio cercano a la Tierra con picosatélites, enfocado principalmente, pero no solo, a la Luna.
6. Utilización de Lanzarote como modelo científico para el estudio geológico y astrobiológico de otras zonas de la Tierra que puedan ser utilizadas como análogos.

En el primer caso, se ha iniciado un proyecto de investigación en el que participo, liderado por la Dra. Rosa de la Torre, del INTA para la caracterización de líquenes extremófilos, entre ellos los existentes en Lanzarote. El proyecto se denomina “BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIO-MARSS) y está ligado a los proyectos BIOSIGN y BIOMEX de la ESA a desarrollar en la Estación espacial Internacional, dirigidos por Jean-Pierre Paul de Vera.

En 2019, presentamos una primera contribución a la 19th EANA Astrobiology Conference con título: *Resistance to simulated extraterrestrial conditions (space and Mars) of the first colonizing lichens collected from a Mars analogue volcanic area (Lanzarote)* (De la Torre et al. 2019). Se ha probado y confirmado esta resistencia utilizando la cámara PASC (Fig. 17) del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), concretamente con especímenes de *Stereocaulon vesuvianum* de Tenerife y Lanzarote. El trabajo y proyecto se encuentra aún en desarrollo.



Fig. 17: Cámara de simulación de atmósferas y superficies planetarias (PASC). Crédito de la imagen, CAB.

Desde el punto de vista de la interacción de microorganismos con las rocas en el interior de los tubos de lava (punto 2), destaca la consecución de un proyecto de investigación “Geomicrobiología de ambientes subterráneos (TUBOLAN)” liderado por la Dra. Anna Miller y del que formo parte como miembro del equipo científico.

El descubrimiento de cuevas y tubos de lava en la Luna y en Marte (Fig. 18) hace de este tema un objetivo de gran interés, ya que estos lugares constituyen zonas donde existen ambientales especiales, principalmente en relación con la radiación y condiciones hostiles del entorno lunar o planetario.

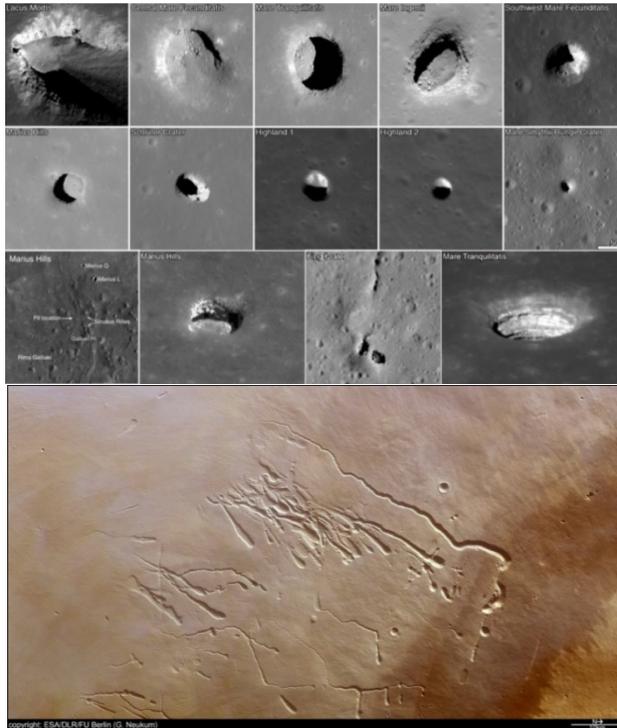


Fig. 18: Aberturas “skylights”, posibles cuevas y tubos de lava descubiertos en la Luna y en Marte. Créditos: NASA.

Hace años ya iniciamos estas investigaciones, que fueron incluidos en el convenio entre el IGEO y el Cabildo (Martínez-Frías, 2014, Martínez Frías et al. 2017) y, posteriormente, se realizaron estudios que formaron parte de un Máster en Italia (ver más adelante). Gracias a este proyecto TUBOLAN (Fig. 19) existe una mejor disponibilidad de recursos para abordarlo de manera específica (Miller et al. 2018; Sauro et al. 2018).



Fig. 19: Imágenes de parte del equipo TUBOLAN en una de las campañas de estudio de tubos de lava en Lanzarote, donde utilizamos espectrómetros portátiles.

Uno de los objetivos principales del proyecto TUBOLAN es identificar los microorganismos que se desarrollan en estos ambientes y

sus interacciones con los minerales. Especial relevancia está tomando el estudio de los microorganismos quimiolitautotróficos, que son capaces de utilizar y transformar minerales para poder desarrollarse y crecer, por su capacidad para adaptarse y sobrevivir en unas condiciones similares a las que se piensa que podría enfrentarse la vida en el subsuelo de Marte o de la Luna. Los tubos de lava de Lanzarote son un laboratorio natural excelente para estudiar estos microorganismos porque sus cuevas presentan una gran diversidad de condiciones (edad geológica, alteración debida a la actividad humana, infiltración de agua, proximidad al mar o el acceso a las mismas).

Estas investigaciones no solo son importantes en relación con la posible existencia de microorganismos en Marte, sino también con la propia habitabilidad humana tanto en el planeta rojo como en nuestro satélite, constituyendo una alternativa —o al menos un complemento— a los módulos artificiales de habitabilidad (Labeaga-Martínez et al. 2017).

En relación con el punto 3, este mismo año se ha conseguido, por primera vez, disponer de un simulante oficial fabricado a partir de basaltos de Lanzarote, que pueda ser multipropósito y útil tanto para la Luna como para Marte. Este logro también se asocia, como veremos más adelante, con otro Máster desarrollado en el IGEO (CSIC-UCM), del que he sido co-director. Tal y como se indica en Alberquilla et al. (2021), ya se habían realizado estudios previos en relación con esta temática enfocados a la Luna (Rodríguez-Losada et al. 2010) (ver apartado relativo a Tenerife) y Marte (Muchoz-Caro et al. 2006; Martín-Redondo et al. 2009; Dabrowska et al. 2015).

Desde el Grupo de Investigación del IGEO (CSIC-UCM sobre Meteoritos y Geociencias Planetarias y en estrecha colaboración con un TFM en el marco del Máster en Exploración de Hidrocarburos y Recursos Minerales de la UCM (Alberquilla, 2021), se ha realizado una cuidadosa selección de los afloramientos y una completa y detallada caracterización multianalítica (petrofísica, mineralógica y geoquímica) de las características del basalto procedente de distintas zonas de Lanzarote.

