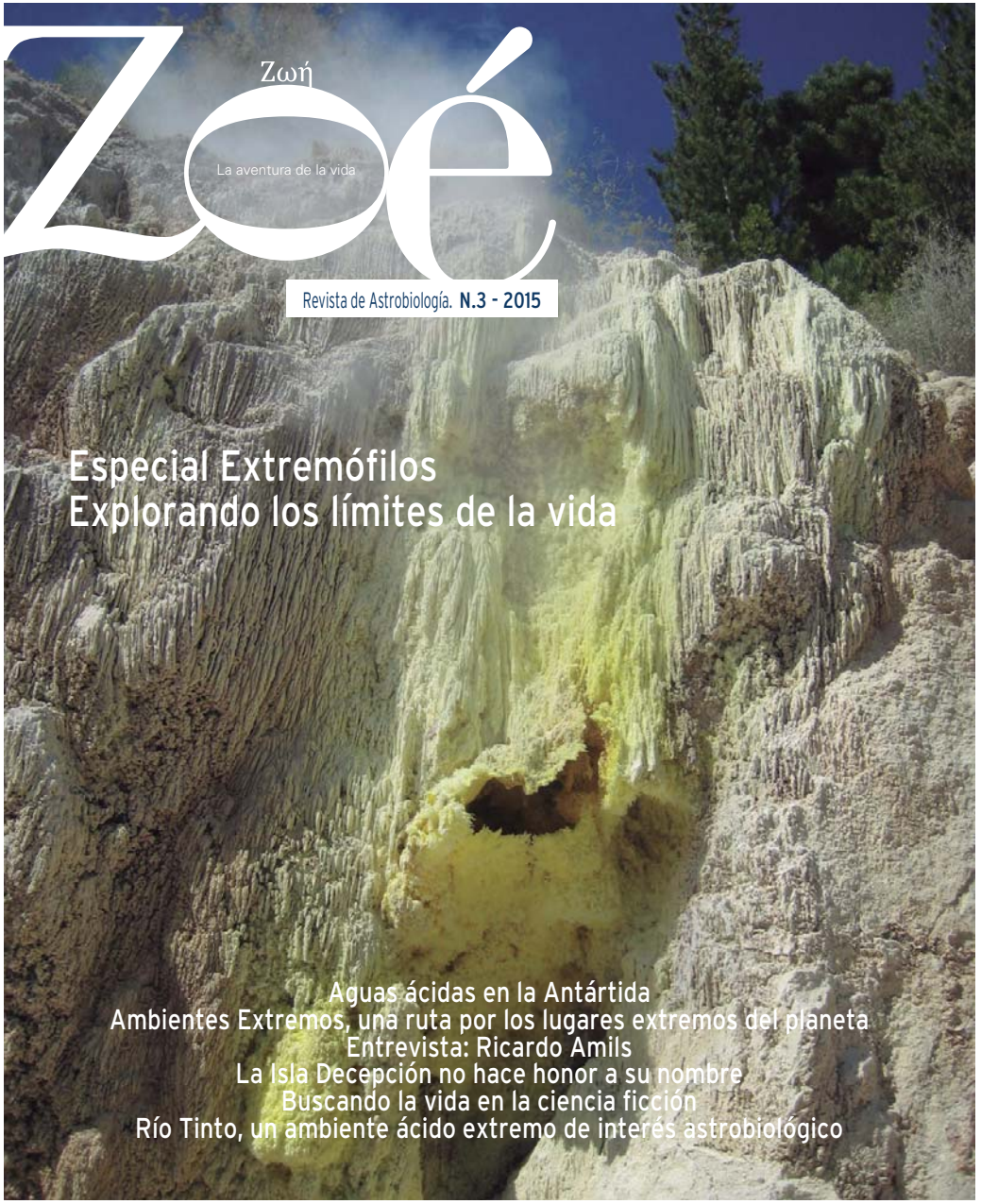


Ζωή

Zoé

La aventura de la vida

Revista de Astrobiología. **N.3 - 2015**

Especial Extremófilos
Explorando los límites de la vida

Aguas ácidas en la Antártida
Ambientes Extremos, una ruta por los lugares extremos del planeta
Entrevista: Ricardo Amils
La Isla Decepción no hace honor a su nombre
Buscando la vida en la ciencia ficción
Río Tinto, un ambiente ácido extremo de interés astrobiológico

Presentación

Prefacio Zoé 3

El *leitmotiv* de nuestro Centro de Astrobiología es llegar a comprender cómo se originó y cómo evolucionó la vida, partiendo de las condiciones de contorno dadas por la evolución del Universo desde el Big Bang hasta la formación del Sistema Solar, y de nuestro conocimiento del ambiente en la Tierra en los últimos 3000 millones de años.

Los avances en Astrofísica de las últimas décadas nos han mostrado cómo la línea evolutiva del Universo genera de manera natural gran cantidad de planetas en torno a una importante fracción de las estrellas que hay en el Universo. Hasta la fecha hemos confirmado ya más de 1000 de esos exoplanetas; de hecho estamos asistiendo al nacimiento de una nueva ciencia: la exoplanetología. Pero como era de esperar, las condiciones ambientales en la mayoría de esos nuevos mundos difieren notablemente de las que tenemos en la Tierra.

Los exoplanetólogos han definido lo que denominan la Zona de Habitabilidad de una estrella como aquellas órbitas en las que un planeta rocoso podría estar a la temperatura adecuada para albergar agua líquida y atmósferas gaseosas. Pero incluso los exoplanetas que se encuentren en esta Zona de Habitabilidad mostrarán necesariamente grandes variaciones en sus propiedades físico-químicas.

La pregunta que surge de manera inmediata es: ¿podría la vida desarrollarse en entornos muy diferentes a los terrestres? Con el objetivo de responder a esta pregunta se comenzó hace ya muchos años con la búsqueda de seres vivos en entornos extremos, en los que *a priori* no debería haber sobrevivido nada. La sorpresa fue encontrar que incluso en los entornos más extremos la vida había logrado adaptarse y evolucionar.

En este número de la revista *Zoé* revisaremos los principales avances en este campo de la extremofilia, que nos muestra la capacidad de adaptación de los procesos biológicos una vez se ponen en marcha. Lo que estos resultados nos han dejado claro es que si la vida surgió también fuera de la Tierra, debería ser un fenómeno muy frecuente que encontráramos en ambientes muy diversos. Tan solo tenemos que buscarla, y en eso estamos. Z

Miguel Mas
Director del Centro de Astrobiología

staff

DIRECTOR
Miguel Mas Hesse. Jefe de la UCC-CAB.

COORDINACIÓN EDITORIAL
Cristina Delgado González y Juan Ángel Vaquerizo Gallego. UCC-CAB.