Con todo ello, se ha escogido primeramente la zona de Tao, como fuente principal del material y se desarrollado el primer simulante regolítico español (Fig. 20), similar a otros existentes (ej. BP-1, JSC-1A, JSC-Mars1). Para su elaboración final se han preparado 1500 g de material dividido en dos fracciones; 600 g de material regolítico correspondiente a la fracción <math><65\mu\text{m}</math> y 900g de material regolítico correspondiente a la fracción de entre 125-65 μm .



Fig. 20: Primer simulante regolítico español fabricado en el IGEO (CSIC-UCM) a partir de material basáltico de Lanzarote.

En relación con el punto 4, las actividades ligadas a Green Moon Project que se reflejaron de forma sucinta en el anterior discurso siguen avanzando de acuerdo con el plan previsto, aunque ralentizadas por la pandemia. Los investigadores chinos que consiguieron germinar la primera planta en la Luna estuvieron, como ya se indicó en Lanzarote hace dos años y, a partir de este punto, ya disponemos de un primer artículo conjunto China-España (Fig. 21) listo para ser enviado a una revista internacional y se ha presentado el proyecto GMP con las sucesivas variaciones debidas a la evolución y progreso de la propuesta

inicial en diferentes congresos internacionales (Ortega Hernández et al., 2020, 2021). La investigación continúa y es de esperar que siga de acuerdo con distintas ramificaciones científicas y de ingeniería de los trabajos.



Fig. 21: Imágenes de la visita del equipo chino a Lanzarote, en el marco del Green Moon Project y su colaboración a través de REDESPA y el IGEO.

En este estudio existe una correlación entre el tema anterior del punto 3 y el actual, ya que parte del simulante fabricado con basalto de Lanzarote se ha enviado a los colegas del equipo de Innoplant (Granada) para la realización de primeras pruebas de interacción bío-geo. Se espera que muy pronto podamos disponer de nuevos resultados.

Con respecto al punto 5, esta iniciativa es una auténtica novedad y constituye una primicia internacional. Si todo se desarrolla de acuerdo con lo previsto, material seleccionado de Lanzarote será enviado al espacio en el interior de un picosatélite a principios de 2022, SpaceX TR-3 (Cabo Cañaveral), tras los retrasos debidos a la pandemia y problemas técnicos relacionados con el lanzamiento. En este proyecto he sido el promotor y coordinador científico de esta iniciativa y el investigador responsable del IGEO. El título es: *Experimento de aplicación en habitabilidad lunar con material basáltico de Lanzarote a bordo de EASAT-2.*

El satélite EASAT-2 ha sido diseñado y construido conjuntamente por AMSAT-EA y alumnos de la Universidad Europea, con contribuciones de ICAI también en comunicaciones Incorpora como carga experimental material basáltico de Lanzarote, similar a los basaltos lunares, proporcionado por nuestro grupo de investigación del IGEO sobre meteoritos y geociencias planetaria. La idea es conocer su comportamiento en el espacio como análogo a los basaltos que podrían ser utilizados como material de construcción en la Luna.

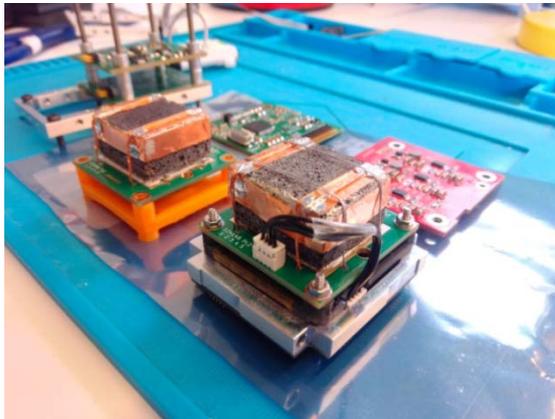


Fig. 22: Experimento con material basáltico que se enviará en el picosatélite a principios de 2022.

Desde el punto de vista de la ingeniería, este proyecto ha sido promovido y cuenta con la colaboración de la ETSICCP (UPM). El experimento es limitado, pero constituye una primera fase de este tipo de estudios, y supone un hito importante al ser el primero de este tipo introducido en un satélite tan pequeño. Los ensayos ambientales de vibración de EASAT-2 se han realizado en los laboratorios del Instituto Universitario “Ignacio da Riva” (IDR) de la UPM.

La idea de esta colaboración entre geología planetaria, ingeniería y astrobiología es avanzar desde experimentos en Tierra y Espacio en la caracterización de la influencia de la temperatura, presión, radiación, etc,

sobre basaltos masivos y vesiculares que se utilizarán en el futuro en nuestro satélite para la construcción de caminos, carreteras, pistas de despegue y aterrizaje y escudos anti-radiación, entre otros. Los basaltos son, como ya se ha indicado anteriormente, los principales tipos petrológicos de los marias lunares.

Por último, el punto 6 referido a los aspectos científicos es, sin duda, el más reciente ya que acabamos de iniciar la colaboración científica (y educativa) entre España y Colombia a través del IGEO y el Instituto de Astrobiología de Colombia con contribución de la Red Española de Planetología y Astrobiología, la Universidad Cooperativa de Colombia, sección Neiva para la realización de investigaciones e iniciativas de educación en el Desierto de la Tatacoa, Huila (Colombia) (Bueno Prieto y Martínez Frías, 2021).



Fig. 23: Imágenes del Desierto de la Tatacoa tomadas durante la visita de colaboración científica y educativa promovida por el Instituto de Astrobiología de Colombia.

En este contexto, se planea establecer, al menos, una ruta marcha en el desierto, siguiendo el patrón de las rutas ya establecidas en Lanzarote. Ya en 2017, indicamos la importancia de Lanzarote como modelo para otras zonas de interés geológico y astrobiológico (Martínez Frías et al. 2017). Esta de Colombia será la primera aplicación directa de lo realizado en la isla en otras zonas, tanto desde el punto de vista científico como incidiendo en su potencia didáctico a diferentes niveles, a modo de laboratorio natural interdisciplinar.

Finalmente, además de los temas propiamente científicos, en Lanzarote se han realizado y se siguen realizando también interesantes actividades de educación.



Fig. 24: Portadas de los dos Trabajos Fin de Máster, realizados en Lanzarote.