COLABORADORES
Ricardo Amils Pibernat. Dpto. de Planetología y Habitabilidad. CAB.
Luis Cuesta Crespo. Dpto. de Evolución Molecular. CAB.
Laura García Descalzo. Dpto. de Planetología y Habitabilidad. CAB.
Miriam García Villadangos. Dpto. de Evolución Molecular. CAB.
Felipe Gómez Gómez. Dpto. de Planetología y Habitabilidad. CAB.
Elena González Toril. Dpto. de Evolución Molecular. CAB.
Marta Quintín Maza. Dpto. de Comunicación. INTA

CONSEJO EDITORIAL
Miguel Mas Hesse. Director del CAB.
Víctor Parro García. Vicedirector del CAB.
Francisco Najarro de la Parra. Jefe del Departamento de Astrofísica.
Eduardo González Pastor. Jefe del Departamento de Evolución Molecular.
Olga Prieto Ballesteros. Jefe del Departamento de Planetología y Habitabilidad.
Eduardo Sebastián Martínez. Jefe del Departamento de Instrumentación.

DISEÑO
Vicente Aparisi. Proyecto Gráfico y Dirección de Arte.

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http://publicacionesoficiales.boe.es

IMPRESIÓN
ACOMM / Longares

Depósito legal: M-43644-2011
ISSN
Impreso: 2254-1691
en línea: 2254-190X
NIPO
Impreso: 078-15-005-5
en línea: 078-15-004-0

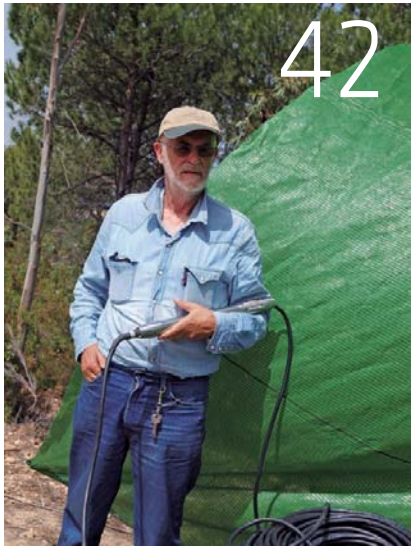
Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)
Carretera de Ajalvir, km 4 - 28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)
http://cab.inta-csic.es
E-mail: divulgacion@cab.inta-csic.es

Zoé – Revista de Astrobiología es una publicación trimestral del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC).
Zoé – Revista de Astrobiología no se hace responsable de las opiniones de los autores de los artículos.
Se autoriza la difusión de los contenidos de esta publicación previo permiso.

El crédito de la imagen de la portada es de Miriam García Villadangos.

Contenidos

Especial Extremófilos
Explorando los límites de la vida



4 • Ambientes Extremos, una ruta por los lugares extremos del planeta
10 • Aguas ácidas en la Antártida
16 • La Isla Decepción no hace honor a su nombre
26 • Buscando la vida en la ciencia ficción
32 • Río Tinto, un ambiente ácido extremo de interés astrobiológico
42 • Entrevista: Ricardo Amils
02 • Editorial

Ambientes Extremos

Una ruta por los lugares extremos del planeta

Felipe Gómez Gómez
Dpto. de Planetología y Habitabilidad, CAB
• Crédito de todas las fotografías: Felipe Gómez

La investigación sobre los límites de la vida, el intentar conocer qué es ese proceso tan extraño que conocemos como vida (no en vano supone una de las cuestiones científicas mas importantes que intenta abordar el conocimiento humano) y el estudio de la habitabilidad en lugares extremos, ha pasado a estar de actualidad por sus aplicaciones directas en misiones espaciales de exploración planetaria, como en el caso de Marte, con un considerable impacto mediático. Desde que se aisló el primer microorganismo extremo *Thermus aquaticus* en los surgimientos hidrotermales del parque Nacional de Yellowstone por Brock y Freeze en el año 1969, se han ido descubriendo muchos otros microorganismos que nos han hecho cambiar la idea que se tenía en la década de los años 70 sobre la vida, su adaptación y sus límites. Ese concepto de vida bajo condiciones "habituales" para el ser humano, con rangos de temperatura en torno a los 37°C y un pH neutro, dejó de tener validez.

Este tipo de investigación, en muchas ocasiones, supone experiencias personales muy gratificantes porque implica viajes a lugares remotos, de difícil acceso, que no habrías podido visitar si no fuera por motivos profesionales; y te facilita conocer gente que bien podríamos clasificar como "aventureros" modernos, científicos y profesionales con gran carisma, que dejan huella. Suele ser habitual que haya siempre un antes y un después tras un "gran viaje" de este tipo. Estos lugares, que presentan condiciones adversas para la mayor parte de formas de vida, son conocidos como ambientes extremos. Las altas o las bajas temperaturas, la alta acidez o la extrema sequedad, hacen que un ambiente se convierta en extremo para la vida. Desde hace algunas décadas se sabe que esos lugares no solo no están estériles, sino que albergan formas de vida, generalmente bacteriana, que conocemos como extremófilos.

Así llegamos a varios interrogantes interesantes: ¿por qué existen los extremófilos? ¿Por qué existen esas formas de vida que prefieren ambientes tan adversos? Lo cierto es que para esas formas de vida esos ambientes no son "tan adversos", si no todo lo contrario, es precisamente bajo esas condiciones bajo las que se encuentran en su estado óptimo de crecimiento, es decir, es cuando se encuentran más a gusto para crecer y desarrollarse.

Esto nos lleva a la siguiente gran cuestión, ¿podemos conocer los límites de la vida? ¿Cuándo deja de ser habitable un ambiente? El estudio de la habitabilidad está siendo de gran interés en la actualidad por la aplicación directa en misiones espaciales que buscan la posible habitabilidad de planetas como Marte, o de la luna Europa de Júpiter. Estas misiones suelen tener gran impacto mediático y por tanto ser de gran interés para el público en general. Los lugares del planeta Tierra que podemos calificar como análogos terrestres se clasifican en base a las condiciones físico-químicas que les hacen ser parecidos a otro lugar del Universo, ya sea por la falta de agua (ambientes desérticos), por sus extremas temperaturas (ambientes fríos o calientes), por la elevada radiación presente o por su mineralogía. Vamos a realizar un recorrido por algunos de esos lugares de interés astrobiológico que me han marcado de alguna forma. Z

Desierto de Atacama (Chile)
El desierto de Atacama está considerado como el lugar más seco del planeta Tierra, por lo que es considerado un análogo marciano. Su baja actividad acuosa supone un reto para la supervivencia de las formas de vida que habitan el desierto. Debido a esa extrema falta de agua se producen precipitaciones salinas en algunos lugares del desierto que forman costras superficiales que acaban siendo nicho para algunas formas bacterianas.

Atacama (Chile), ruta por el desierto

El Desierto de Atacama en Chile es el lugar más seco del mundo, por eso despierta nuestro interés científico, con sus salares, termas y geiseres, grandes minas de cobre y otros minerales, como la de Chuquicamata, en Calama, y otras a grandes altitudes en el altiplano que dominan gran parte de la extensión de Chile. Toda esa zona destaca especialmente por el desierto, un elemento geomorfológico que determina mucho todo el entorno. Pero también por la arqueología, con restos incluso de épocas incaica y española, que se resguarda en antiguos poblados y fiestas religiosas y que hoy día siguen convocando a gran cantidad de fieles en distintas épocas del año. Pero también impactan, sobre todo cuando ya estás inmerso en el desierto, los cielos nocturnos estrellados, de gran belleza. Y, por supuesto y antes todo, aunque suene a tópico, sus gentes. Los pobladores de las zonas próximas al desierto son gente adusta, acostumbrada a las dificultades y que, precisamente por ello, te prestan su simpatía ante cualquier dificultad. En el área de Copiapó, el desierto se vuelve fértil gracias a la camanchaca, una bruma que sale del mar y que permite la vida en impactantes reservas naturales como el Parque Nacional Pan de Azúcar y el Parque Nacional Fray Jorge. La primera vez que visité el desierto llegamos a la zona de estudio ya entrada la noche y nos recibió precisamente una tormenta (nada habitual en esta zona, llevaba varias décadas sin llover) y un frío extremo, que dificultó el establecimiento del campamento.

Atacama tiene una mención especial en el mundo de la extremofilia y la astrobiología, por ser el lugar más seco del mundo, como ya he mencionado. La camanchaca, procedente del Océano Pacífico, va cargada de sal. Cuando esta se deposita, deja en la superficie una zona halófila que hace aún más extremas para la vida microbiana las condiciones del desierto. Aún así, se han aislado gran número de microorganismos en estas zonas. Microorganismos que soportan unas bajas actividades de agua, unas altas dosis de radiación y unos cambios extremos en las temperaturas ambientales.

Al desierto de Atacama fuimos con el objetivo de buscar formas de vida microbiana que soportaran las zonas más áridas del desierto. Queríamos conocer cuál era el límite de sequía que la vida era capaz de soportar. Llevamos con nosotros algunas técnicas automáticas de detección de vida y algunos ensayos de detección de biomarcadores. Se pretendía mejorar y probar esas técnicas en ambientes adversos, y ponerlas a punto para futuras misiones espaciales.

La primera gran sorpresa fue encontrar un gran número de microorganismos en lugares muy secos. La diversidad era mayor de lo esperado. La segunda fue encontrar algunas zonas donde, debido a la presencia de sales minerales, se producía un fenómeno físico conocido como delicuescencia. A través de este proceso, se permite la presencia de agua en pequeños reductos que posibilitan la aparición de lugares específicos donde la humedad es más elevada que en el propio entorno desértico. Es decir, en el desierto hay pequeños nichos ecológicos que posibilitan la presencia de vida. Z

Chott El Djerid (Túnez)

Laguna de origen endorreico pero con alta carga de sales en el subsuelo que ascienden por capilaridad cuando se producen los movimientos de la capa de agua. Cuando el nivel freático desciende se produce una costra salina que hace que el ecosistema presente en superficie sea muy extremo. Altas concentraciones de sales, baja actividad hídrica y un ecosistema anóxico en el subsuelo hacen de esta zona un lugar de interés para la investigación astrobiológica.

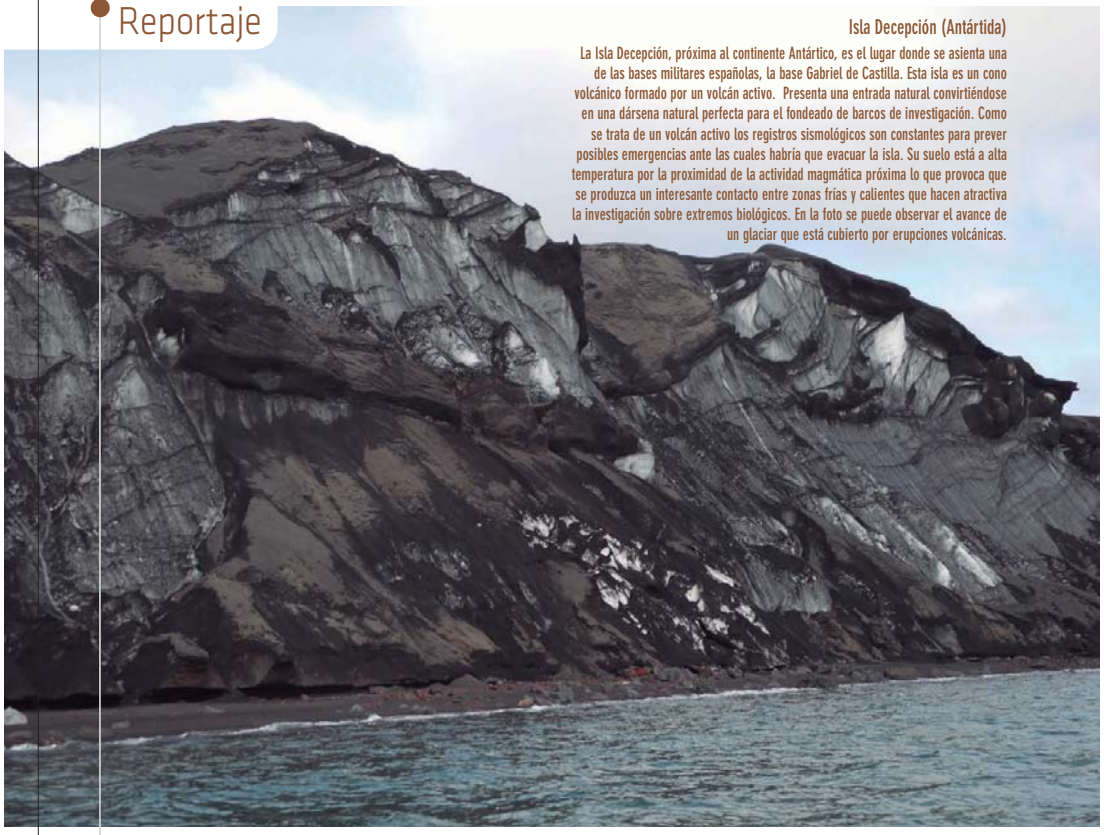
Chott El Djerid (Túnez)

La falta de agua a lo largo de la mayor parte del año hace que se precipite la sal en disolución, formando una costra salina en superficie que promueve la aparición de dos ecosistemas completamente diferentes, uno en superficie y otro en el subsuelo.

Chott El Djerid (Túnez) – Desierto de sal

Chott el Djerid es la mayor superficie salina del Sáhara con una superficie de 7.000 km². Debido al clima extremo de la región, con una precipitación anual de 100 mm y unas temperaturas máximas de 50°C, el agua que llega al lago se evapora rápidamente. Durante el verano Chott el Djerid permanece completamente seco. En ese periodo puede verse la denominada Fata Morgana, un característico efecto óptico que tiene lugar en zonas amplias y totalmente llanas, y que da lugar a los famosos espejismos.