Las principales ya concluidas fueron dos Trabajos Fin de Máster: en la Università degli studi di Padova, defendida en 2018 por Ilaria Tomasi, relacionada con el tubo de lava de La Corona y en la Universidad Complutense de Madrid, defendida en 2021 por Fernando Alberquilla sobre la Caracterización multianalítica de basaltos de Lanzarote como análogos para la Luna. En ambas actué de co-director.

A ellos hay que unir el Seminario de Habitabilidad Planetaria organizado por la Universidad Carlos III de Madrid en los que las actividades en Canarias siempre han estado presentes en la sección de análogos terrestres de exploración, así como diversas conferencias de alta divulgación.

3.- Consideraciones finales

Como espero que haya quedado patente, este viaje científico y personal que comenzó en 1988 en Canarias me ha permitido adentrarme en la geología y el sentir del archipiélago desde distintas perspectivas. Sus efectos son numerosos, diversos e innovadores en el ámbito de la investigación y la educación, pero también me han marcado en lo más íntimo como ser humano. Siendo peninsular, estas islas me han atrapado con su fuerza telúrica y vital. Su energía, representada recientemente en la erupción de La Palma nos conecta indefectiblemente con la Tierra de la que formamos parte, tanto en sus aspectos constructivos como destructivos.

Ya dispongo de muestras para abordar nuevos estudios geológicos y basados en la caracterización de este material nuevo y virgen de Cumbre Vieja, que estoy convencido nos proporcionará interesantes datos mineralógicos, petrológicos y geoquímicos, útiles también para la Luna y Marte y para la realización de novedosos estudios planetarios y astrobiológicos que complementen lo ya realizado en otras islas.

Si mis colegas geólogos de distintas instituciones han realizado una labor extraordinaria siguiendo, monitorizando y estudiando este impresionante evento volcánico de La Palma, mis colegas de ILOvetheWorld, también han hecho una labora maravillosa en la isla, colaborando con instituciones, medios de comunicación y sobre todo con los palmeros, intentando ayudar con todos sus medios audiovisuales. Obviamente, la erupción también me marcó de manera especial. Por eso, cuando les mostré el poema que compuse --y que me surgió casi de

manera inconsciente viendo lo que estaba ocurriendo--, tuvieron la deferencia de incorporarlo a una de sus espectaculares fotografías (Fig. 25):



Fig. 25: Impresionante imagen de la erupción de La Palma tomada por iLoveThe World sobre la que se ha superpuesto el poema indicado en el texto como tributo a los palmeros.

No querría concluir sin destacar un tema que --aunque parezca anecdótico-- conlleva una importante carga de trabajo detrás y que

supone para mí, en lo personal y científico, un valor añadido a la labor realizada en el archipiélago, en especial en Lanzarote. Como miembro del equipo científico de la misión NASA-Mars2020 (rover Perseverance) solemos dar nombres a las cuadrículas de trabajo de la zona de aterrizaje del cráter Jezero. Estos nombres deben ser posteriormente acreditados oficialmente por la Comisión de Nomenclatura de la IAU, pero suelen ser muy útiles para “movernos” por las diferentes zonas marcianas con términos conocidos y normalmente importantes y emblemáticos para los distintos miembros del equipo. En este contexto, propuse el nombre de Timanfaya para que fuera asignado a una de las cuadrículas de la elipse de aterrizaje en Marte, que tuvo lugar el 18 de febrero de 2021.

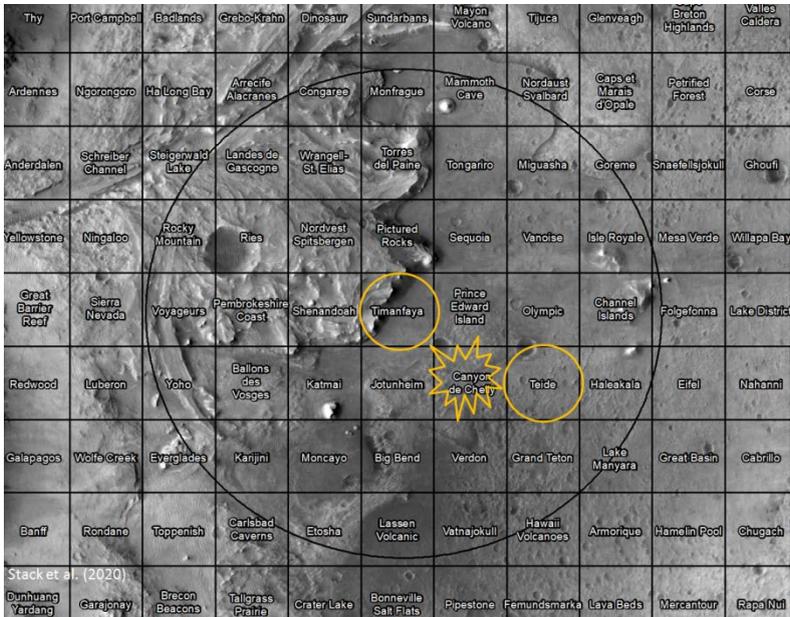


Fig. 26: Denominaciones de trabajo de las cuadrículas de la zona de aterrizaje del rover Perseverance. Timanfaya, la que propuse, fue situada justo en el centro (Stack et al. 2020).

¡Cuál fue mi sorpresa al comprobar que Timanfaya se había situado justo en el centro de la elipse! (Fig. 26) (Stack et al. 2020) y que

relativamente cerca se encontraba también la cuadrícula denominada Teide. Es decir, se esperaba que el rover de la NASA aterrizara en Timanfaya. Los ajustes finales de la trayectoria de aterrizaje (especialmente para evitar cualquier riesgo de choque), hicieron que tras viajar 471 millones de km, la sonda con el rover se desviara ligeramente del punto central y aterrizara, justamente al SE de Timanfaya, en la cuadrícula denominada Canyon de Chelly. Realmente, tampoco estaba nada mal –aunque solo fuera casi como una para satisfacción personal— que el rover acabara entre dos zonas españolas, de Canarias para más exactitud: Teide y Timanfaya.

El sitio de aterrizaje: Canyon de Chelly, fue renombrado posteriormente como Octavia Butler (Martínez Frías, 2021b), nombre que tendrá que ser refrendado por la IAU. Pero, sin duda esta anécdota de las dos cuadrículas canarias en Marte y el rover de la NASA constituyen un buen colofón para este viaje científico y personal, iniciado en 1988 en este maravilloso archipiélago, donde, sin lugar a dudas “*el magma alcanza el cosmos*”.

AGRADECIMIENTOS

Como ya indiqué al principio de esta exposición, en primer lugar, deseo manifestar mi agradecimiento a la Academia de Ciencias, Ingenierías y Humanidades de Lanzarote y, en especial, a su presidente, Excmo. Sr. D. Francisco González de Posada, principal artífice de que hoy esté aquí. Institucionalmente, gracias también al Instituto de Geociencias (centro mixto del CSIC y la Universidad Complutense de Madrid), al Cabildo Insular de Lanzarote y al Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. Su apoyo y respaldo logístico han sido fundamentales para poder desarrollar todas las actuaciones indicadas previamente. Gracias también, desde el punto de vista institucional a la Agencia Espacial Europea y a la NASA por haberme permitido ser parte, aplicar mis conocimientos y aprender de sus misiones y actividades.

Ya en lo personal, agradezco especialmente a mis colegas del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra de Granada, del Museo Nacional de Ciencias Naturales y del Centro de Astrobiología y de varias universidades extranjeras su ayuda, respaldo y colaboración a lo largo de todo este periplo en el que Canarias ha estado siempre presente. Gracias a la Prof. Dra. D^a Rosario Lunar Hernández por su continuo apoyo, como primera directora del Instituto de Geociencias y como colega y también amiga. Su empuje y ánimo han sido inestimables. Asimismo, al Prof. Dr. Valentín García Baonza, también director del IGEO, por su confianza en mí y por escuchar mis propuestas con interés y siempre con positivismo y afán colaborador.

En el ámbito de Lanzarote, mi especial agradecimiento principalmente a mi buena colega y amiga M^a Elena Mateo Mederos, una gran profesional y mejor persona (y reciente Académica), que me ha ayudado a comprender las claves de esta isla que, como decía en el discurso anterior, cuando te atrapan, ya no puedes ni quieres que te abandonen. Mi agradecimiento también por supuesto, al equipo de Laboratorio de Geociencias de Lanzarote, y al del Geoparque.

En Tenerife, no puedo olvidar el respaldo de los Dres. José A. Rodríguez Losada y Antonio Manuel Eff-Darwich de la Universidad de la Laguna y los Dres. Francisco García-Talavera y Lázaro Sánchez Pinto y Esther Martín-González del Museo de la Naturaleza y Arqueología y reciente Académica, así como a mis buenos colegas y amigos del equipo de la editorial Kinnamon. Más recientemente, gracias a mi ex-doctorando, ahora investigador en Canadá, Dr. Emmanuel Lalla, por su empuje científico, su valía y su amistad.

Finalmente, gracias también al Prof. Dr. Francisco A. González Redondo, Miembro de esta Academia, que no solo me ha asombrado con sus magníficas exposiciones sobre historia de la ciencia, sino que me ha sido de gran ayuda con excelente consejos.

Por último, aunque no por ello menos importante, no puedo olvidar a mi familia, mi esposa Joaqui y mis hijos Enrique y Beatriz. Sin ellos, sin su cariño, comprensión y paciencia, nada habría sido posible.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Alberquilla, F. (2021) Multianalytical characterization of Lanzarote basalts as a prototype of lunar habitability resource. Hydrocarbon exploration and mineral resources thesis, Complutense University of Madrid (UCM), p 51cuña, MH., J. E. P.
- 2- Alberquilla, F., Martínez-Frías, J., Lunar, R. & García-Baonza, V. Desde la Geología de España hacia el espacio. Tierra y Tecnología, 58. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. <https://www.icog.es/TyT/index.php/2021/11/desde-la-geologia-de-espana-hacia-el-espacio/>
- 3- Ayllón Quevedo, F., Rodríguez-Losada, J.A. & Martínez Frías, J. (2005) Fluid and mineral phases related to hydrothermal alteration in the “Arco de Taganana” (Tenerife, Canary Islands). ECROFI XVIII Siena. <http://www3.unisi.it/eventi/ECROFIXVIII/Poster%20Program.pdf>
- 4- Bueno Prieto, J. & Martínez Frías, J. (2021) Desierto de la Tatacoa: Marte en Colombia. Tierra y Tecnología, 58. ICOG. <https://www.icog.es/TyT/index.php/2021/12/desierto-de-la-tatacoa-marte-en-colombia/>
- 5- Bustillo, M.A. & Martínez Frías, J. (2003) Green opals in hydrothermalized basalts (Tenerife Island, Spain): alteration and ageing of silica pseudoglass. Journal of Non-Crystalline Solids 323:27-33.
- 6- Cresco, C., Ganda, F., Tomasek, J., Aziz, S., Kapellos, K. & Martínez-Frías, J. (2017) Lucid project: lunar polar sample return mission validation and demonstration International

Aeronautical Foundation IAC 17 , 1.
<https://iafastro.directory/iac/archive/browse/IAC-17/A3/IP/40364/>

- 7- Dabrowska, D.D., Muñoz, O., Moreno, F., Ramos, J.L., Martínez-Frías, J. and Wurm, G. (2015) Scattering matrices of Martian dust analogs at 488 nm and 647 nm. *Icarus* 250: 83–94.
- 8- De la Torre, R., Martínez Frías, J., López Ramírez, M.R., Miller, A., Ortega, M.V., Bassy, O., Cubero, B. Jordao, L., Sancho, L. & De Vera, J.P. (2019) Resistance to simulated extraterrestrial conditions (space and Mars) of the first colonizing lichens collected from a Mars analogue volcanic area (Lanzarote) EANA 2019, Orléans, France <https://eana2019.sciencesconf.org/282410/document>
- 9- Labeaga-Martínez, N., Sanjurjo, M., Díaz-Álvarez, J., Martínez-Frías, J. (2017) Additive manufacturing for a Moon village. *Procedia Manufacturing*. 13, 794-801.
- 10- Lalla, E., López-Reyes, G., Sansano, A., Sanz-Arranz, A., Schmanke, D., Klingelhöfer, G., Medina-García, J., Martínez-Frías, J. y Rull-Pérez, F. (2015a) Estudio espectroscópico y DRX de afloramientos terrestres volcánicos en la isla de Tenerife como posibles análogos de la geología marciana Spectroscopic analysis and XRD of terrestrial volcanic outcrops on the Tenerife Island as possible Martian analogue, *Estudios Geológicos* 71,2: 1-19.
- 11- Lalla, E., López-Reyes, G., Sansano, A., Sanz-Arranz, A., Martínez-Frías, J., Medina, J & Rull-Pérez, F. (2015b) Raman-IR vibrational and XRD characterization of ancient and modern mineralogy from volcanic eruption in Tenerife Island: Implication for Mars. *Geoscience Frontiers*. doi: 10.1016/j.gsf.2015.07.009.