En ese entorno se produce un ecosistema anaerobio, sin presencia de oxígeno, bajo la capa superficial del terreno. El encharcamiento procedente del lago endorreico permite la aparición de microorganismos anaerobios que acaban produciendo gases como el metano o el ácido sulfhídrico, propios de zonas anóxicas. Ese doble ecosistema, aerobio en la parte superficial y anaerobio a poca profundidad, en un entorno salino, hace que sea un ambiente extremo de gran interés. Durante el estudio de esta zona, pretendíamos llevar a cabo el análisis de un ecosistema protegido bajo la superficie y con unas condiciones ambientales completamente diferentes al ecosistema expuesto en superficie. Los ecosistemas aislados de la superficie del planeta que los alberga y, por tanto, protegidos, deben ser estudiados como análogos de lo que podría estar ocurriendo en otros lugares del Universo, como la sub-superficie de Marte o de Europa, la luna de Júpiter. Z



Isla Decepción (Antártida)

La Isla Decepción, próxima al continente Antártico, es el lugar donde se asienta una de las bases militares españolas, la base Gabriel de Castilla. Esta isla es un cono volcánico formado por un volcán activo. Presenta una entrada natural convirtiéndose en una dársena natural perfecta para el fondeado de barcos de investigación. Como se trata de un volcán activo los registros sismológicos son constantes para prever posibles emergencias ante las cuales habría que evacuar la isla. Su suelo está a alta temperatura por la proximidad de la actividad magmática próxima lo que provoca que se produzca un interesante contacto entre zonas frías y calientes que hacen atractiva la investigación sobre extremos biológicos. En la foto se puede observar el avance de un glaciar que está cubierto por erupciones volcánicas.

Isla Decepción (Antártida) – El frío y el calor

La Isla Decepción es una de las islas más increíbles del planeta. Se trata de un volcán activo en las islas Shetland del Sur, frente a la Península Antártica. Su extraordinario paisaje está constituido por áridas laderas volcánicas, playas con fumarolas y glaciares cubiertos por cenizas. La isla presenta una curiosa forma de herradura con una amplia caldera inundada. Se abre al mar a través de un estrecho canal, los Fuelles de Neptuno, formando un puerto bajo refugio natural. Es uno de los pocos lugares en el mundo donde los buques pueden navegar directamente por el centro de un volcán activo.

A pesar del frío intenso, propio de la zona antártica, se puede observar la salida de humo de las laderas de las colinas volcánicas de la isla, debido a la alta temperatura que hay a poca profundidad. Este contacto frío-calor fue lo que nos llevó a este lugar. Los microorganismos que se sitúan en la zona de contacto son poliextremófilos de gran interés. De hecho, durante nuestro trabajo en la isla aislamos psicrófilos o amantes del frío, pero también termófilos, que proliferaban en la zona de influencia del volcán. Los límites de temperatura que la vida soporta son todavía un interrogante. Se conocen microorganismos que crecen en los hielos de la Antártida a 20 grados bajo cero, y también otros microorganismos que soportan el agua en ebullición y que crecen a temperaturas superiores a los 115 grados centígrados. Hemos podido comprobar que lo que la vida necesita realmente para desarrollarse es agua en estado líquido, sin importar la temperatura a la que esté ese medio. Z

Río Tinto (España)

Ecosistema muy adverso por el bajo pH presente en las aguas del río, la alta concentración de metales pesados y la alta presencia de sales minerales que empiezan a precipitar en el momento que el nivel de agua se reduce.

Río Tinto (España)

El entorno del río Tinto es un paraje muy especial. Recientemente, los tramos altos y medios del río han sido reconocidos como Paisaje Protegido. Se trata de un entorno único en el mundo, tanto por su belleza cromática como por sus excepcionales condiciones ambientales e históricas. Alrededor del curso alto del río se sitúa el mayor yacimiento minero a cielo abierto de Europa, que ya era explotado por los tartesios y los romanos.

Toda esta larga actividad minera ha originado un peculiar paisaje, propio de otro mundo. El nombre del río proviene de su color rojizo, que pasa a ocre en las orillas. Estas tonalidades, desde los albores de la historia, se deben al alto contenido en sales ferruginosas y sulfato férrico, que otorgan un pH muy ácido. En las orillas se presentan estructuras características, resultado del enfriamiento de la escoria y los residuos mineros.

Aunque pueda parecer que en tales condiciones no sea posible la vida, estas aguas acogen una gran diversidad de microorganismos que se alimentan solo de minerales. Son, por tanto, microorganismos quimiolitótrofos, que obtienen la energía para su desarrollo de la oxidación de compuestos inorgánicos, especialmente la pirita presente en la zona. Tanto es así, que el lugar es estudiado desde hace mucho tiempo por la Agencia Espacial Norteamericana, la NASA, para conocer estas formas de vida, debido a la probable similitud entre sus condiciones ambientales y las que podrían darse en el planeta Marte. Z

Para saber más:

Extremofilia - Biomarcadores - Delicuescencia - Origen endorreico - Ecosistema anóxico - Fata Morgana - *Thermus aquaticus* - Microorganismos poliextremófilos - Microorganismos quimiolitótrofos

Aguas ácidas en la Antártida

Elena González Toril
Dpto. de Evolución Molecular (CAB)

Crédito de todas las fotografías: Elena González Toril

"Nos trasladaron con todo nuestro equipo en helicóptero y desde el cielo pudimos contemplar un paisaje asombroso: buena parte de los hielos de la bahía aparecían teñidos con precipitados rojos, lo que sin duda demuestra que estaba teniendo lugar un fenómeno de drenajes ácidos de roca y que éste era más relevante de lo que en principio supusimos". Éste es un extracto del relato que hace la investigadora Elena González Toril acerca de una apasionante expedición a la Antártida en busca de aguas ácidas.

El acceso al área de muestreo y la evacuación sólo fue posible por helicóptero. ■

Un propósito que da nombre a un proyecto patrocinado por el Instituto Antártico Chileno (INACH) que fue desarrollado entre 2009 y 2010 por un equipo interdisciplinar (geológico, geoquímico y microbiológico), gracias a la colaboración internacional establecida entre el CAB, la Universidad de Concepción (Chile) y el Instituto Geológico y Minero de España.

El equipo buscaba en la Antártida un análogo terrestre del planeta Marte. Sólo en ambientes tan radicales como el continente austral hay esperanzas de encontrar esos microorganismos denominados por la astrobiología como extremófilos que por sí mismos constituyen un inestimable baremo para definir los límites físico-químicos en los que la vida es posible, dado que, para crecer, requieren de las condiciones extremas que solo pueden darse en las fuentes termales con agua en ebullición, en el hielo que cubre lagos, en glaciares, mares polares, en aguas de elevada salinidad o en aquellas que tienen un pH de 0 o tan alto como 12.

El estudio de estos ambientes extremos y de los extremófilos que en ellos habitan ayuda a la astrobiología a buscar y entender los límites de la vida en nuestro planeta, así como el origen de la misma, y proporciona ecosistemas análogos a los ambientes extraterrestres como los de Marte o Europa (satélite de Júpiter), cuyo estudio directo es, hoy por hoy, muy complicado.