- 12- Lalla, E.A., Sanz-Arranz, A., Lopez-Reyes, G., Sansano, A., Medina, J., Schmanke, D., Klingelhofer, G., Rodríguez-Losada, J.A., Martínez-Frías, J., Rull, F. (2016) Raman-Mössbauer- XRD studies of selected samples from “Los Azulejos” outcrop: A possible analogue for assessing the alteration processes on Mars. *Advances in Space Research*, 57: 2385-2395.
- 13- Martín-Redondo, M.P., Sebastian Martínez, E., Fernández Sampedro, M.T. Armiens, C., Gómez-Elvira, J. and Martínez-Frías, J. (2009) FTIR reflectance of selected minerals and their mixtures: implications for the ground temperature-sensor monitoring on Mars surface environment (NASA/MSL-Rover Environmental Monitoring Station). *Journal of Environmental Monitoring* 11:1428-1432.
- 14- Martínez-Frías, J. & Lunar, R. (1992) "Mineralizaciones hidrotermales submarinas" *Mundo Científico*, 128, 808-816.
- 15- Martínez-Frías, J., García Guinea, J., López Ruiz, J. & Reynolds, G.A. (1992) "Discovery of fossil fumaroles in Spain" *Economic Geology*, 87, 444-447.
- 16- Martínez Frías, J. (2014) Lanzarote: exploración e investigación de Marte. REDESPA. <http://www.icog.es/redespa/index.php/lanzarote-exploracion-e-investigacion-de-marte/>
- 17- Martínez Frías, J., Rodríguez Losada, J.A., Ortega, C. & Carrera, M. (2014) Experimental make-up of a regolith simulant from CI carbonaceous chondrite composition: mineralogical features and significance for sampling of C-type asteroids. IMA 2014. Challenges in asteroidal, lunar and martian mineralogy.

https://www.ima-mineralogy.org/docs/IMA_Meetings/Johannesburg_2014.pdf

- 18- Martínez-Frías, J., Mateo-Mederos, M^a E. & Lunar, R. (2017) The scientific and educational significance of geoparks as planetary analogues: the example of Lanzarote and Chinijo Islands UNESCO Global Geopark. *Episodes* 40-4:343-347.
- 19- Martínez Frías, J. (2020) Canarias: una plataforma geológica y astrobiológica mundial para la Luna y Marte. *SciLogs. Investigación y Ciencia*. <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/astronomia/71/posts/canarias-una-plataforma-geologica-y-astrobiologica-mundial-para-la-luna-y-marte-18809>.
- 20- Martínez Frías, J. (2021a) Marte y la importancia geológica y astrobiológica de Canarias. *Somos CSIC* <https://somoscsic.corp.csic.es/marte-y-la-importancia-geologica-y-astrobiologica-de-canarias/>
- 21- Martínez Frías, J. (2021b) Octavia E. Butler, Perseverance y la Astrobiología. *SciLogs. Investigación y Ciencia*. <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/astronomia/71/posts/octavia-e-butler-perseverance-y-la-astrobiologa-19625>
- 22- Miller, A., González-Pimentel, J.L., Stahl, S., Castro-Wallace, S., Sauro, F., Pozzobon, R., Massironi, M., Maurer, M., Bessone, L. & Martínez-Frías, J.. (2018) Exploring possible Mars-like microbial life in a lava tube from Lanzarote: preliminary results of in-situ DNA-based analysis as part of the PANGAEA-X Test Campaign. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 20, EGU2018-1258-1. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/177758/1/EGU2018-1258-1.pdf>

- 23- Muñoz-Caro, G.M., Mateo-Martí, E. & Martínez-Frías, J. (2006) Near-UV transmittance of basalt dust as an analog of the Martian regolith: Implications for sensor calibration and astrobiology. *Sensors* 6:688-696.
- 24- Ortega Juaristi, C., Ocerin Martínez, E., Carrera Astigarraga, M., Arrillaga Etxaniz, X., Martínez-Frías, J., Romstedt, J., Le Letty, R. (2015). Development and ground test campaign of a sampling tool mechanism for low gravity bodies. In: *Astra 2015. Proceedings of the ESA 13th Workshop on Advanced Space Technologies for Robotics and Automation.*
- 25- Ortega-Hernández, J. M., Martínez-Frías, J., Pla-García, J., and Sánchez-Rodríguez, E. (2020) Green Moon Project: encapsulated and pressurized habitat for plants on space, Europlanet Science Congress 2020, online, 21 September–9 Oct 2020, EPSC2020-22, <https://doi.org/10.5194/epsc2020-22>, 2020
- 26- Ortega Hernandez, J.M. and GMP team (2021) International Space University – Universidad de Granada <https://www.facebook.com/greenmoonproject/photos/a.1049262681795448/4106408216080864/>
- 27- Rodríguez, J.A., De la Nuez, J. & Martínez-Frías, J. (1990) "Minerales accesorios de Fe y Ti en las intrusiones alcalinas de Tamargada, La Gomera" *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 3 (1-2): 161-166.
- 28- Rodríguez-Losada, J.A. & Martínez-Frías, J. (1998) "Ancient oxide and sulphide mineralization in the islands of Tenerife and La Gomera (Canary Islands, Spain)" *Mineralium Deposita*, 33, 639-643.
- 29- Rodríguez-Losada, J.A., Hernández, S., Martínez-Frías, J., Hernández, L. & Lunar, R. (2010) Study of lunar soil from