Entre los análogos de Marte, los más aceptados son los ecosistemas ácidos extremos ricos en hierro, generados como consecuencia de la oxidación de sulfuros metálicos. Uno de los mejores ejemplos es Río Tinto (Huelva), pero difícilmente un análogo va a presentar todas las características de un ambiente extraterrestre. En ese sentido, el clima cálido de Huelva aleja este análogo de las intemperantes condiciones marcianas. Por tanto, para ahondar en el conocimiento del planeta rojo se hacía pertinente buscar alternativas.

En este contexto, en el año 2008, con el Dr. Bernhard Dold de la Universidad de Concepción como investigador principal, dio comienzo el proyecto cuyo objetivo primordial consistía en la localización y estudio de aguas ácidas en el continente blanco, lo cual constituiría un hallazgo de incalculable interés astrobiológico.

"Hasta enero del 2009 nunca se habían identificado ambientes ácidos en la Antártida. Por el contrario, la mayoría de los ambientes antárticos descritos mostraban un pH próximo a 7. Sin embargo, partíamos de cierta ventaja porque sí había sido descrita la geología de lugares en los que se había detectado un alto contenido de sulfuros metálicos, especialmente pirita. En concreto, las islas Shetland del Sur (archipiélago del Océano Glacial Antártico) y parte de la Península Antártica.

Cuando la temperatura es baja, los procesos de oxidación naturales difícilmente tienen lugar, o transcurren muy lentamente, por lo que estos procesos no son esperables en la Antártida. Sólo por encima de 4ºC comienzan a aparecer microorganismos acidófilos (*Acidithiobacillus ferrivorans*) capaces de oxidar hierro de forma eficiente y, por consiguiente, de acelerar la generación de aguas ácidas en los lugares mineralizados. En el momento en el que se identificaron los sulfuros metálicos en las islas Shetland del Sur, hace más de tres décadas, no se apreció ninguna alteración de los mismos ni, por lo tanto,

El estudio de estos ambientes extremos y de los extremófilos que en ellos habitan ayuda a la astrobiología a buscar y entender los límites de la vida en nuestro planeta, así como el origen de la misma, y proporciona ecosistemas análogos a los ambientes extraterrestres como los de Marte o Europa (satélite de Júpiter), cuyo estudio directo es, hoy por hoy, muy complicado.

Vista general del punto de muestreo.

generación de drenajes ácidos. Sin embargo, el aumento de las temperaturas en los últimos treinta años podía haber alumbrado un cambio, dado que ese umbral térmico ya se alcanza en esa zona del mundo con relativa facilidad", explica González Toril.

Espoleados por esta hipótesis, se puso en marcha la primera campaña de terreno del proyecto Búsqueda de Aguas Ácidas en la Antártida, llevado a cabo en el marco de la XLV Expedición Científica Antártica. Así prosigue con la narración la que fue una de sus protagonistas:

"Aun partiendo del conocimiento de la existencia de pirita en la zona a estudiar, no deja de ser arriesgado plantear todo un proyecto de investigación basándose en la condición indispensable de encontrar zonas donde la oxidación de sulfuros haya podido comenzar. Por este motivo, en el primer año de campaña nos centramos en la localización de este lugar esperado. Durante las dos primeras semanas del año 2009, recorrimos con el pequeño remolcador Galvarino las islas Shetland del Sur, parte de la Península Antártica y las islas Joinville y James Ross. Nuestra referencia eran escritos de los años 80 en los que se describía la mineralización

Toma de muestras en los precipitados de schwertmannita sobre los hielos.

En una bahía en la isla Rey Jorge, el proceso de oxidación ya había comenzado. Había viarios drenajes cuyo pH oscilaba entre 3 y 5. Por tanto, los investigadores cumplieron con el objetivo básico de identificar un lugar ácido y drenajes que eran consecuencia de la oxidación de la pirita.

La bahía Sur en la isla Doumer, cerca de la costa oriental de la península antártica, fue uno de los lugares visitados en busca de sulfuros ácidos.

CAB.INTA-CSIC.ES

Base inglesa de Port Lockroy, situada en la isla Wiencke, frente a la península Antártica. Como parte de la expedición para la localización de drenajes ácidos de roca, visitamos esta antigua base, fundada en 1944 y que se mantiene actualmente como museo.

de la zona. No hizo falta ser un experto en cambio climático para darse cuenta de que los hielos han cambiado desde entonces. Muchas de las zonas "que hace 35 años se describían como cubiertas por glaciares" aparecían ahora descubiertas. Esto era alentador, ya que nos indicaba que había posibilidades de encontrar lugares donde la oxidación de sulfuros se hubiese activado. El color de un terreno rico en pirita donde haya comenzado este proceso debe ser rojizo, por lo que desembarcábamos allí donde localizábamos el color adecuado. La colaboración de la tripulación del barco fue tan activa que, al final del viaje, hasta el capitán lograba distinguir una zona oxidada de una pingüinera, cosa que no resulta fácil, ya que los excrementos de pingüino son del mismo color que la roca oxidada.

Entre todos los lugares que visitamos, destaca una bahía en la isla Rey Jorge, próxima a la base antártica coreana Rey Sejong, donde, efectivamente, el proceso de oxidación ya había comenzado. Encontramos varios drenajes cuyo pH oscilaba entre 3 y 5. Así, durante esta primera expedición, cumplimos nuestro objetivo básico: identificamos un lugar ácido y drenajes que eran consecuencia de la oxidación de pirita. Sin embargo, no pudimos estudiar en profundidad el sistema. Eso sí: fijamos el lugar de acampada para el siguiente año".

Y así, en enero de 2010, de nuevo con el apoyo logístico del INACH, llegaron hasta allá a bordo del rompehielos Oscar Viel, para darse de bruces con un escollo tan inesperado como desesperante: el hielo había cubierto completamente la bahía de la isla

Precipitados de schwertmannita sobre los hielos de la bahía.

Los análisis mostraron que el color rojo era debido a la presencia de schwertmannita, un precipitado de hierro, y se detectaron microorganismos característicos de ambientes ácidos extremos, como el *Acidithiobacillus ferrivorans*.

Rey Jorge y parte de la estación de muestreo, por lo que el acceso a la costa por mar se hacía del todo imposible. Es fácil imaginar el desaliento que embargó a los investigadores al pensar que podían haber recorrido miles de kilómetros para acabar atrapados en un barco, tan cerca y a la vez tan lejos de las respuestas que buscaban. Por fortuna, se encontró una solución: los trasladaron en helicóptero. Y, como no hay mal que por bien no venga, esta incursión por los cielos les brindó la imagen, ya mencionada anteriormente, de una bahía cuyos hielos presentaban en buena parte una reveladora pigmentación rojiza. Sin duda en la Antártida había prometedora tela que cortar. Pero no sería fácil hacerlo. Las dificultades persistían. Conozcámoslas de palabras de González Toril:

"Acampar en la Antártida no resulta sencillo. Es complicado llegar, mover el material, montar las tiendas y es importante controlar todo tipo de residuos (incluidos los personales) para alterar lo menos posible el lugar. El viento no facilita las cosas y, en esta ocasión, no fue una excepción. El segundo día de acampada fuimos evacuados por el INACH ante la evidencia de que se acercaba una tormenta que duraría varios días. No fue fácil abandonar el lugar, trasladar el equipo y a cinco personas de vuelta al Viel y con unas condiciones meteorológicas no aptas para el vuelo en helicóptero. Pasamos la tormenta fondeados en la bahía Fildes, mareados y aburridos de esperar. Cuatro días después, volvimos a nuestro campamento. Al igual que en la naturaleza, en la Antártida todo es efímero y nuestros hielos teñidos de rojos habían desaparecido. El viento los había arrastrado y la bahía aparecía ahora totalmente despejada. Por suerte, teníamos algunas muestras de los precipitados del hielo y también de algunos drenajes ácidos tomadas el día anterior a la tormenta".

Contratiempos meteorológicos aparte, la expedición terminó con final feliz. Los análisis llevados a cabo por el Dr. Dold en la Universidad de Concepción mostraron que el color rojo era debido a la presencia de schwertmannita, un precipitado de hierro que aparece en drenajes ácidos de roca, drenajes ácidos de minas y otros ambientes ácidos extremos como Río Tinto. La diversidad microbiana también fue analizada y se detectaron microorganismos característicos de ambientes ácidos extremos, como el *Acidithiobacillus ferrivorans*.

De este modo, ambos resultados vinieron a confirmar que, en plena Antártida, existe un drenaje ácido de roca. Es decir, un análogo en el que Marte, como en un espejo, se puede mirar. Z

Para saber más:
Drenajes ácidos de roca - Análogos terrestres - pH - Microorganismos acidófilos - *Acidithiobacillus ferrivorans* - Schwertmmanita

La Isla Decepción no hace honor a su nombre

Laura García Descalzo
Dpto. de Planetología y Habitabilidad (CAB)

A principios de verano de 2011 mi directora de tesis, Cristina Cid Sánchez, al comenzar una reunión me dijo: "*nos han concedido la acción complementaria para ir a recoger muestras a la Antártida en la próxima campaña*". En primer lugar no me lo podía creer, y en segundo, no imaginaba ni la experiencia personal y profesional que ello iba a suponer ni la cantidad de trabajo que conlleva una campaña de este tipo.

La acción complementaria concedida formaba parte de un proyecto mayor, denominado Polar Biosensor, dedicado al estudio de los mecanismos de adaptación y la evolución de los microorganismos en ambientes glaciales, los psicrófilos. En este sentido, una parte importante del trabajo se centraba en el estudio de biomarcadores moleculares como son los complejos formados por las proteínas del grupo de las chaperonas conocidas con el nombre de *heat shock proteins* (Hsps), responsables de muchas funciones en la célula, tales como asegurar el buen funcionamiento de otras proteínas, y dentro del cual se enmarcaba el tema de mi tesis doctoral. Pero otro aspecto importante para completar los objetivos del proyecto consistía en conocer las poblaciones de microorganismos que predominan en los glaciares: "saber cómo se adaptaban y quiénes eran" o "saber quiénes eran y cómo se adaptaban". Y para ello fuimos a buscarlos a su hábitat, concretamente a los glaciares de Isla Decepción, la cual forma parte del archipiélago antártico llamado islas Shetland del Sur. La isla es un volcán activo sumergido en su mayor parte y cuya caldera constituye el Puerto Foster,

Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.
• Crédito: Luis Cuesta Crespo

Atardecer en Isla Decepción.
• Crédito: Comandante Eduardo Insignares Serrano

La acción complementaria concedida para ir a recoger muestras a la Antártida formaba parte de un proyecto mayor para el estudio de los mecanismos de adaptación y la evolución de los microorganismos en ambientes glaciales, los psicrófilos.

la bahía encerrada por la parte más alta del volcán, al que sólo se puede acceder en barco por un punto, los Fuelles de Neptuno. El terreno está cubierto por piroclasto depositado (material volcánico), hielo de los glaciares que aloja y por nieve, lo que crea un paisaje de contraste negro y blanco muy singular y bello.

La aventura comienza meses antes

Estuvimos 20 días en este enclave, pero el trabajo empezó unos meses antes. La planificación de una campaña de muestreo de esta envergadura resulta crucial y hay que coordinarla con bastante tiempo de antelación. Lo primero es preparar el material y los equipos de laboratorio que necesitarás una vez allí. Debes tener en cuenta todo tipo de detalles, porque lo que no lleves en la maleta no estará disponible cuando estés a 12.000 kilómetros de tu lugar de trabajo habitual y a unos 1.000 del pueblo más cercano. Tubos, reactivos, pipetas, centrífugas, guantes, etc. han de ir inventariados y empaquetados en cajas y maletas que se transportarán en las llamadas *big box*. Se trata de unas cajas proporcionadas por la Unidad de Tecnología Marina (UTM), que se envían antes del comienzo oficial de la campaña y viajan en barco desde España hasta la Antártida, donde aguardan la llegada escalonada de los científicos.

Después toca preparar la maleta personal con ropa de montaña y material específico para no pasar frío. Una larga lista de prendas como botas, cortavientos, forros polares, camisetas y mallas térmicas, guantes, gorros, así como lo necesario para protegerse los ojos con especial cuidado de la fuerte radiación existente en esas latitudes. Ropa aparatosa para ir bien cubierto frente al frío durante las horas de muestreo y otra cómoda para andar por la base en la vida diaria y trabajar en el laboratorio.

Llega el momento

Pasaron los meses entre trabajo cotidiano, preparación de la campaña (incluido un reconocimiento médico completo a cargo de todo tipo de especialistas que deben declararte apto para participar en la misma), reserva de alojamientos y reuniones de coordinación. Y, casi de golpe, llegó la noche del 24 de enero de 2012. Una hora antes de la salida del vuelo, mis compañeros del