- terrestrial models (Canary Islands). In Olalla et al. (Eds.) Volcanic Rock Mechanics. Rock Mechanics and Geo-engineering in Volcanic Environments. CRC Press,2010. 301–306
- 30- Rodríguez-Losada, J.A., Eff-Darwich A., Hernández, L. E., , Viñas, R., Pérez N., Hernández, P., Melián, G., Martínez-Frías, J., Romero-Ruiz, M. C., Coello-Bravo, J.J. (2014) Petrological and geochemical highlights in the floating fragments of the October 2011 submarine eruption offshore El Hierro (Canary Islands): Relevance of submarine hydrothermal processes. Journal of African Earth Sciences doi:10.1016/j.jafrearsci.2014.11.002.
- 31- Rey, J., Somoza, L. & Martínez-Frías, J. (1995) "Neotectonic, volcanic and hydrothermal processes related to the geodynamic framework in the Western Bransfield Rift, Deception island (Antarctica)" *Geo-Marine Letters*, 15: 1-8.
- 32- Rodríguez-Losada, J.A., Martínez-Frías, J., Bustillo, M.A. Delgado, A., Hernández-Pacheco, A. y De la Fuente Krauss, J.V. (2000) "The hydrothermally altered ankaramite basalts of Punta Poyata (Tenerife, Canary Islands)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 103 (1-4): 367-376.
- 33- Sauro, F., Massironi, M., Pozzobon, R., Hiesinger, H., Mangold, N., Martínez Frías, J., Cockell, C.& Bessone, L. (2018) The ESA PANGAEA field geology training prepares astronauts for future missions to the Moon and beyond. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 20, EGU2018-4017-1. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2018/EGU2018-4017-1.pdf>
- 34- Stack, K.M., Williams, N.R., Calef, F. et al. Photogeologic Map of the Perseverance Rover Field Site in Jezero Crater

Constructed by the Mars 2020 Science Team. Space Sci Rev. 216, 127 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00739-x>

- 35- Veneranda, M., Sáiz, J., Sanz-Arranz, A., Manrique, J.A., Lopez-Reyes, G., Medina, J., Dypvik, H., Werner, S.C., Rull, F., 2019. Planetary Terrestrial Analogues Library (PTAL) project: Raman data overview. Journal of Raman Spectroscopy, 2019: 1-19.

COLECCIÓN:
DISCURSOS ACADÉMICOS

Coordinación: **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**

1. *La Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote en el contexto histórico del movimiento académico.* (Académico de Número). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
2. *D. Blas Cabrera Topham y sus hijos.* (Académico de Número). **José E. Cabrera Ramírez**. 21 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
3. *Buscando la materia oscura del Universo en forma de partículas elementales débiles.* (Académico de Honor). **Blas Cabrera Navarro**. 7 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.
4. *El sistema de posicionamiento global (GPS): en torno a la Navegación.* (Académico de Número). **Abelardo Bethencourt Fernández**. 16 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.
5. *Cálculos y conceptos en la historia del hormigón armado.* (Académico de Honor). **José Calavera Ruiz**. 18 de julio de 2003. INTEMAC.
6. *Un modelo para la delimitación teórica, estructuración histórica y organización docente de las disciplinas científicas: el caso de la matemática.* (Académico de Número). **Francisco A. González Redondo**. 23 de julio de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
7. *Sistemas de información centrados en red.* (Académico de Número). **Silvano Corujo Rodríguez**. 24 de julio de 2003. Ayuntamiento de San Bartolomé.
8. *El exilio de Blas Cabrera.* (Académica de Número). **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**. 18 de noviembre de 2003. Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. Universidad de La Laguna.
9. *Tres productos históricos en la economía de Lanzarote: la orchilla, la barrilla y la cochinilla.* (Académico Correspondiente). **Agustín Pallarés Padilla**. 20 de mayo de 2004. Amigos de la Cultura Científica.
10. *En torno a la nutrición: gordos y flacos en la pintura.* (Académico de Honor). **Amador Schüller Pérez**. 5 de julio de 2004. Real Academia Nacional de Medicina.
11. *La etnografía de Lanzarote: "El Museo Tanit".* (Académico Correspondiente). **José Ferrer Perdomo**. 15 de julio de 2004. Museo Etnográfico Tanit.
12. *Mis pequeños dinosaurios. (Memorias de un joven naturalista).* (Académico Correspondiente). **Rafael Arozarena Doblado**. 17 diciembre 2004. Amigos de la Cultura Científica.
13. *Laudatio de D. Ramón Pérez Hernández y otros documentos relativos al Dr. José Molina Orosa.* (Académico de Honor a título póstumo). 7 de marzo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
14. *Blas Cabrera y Albert Einstein.* (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título

- póstumo del Excmo. Sr. D. **Blas Cabrera Felipe**). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
15. *La flora vascular de la isla de Lanzarote. Algunos problemas por resolver*. (Académico Correspondiente). **Jorge Alfredo Reyes Betancort**. 5 de julio de 2005. Jardín de Aclimatación de La Orotava.
 16. *El ecosistema agrario lanzaroteño*. (Académico Correspondiente). **Carlos Lahora Arán**. 7 de julio de 2005. Dirección Insular del Gobierno en Lanzarote.
 17. *Lanzarote: características geoestratégicas*. (Académico Correspondiente). **Juan Antonio Carrasco Juan**. 11 de julio de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
 18. *En torno a lo fundamental: Naturaleza, Dios, Hombre*. (Académico Correspondiente). **Javier Cabrera Pinto**. 22 de marzo de 2006. Amigos de la Cultura Científica.
 19. *Materiales, colores y elementos arquitectónicos de la obra de César Manrique*. (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo de **César Manrique**). **José Manuel Pérez Luzardo**. 24 de abril de 2006. Amigos de la Cultura Científica.
 20. *La Medición del Tiempo y los Relojes de Sol*. (Académico Correspondiente). **Juan Vicente Pérez Ortiz**. 7 de julio de 2006. Caja de Ahorros del Mediterráneo.
 21. *Las estructuras de hormigón. Debilidades y fortalezas*. (Académico Correspondiente). **Enrique González Valle**. 13 de julio de 2006. INTEMAC.
 22. *Nuevas aportaciones al conocimiento de la erupción de Timanfaya (Lanzarote)*. (Académico de Número). **Agustín Pallarés Padilla**. 27 de junio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
 23. *El agua potable en Lanzarote*. (Académico Correspondiente). **Manuel Díaz Rijo**. 20 de julio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
 24. *Anestesiología: Una especialidad desconocida*. (Académico Correspondiente). **Carlos García Zerpa**. 14 de diciembre de 2007. Hospital General de Lanzarote.
 25. *Semblanza de Juan Oliveros. Carpintero – imaginero*. (Académico de Número). **José Ferrer Perdomo**. 8 de julio de 2008. Museo Etnográfico Tanit.
 26. *Estado actual de la Astronomía: Reflexiones de un aficionado*. (Académico Correspondiente). **César Piret Ceballos**. 11 de julio de 2008. Iltre. Ayuntamiento de Tías.
 27. *Entre aulagas, matos y tabaibas*. (Académico de Número). **Jorge Alfredo Reyes Betancort**. 15 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
 28. *Lanzarote y el vino*. (Académico de Número). **Manuel Díaz Rijo**. 24 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
 29. *Cronobiografía del Dr. D. José Molina Orosa y cronología de acontecimientos conmemorativos*. (Académico de Número). **Javier Cabrera Pinto**. 15 de diciembre de 2008. Gerencia de Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.
 30. *Territorio Lanzarote 1402. Majos, sucesores y antecesores*. (Académico Correspondiente).