Navegación en el buque Las Palmas hacia Isla Decepción. ■

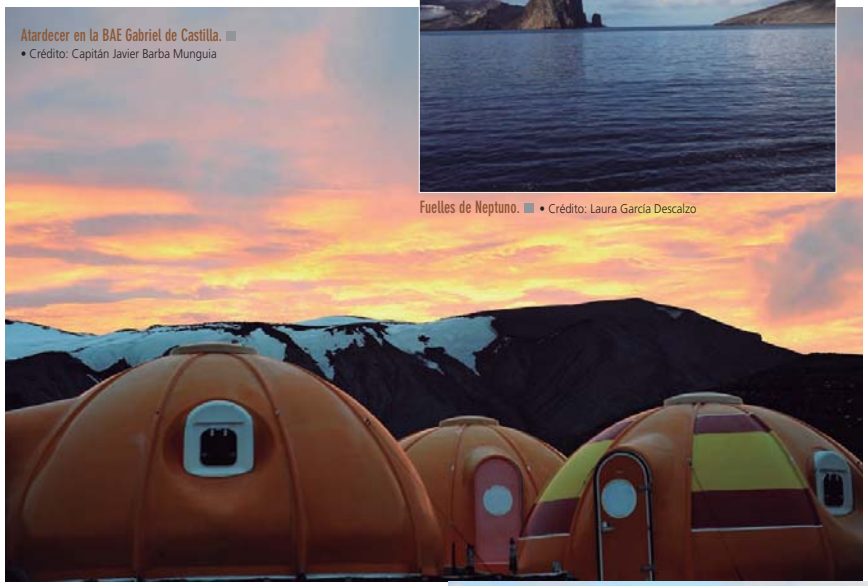
• Crédito: Felipe Gómez Gómez

El material y los equipos de laboratorio se transportan en las llamadas *big box*, proporcionadas por la Unidad de Tecnología Marina, y viajan en barco desde España hasta la Antártida, donde aguardan la llegada escalonada de los científicos.

Toma de muestras en Monte Kirwood (arriba) Cresta Stonethrow (centro) Monte Goddard (abajo). ■

• Crédito: Capitán Javier Barba Munguia

CAB.INTA-CSIC.ES



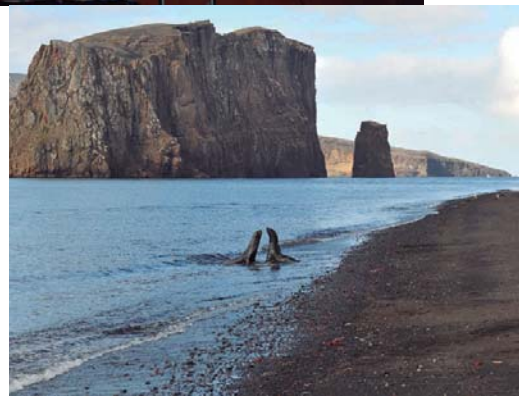
Atardecer en la BAE Gabriel de Castilla.
• Crédito: Capitán Javier Barba Munguia

Fuelles de Neptuno. • Crédito: Laura García Descalzo

Centro de Astrobiología y yo, aún esperábamos en el aeropuerto de Madrid-Barajas a que algún pasajero renunciara al vuelo y poder así embarcar todos juntos, ya que nos topamos con el fastidioso *overbooking*. Superado este obstáculo corrimos a la puerta de embarque y comenzó el viaje. Después de casi trece horas, con escala incluida, por fin llegamos a Punta Arenas, parada intermedia en la que pasaríamos tres días aguardando a que se diesen las mejores condiciones posibles para cruzar el mar de Hoces rumbo a nuestro destino en Isla Decepción.

Una vez en el buque militar Las Palmas, elegimos camarote e hicimos una reunión en la que los científicos presentamos nuestros proyectos y recibimos la explicación de las normas y de la rutina a bordo por parte de la tripulación. La salida de puerto fue absolutamente emocionante: el pistoletazo de salida a una experiencia inolvidable, que no sabíamos exactamente en qué se traduciría pero que, creo, todos intuíamos como algo grande.

Tras día y medio de travesía tranquila, avanzando por los canales patagónicos, disfrutando del espectacular paisaje y de los avistamientos de delfines, ballenas, pingüinos y otras aves, y haciendo infinidad de fotos, en la madrugada del segundo día de navegación salimos a mar abierto para hacer frente al paso del Drake. La sensación que esto produce es que te vas a caer en cualquier momento de la cama a causa de las embestidas y, por ello,



Playa de La Lobera. Dos lobos marinos con los Fuelles de Neptuno y la Punta Fildes al fondo.
• Crédito: Comandante Eduardo Insignares Serrano

• Crédito: Comandante Eduardo Insignares Serrano

• Crédito: Laura García Descalzo

• Crédito: Laura García Descalzo

• Crédito: Laura García Descalzo

En esta página, de arriba a abajo:
1. Trabajando en el laboratorio del módulo científico de la base después de la recogida de muestras
2. Laboratorio en el módulo científico de la BAE Gabriel de Castilla
3 y 4. Buque Las Palmas en el puerto de Punta Arenas.

tiendes a encajarte contra las paredes de la litera. A la mañana siguiente pude comprobar con mis propios ojos la ferocidad del que dicen es el mar más peligroso del mundo. Unas aguas de un tono endiabladamente oscuro se agitaban en grandes olas al otro lado del ojo de buey. Para mí, la consecuencia de este cambio de condiciones en la navegación supuso estar el día y medio siguiente en posición horizontal, exceptuando los momentos de las comidas. La llegada a Isla Decepción se produjo en la madrugada del día 30 y algunos de nosotros nos pusimos el despertador para disfrutar del momento. Subimos al puente de mando bien abrigados y contemplamos una entrada majestuosa por los Fuelles de Neptuno, entre la calma, el frío, y el contraste entre el negro y el blanco de la isla, que se podía distinguir en la noche.

Ya al amanecer, bien temprano, estábamos listos para desembarcar con las zodiacs en la playa del Puerto Foster, donde la dotación militar destinada que gestionaba la base (BAE Gabriel de Castilla) nos recibió con la amabilidad y disposición que les caracterizaría durante el resto de la campaña. Enseguida se hicieron las primeras presentaciones, la acomodación en nuestras habitaciones de cuatro personas, un paseo por las instalaciones para conocer el que sería nuestro hogar y lugar de trabajo durante los próximos 20 días, y una breve explicación de las normas y de la rutina diaria. Se respiraba hospitalidad. Para comenzar, establecimos el laboratorio en el módulo de científicos con el material que habíamos enviado meses atrás.

Tras una semana de viajes ya estábamos allí, empezaba la tarea para la que nos habíamos estado preparando durante tanto tiempo, y he decir que, personalmente, estaba ansiosa por comenzar. Pero la espera aún se alargó tres días más debido a las malas condiciones climatológicas. Nos topamos de lleno con la ineludible realidad de trabajar en un lugar en el que te encuentras a merced del capricho del clima que puede acortar mucho el tiempo efectivo de trabajo en la isla. En esos días en los que la climatología no estaba a nuestro favor y no podíamos salir de la base dedicamos el tiempo a repasar el plan de trabajo y optimizar tiempos en el laboratorio.

El proyecto que nos había llevado hasta allí, denominado Polar Biosensor, constaba de dos objetivos principales. Uno, identificar las poblaciones de microorganismos que habitan los glaciares como paso previo a conocer los

Una vez en el buque militar Las Palmas, elegimos camarote e hicimos una reunión en la que los científicos presentamos nuestros proyectos y recibimos la explicación de las normas y de la rutina a bordo por parte de la tripulación.