- Luis Díaz Feria**. 28 de abril de 2009. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
31. *Presente y futuro de la reutilización de aguas en Canarias*. (Académico Correspondiente). **Sebastián Delgado Díaz**. 6 de julio de 2009. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.
 32. *El análisis del tráfico telefónico: una herramienta estratégica de la empresa*. (Académico Correspondiente). **Enrique de Ferra Fantín**. 9 de julio de 2009. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
 33. *La investigación sobre el fondo cósmico de microondas en el Instituto de Astrofísica de Canarias*. (Académico Correspondiente). **Rafael Rebolo López**. 11 de julio de 2009. Instituto de Astrofísica de Canarias.
 34. *Centro de Proceso de Datos, el Cerebro de Nuestra Sociedad*. (Académico Correspondiente). **José Damián Ferrer Quintana**. 21 de septiembre de 2009. Museo Etnográfico Tanit.
 35. Solemne Sesión Académica Necrológica de Homenaje al Excmo. Sr. D. Rafael Arozarena Doblado, Académico Correspondiente en Tenerife. *Laudatio Académica* por **Francisco González de Posada** y otras *Loas*. 24 de noviembre de 2009. Ilte. Ayuntamiento de Yaiza.
 36. *La Cesárea. Una perspectiva bioética*. (Académico Correspondiente). **Fernando Conde Fernández**. 14 de diciembre de 2009. Gerencia de Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.
 37. *La “Escuela Luján Pérez”: Integración del pasado en la modernidad cultural de Canarias*. (Académico Correspondiente). **Cristóbal García del Rosario**. 21 de enero de 2010. Fundación Canaria “Luján Pérez”.
 38. *Luz en la Arquitectura de César Manrique*. (Académico Correspondiente). **José Manuel Pérez Luzardo**. 22 de abril de 2010. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
 39. *César Manrique y Alemania*. (Académico Correspondiente). **Bettina Bork**. 23 de abril de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
 40. *La Química Orgánica en Canarias: la herencia del profesor D. Antonio González*. (Académico Correspondiente). **Ángel Gutiérrez Ravelo**. 21 de mayo de 2010. Instituto Universitario de Bio-Orgánica “Antonio González”.
 41. *Visión en torno al lenguaje popular canario*. (Académico Correspondiente). **Gregorio Barreto Viñoly**. 17 de junio de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
 42. *La otra Arquitectura barroca: las perspectivas falsas*. (Académico Correspondiente). **Fernando Vidal-Ostos**. 15 de julio de 2010. Amigos de Écija.
 43. *Prado Rey, empresa emblemática. Memoria vitivinícola de un empresario ingeniero agrónomo*. (Académico Correspondiente). **Javier Cremades de Adaro**. 16 de julio de 2010. Real Sitio de Ventosilla, S. A.
 44. *El empleo del Análisis Dimensional en el proyecto de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico*. (Académico Correspondiente). **Miguel Ángel Gálvez**

- Huerta.** 26 de julio de 2010. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.
45. *El anciano y sus necesidades sociales.* (Académico Correspondiente). **Arístides Hernández Morán.** 17 de diciembre de 2010. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
 46. *La sociedad como factor impulsor de los trasplantes de órganos abdominales.* (Académico de Honor). **Enrique Moreno González.** 12 de julio de 2011. Amigos de la Cultura Científica.
 47. *El Tabaco: de producto deseado a producto maldito.* (Académico Correspondiente). **José Ramón Calvo Fernández.** 27 de julio de 2011. Dpto. Didácticas Espaciales. ULPGC.
 48. *La influencia de la ciencia en el pensamiento político y social.* (Académico Correspondiente). **Manuel Medina Ortega.** 28 de julio de 2011. Grupo Municipal PSOE. Ayuntamiento de Arrecife.
 49. *Parteras, comadres, matronas. Evolución de la profesión desde el saber popular al conocimiento científico.* (Académico Numerario). **Fernando Conde Fernández.** 13 de diciembre de 2011. Italfármaco y Pfizer.
 50. *En torno al problema del movimiento perpetuo. Una visión histórica.* (Académico Correspondiente). **Domingo Díaz Tejera.** 31 de enero de 2012. Ayuntamiento de San Bartolomé
 51. *Don José Ramírez Cerdá, político ejemplar: sanidad, educación, arquitectura, desarrollo sostenible, ingeniería de obras públicas viarias y de captación y distribución de agua.* (Académico Correspondiente). **Álvaro García González.** 23 de abril de 2012. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
 52. *Perfil biográfico de César Manrique Cabrera, con especial referencia al Municipio de Haría.* (Académico Numerario). **Gregorio Barreto Viñoly.** 25 de abril de 2013. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
 53. *Tecnología e impacto social. Una mirada desde el pasado hacia el futuro.* (Académico Correspondiente). **Roque Calero Pérez.** 26 de abril de 2013. Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria.
 54. *Historia del Rotary Club Internacional: Implantación y desarrollo en Canarias.* (Académico Correspondiente). **Pedro Gopar González.** 19 de julio de 2013. Construcciones Lava Volcánica, S.L.
 55. *Ensayos en vuelo: Fundamento de la historia, desarrollo, investigación, certificación y calificación aeronáuticas.* (Académico Correspondiente). **Antonio Javier Mesa Fortún.** 31 de enero de 2014. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
 56. *El cielo nocturno de Fuerteventura: Recurso para la Ciencia y oportunidad para el Turismo.* (Académico Numerario). **Enrique de Ferra Fantín.** 20 de mayo de 2015.
 57. *La Unión Europea ante las crisis internacionales.* (Académico Numerario). **Manuel Medina Ortega.** 24 de julio de 2015.
 58. *Seguridad alimentaria y disruptores endocrinos hoy.* (Académico Correspondiente). **Antonio**

- Burgos Ojeda.** 14 de diciembre de 2015.
59. *El Dr. Tomás Mena y Mesa: Médico filántropo majorero.* (Académico Numerario). **Aristides Hernández Morán.** 15 de diciembre de 2015.
60. *Callejero histórico de Puerto de Cabras - Puerto del Rosario.* (Académico Numerario). **Álvaro García González.** 20 de abril de 2016.
61. *El moderno concepto de Probabilidad y su aplicación al caso de los Seguros/Il moderno concetto di Probabilità e il suo rapporto con l'Assicurazione.* (Académico Correspondiente en Italia). **Claudio de Ferra.** 25 de julio de 2016.
62. *Comentarios históricos sobre la obra de Boccaccio. “De Canaria y de las otras islas nuevamente halladas en el océano allende España”.* (Académico Numerario). **Cristóbal García del Rosario.** 25 de julio de 2016.
63. «*Literatura Viva*», Una iniciativa en Lanzarote para fomentar la práctica de la *Lectura en VozAlta*. (Académico Correspondiente). **Manuel Martín-Arroyo Flores.** 26 de julio de 2016.
64. *La herencia centenaria de un soñador. Huella y legado de Manuel Velázquez Cabrera (1863-1916).* (Académico Correspondiente). **Felipe Bermúdez Suárez.** 17 de octubre de 2016.
65. *Propuesta para la provincialización de las islas menores del archipiélago canario.* (Académico Correspondiente). **Fernando Rodríguez López-Lannes.** 18 de octubre de 2016.
66. *Cambio Climático y Tabaco: El negocio está en la duda.* (Académico Numerario). **José Ramón Calvo Fernández.** 12 de diciembre de 2016.
67. *Los RPAS, un eslabón más en la evolución tecnológica.* (Académico Numerario). **Juan Antonio Carrasco Juan.** 30 de enero de 2017.
68. *La Seguridad de los Medicamentos.* (Académico Numerario). **José Nicolás Boada Juárez.** 31 de enero de 2017.
69. *Teoría de Arrecife.* (Académico Numerario). **Luis Díaz Feria.** 26 de abril de 2017.
70. *Sistemas críticos en aeronaves no tripuladas: Un ejemplo de optimización y trabajo en equipo.* (Académico Numerario). **Antonio Javier Mesa Fortún.** 28 de abril de 2017.
71. *1878 – 1945: La Arquitectura en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria en tiempos de Blas Cabrera Felipe.* (Académico Numerario). **José Manuel Pérez Luzardo.** 17 de mayo de 2017.
72. *Energía osmótica: una renovable prometedora en desarrollo.* (Académico Numerario). **Sebastián N. Delgado Díaz.** 20 de julio de 2017.
73. *El descubrimiento de Lanzarote y de Canarias por parte del navegante italiano Lanzarotto Malocello.* (Académico Correspondiente). **Alfonso Licata.** 21 de julio de 2017.
74. *La Palma Canaria: Una cultura agrícola-artesanal.* (Académico Correspondiente). **Gerardo Mesa Noda.** 25 de septiembre de 2017.

75. *El Reloj de Sol del Castillo de San Gabriel en Arrecife: Su carácter primicial y la difusión del modelo.* (Académico Numerario). **Juan Vicente Pérez Ortiz.** 22 de diciembre de 2017.
76. *Mis recuerdos de César Manrique.* (Académico Numerario). **José Dámaso Trujillo -“Pepe Dámaso”-**. 23 de abril de 2018.
77. *Un nuevo modelo de desarrollo sostenible: necesidad y características.* (Académico Numerario). **Roque Calero Pérez.** 24 de abril de 2018.
78. *Reserva de la Biosfera de Fuerteventura en la red mundial de Reservas de la Biosfera. Logros y retos de futuro.* (Académico Correspondiente). **Antonio Gallardo Campos.** 25 de abril de 2018.
79. *La Extraposofía o la Arquitectura del Universo.* (Académico Correspondiente). **Antonio Padrón Barrera.** 25 de abril de 2018.
80. *La huella del Vaticano II en Fuerteventura.* (Académico Numerario). **Felipe Bermúdez Suárez.** 16 de julio de 2018.
81. *La construcción de la nueva comisaría de Arrecife.* (Académico Numerario). **Fernando Rodríguez López-Lannes.** 19 de julio de 2018.
82. *Acupuntura médica occidental / Western medical acupuncture.* (Académico Correspondiente en el Reino Unido). **Bill Ferguson.** 12 de diciembre de 2018.
83. *Leonardo da Vinci. Quinto centenario de su fallecimiento.* (Académico Numerario). **Alfonso Licata.** 22 de mayo de 2019.
84. *De Lanzarote a la Luna y a Marte: Claves geológicas y astrobiológicas.* (Académico Correspondiente). **Jesús Martínez Frías.** 30 de enero de 2020.
85. *Remembranza de un académico poeta, Rafael Arozarena.* (Académico Numerario). **Manuel Martín-Arroyo Flores.** 10 de diciembre de 2020.
86. *La conservación del patrimonio paleontológico de Lanzarote.* (Académica Correspondiente). **Esther Martín González.** 18 de mayo de 2021.
87. *El Geoparque Mundial de la UNESCO Lanzarote y Archipiélago Chinijo.* (Académica Correspondiente). **María Elena Mateo Mederos.** 19 de mayo de 2021.
88. *Los ángeles en la obra fresquista de Francisco de Goya.* (Académica Correspondiente). **María Teresa Fernández Talaya.** 8 de septiembre de 2021.
89. *Integración en edificios de viviendas de la tecnología de enfriamiento pasivo (o de bajo gasto energético) por re-irradiación de onda larga.* (Académico Numerario). **Miguel Ángel Gálvez Huerta.** 9 de septiembre de 2021.
90. *Medio ambiente y salud, reflexiones post pandémicas.* (Académico Numerario). **Antonio Gallardo Campos.** 13 de diciembre de 2021.
91. *Control sanitario del tráfico marítimo en los puertos canarios occidentales: Epidemias.* (Académico Numerario). **Antonio Burgos Ojeda.** 14 de diciembre de 2021.

92. *Interlingua: La lengua global.* (Académico Numerario). **Domingo Díaz Tejera.** 3 de febrero de 2022.
93. *Los recuerdos de Blas Cabrera en Lanzarote hasta 1978.* (Académico Correspondiente). **Enrique Díaz Herrera.** 26 de mayo de 2022.
94. *Canarias: Cuando el magma alcanza el Cosmos.* (Académico Numerario). **Jesús Martínez Frías.** 27 de mayo de 2022.