BAE Gabriel de Castilla y Puerto Foster.
• Crédito: Comandante Eduardo Insignares Serrano

mecanismos moleculares que utilizan para vivir y multiplicarse en esos ambientes. El otro, evaluar el impacto que el cambio climático ejerce sobre estos mecanismos de adaptación. Estudios previos llevados a cabo por nuestro grupo en zonas del Ártico y Pirineos parecían indicar que la evolución de los microorganismos en los ambientes glaciales les confiere una potencial característica como biosensores que nos informa sobre el estado del glaciar.

Nuestra misión consistía en recoger en tubos estériles la suficiente cantidad de hielo de los principales glaciares de la isla, desechando las primeras capas de nieve para llegar realmente al hielo glacial. Parte de la muestra se procesaría en el laboratorio de la base y otra parte se enviaría al CAB para repetir el procesamiento y realizar otros análisis complementarios.

Manos a la obra

La jornada empezaba a las ocho de la mañana, con música como despertador y el desayuno listo en las mesas del salón que los "marías" de turno habían preparado mientras los demás aún dormíamos. Enseguida tocaba prepararse para comenzar las tareas de trabajo, lo cual significaba vestirse y organizar la mochila con todo lo necesario para salir a la montaña en busca de muestras, siempre acompañados y guiados por el militar responsable del área de montaña que, además, nos amenizaba la caminata compartiendo historias de sus experiencias montañeras y de otros viajes.

Cuando era posible, accedíamos a los glaciares a pie, pero si la zona de muestreo se encontraba al otro lado de la bahía, la cruzábamos en una zodiac. Me sorprendí a mí misma menos patosa de lo que esperaba en las ascensiones por la nieve y el hielo. Esta labor nos ocupaba toda la mañana y, en alguna ocasión, parte del mediodía. Al regresar a la base cargados con tubos llenos de hielo, guardábamos las muestras recogidas en los congeladores y, poco

Fuelles de Neptuno desde Monte Kirwood.
• Crédito: Laura García Descalzo

Cuando era posible, accedíamos a los glaciares a pie, pero si la zona de muestreo se encontraba al otro lado de la bahía, la cruzábamos en una zodiac. Esta labor nos ocupaba toda la mañana y, en alguna ocasión, parte del mediodía. Al regresar a la base cargados con tubos llenos de hielo, guardábamos las muestras recogidas en los congeladores.

BAE Gabriel de Castilla.
• Crédito: Comandante Eduardo Insignares Serrano

a poco, militares y científicos nos íbamos reuniendo en el salón, haciendo un alto en las tareas del día para comer todos juntos en los bancos corridos y charlar distendidamente. Tras la comida y el café, vuelta al trabajo, pero esta vez en el laboratorio del módulo científico, donde procesábamos y analizábamos las muestras recogidas por la mañana.

La jornada solía acabar sobre las 20:30 horas, momento en el que el comandante de la base se reunía con los investigadores principales de cada grupo para hablar sobre la evolución de los proyectos y conocer de primera mano si les había surgido algún problema o necesidad. A continuación, tenía lugar una reunión similar con los integrantes de la dotación militar. Después, venía la cena y el tiempo para relajarse, conversar, contar novedades a la familia por teléfono o *e-mail* y, a veces, para volver al laboratorio con el fin de adelantar trabajo o terminar el pendiente.

Y así pasaron vertiginosos los días en Isla Decepción, recogiendo hielo de sus glaciares, filtrando agua de este hielo, extrayendo ADN y preparando muestras para observarlas posteriormente en el microscopio. Es recomendable analizar el material

A pie de playa.
• Crédito: Cristina Cid Sánchez

Pingüinos en Punta Macaroni.
• Crédito: Capitán Javier Barba Munguia

BAE Gabriel de Castilla y Puerto Foster.
• Crédito: Comandante Eduardo Insignares Serrano

in situ, hasta donde el equipamiento te lo permita, y procesarlo en el laboratorio de campaña, a la par que guardar cantidad original suficiente para repetir estos análisis en el laboratorio, una vez de vuelta en Madrid.

Final de viaje

Casi sin darnos cuenta, llegó el día de volver a empaquetar todo lo desempaquetado 20 días antes, desmontar el laboratorio, recoger el material y organizar el envío de las muestras. Tiempo, también, de despedidas emotivas, de prepararse para el retorno al mundo civilizado, repasar velozmente las experiencias acumuladas y los momentos vividos de trabajo, de convivencia y de conocer paisajes nuevos y singulares con sus apacibles habitantes, sobre todo pingüinos, lobos marinos, focas y escúas antárticos.

Una parte importante del trabajo concluía, pero quedaba aún bastante por hacer en los próximos meses. Antes, debíamos volver a cruzar el paso del Drake, para mí, otra vez en horizontal.

A medida que el barco se alejaba de la base por los Fuelles de Nepturno y salíamos de aquel paraíso, no dejaba de pensar en el privilegio que había tenido. Simplemente, una experiencia inolvidable a todos los niveles. Z

Los días pasaron vertiginosamente en Isla Decepción, recogiendo hielo de sus glaciares, filtrando agua de este hielo, extrayendo ADN y preparando muestras para observarlas posteriormente en el microscopio.

Para saber más:
Proteínas chaperonas - *Heat shock proteins* (Hsps) - Piroclastos - Biosensores

Buscando la vida en la ciencia ficción

En la neozelandesa Isla del Norte puede encontrarse un área natural de intensa actividad volcánica y geotérmica conocida en lengua maorí como Waiotapu (Agua Sagrada). Allí, sumida en un omnipresente olor a azufre, la tierra parece estar fraguándose todavía, como lo testimonian géiseres que alcanzan más de 20 metros de altura, vapores espesos y cálidos de fumarolas, pozas de agua hirviendo o de lodo en ebullición, cráteres anegados, terrazas de sílice o lagunas de inverosímiles colores, léase el amarillo limón, el ocre o el naranja. Todo ello bautizado con sugestivos nombres que hacen honor a su delirante y poética apariencia: Tinteros del Diablo, La Piscina de Champán, Catarata del Velo Nupcial o La Paleta del Pintor.

Miriam García Villadangos
Dpto. Evolución Molecular, CAB

Crédito de todas las fotografías: Miriam García Villadangos

Diamond Geyser.

A este último lago llegó en marzo de 2011 un equipo del CAB formado por Olga Prieto y David Fernández, del Departamento de Planetología y Habitabilidad; y por Miriam García, del Departamento de Evolución Molecular. Allí arribaron los tres después de un mes de concienzudos preparativos en los que no podían olvidarse ni el detalle más nimio, ya fuera un reactivo o un simple bolígrafo, ya que iban a acometer ni más ni menos que una campaña de muestreo, y en éstas nunca hay un laboratorio del que echar mano. A partir de ese punto empezaba la improvisación, la aventura.

Tras un extenuante viaje a las antípodas con escala en Los Ángeles, en cuya aduana se quedaron con un frasco de alcohol para desinfectar que habían metido por despiste en la maleta, se produjo su primera toma de contacto con la tierra de Nueva Zelanda; una de las, supuestamente, más semejantes a Marte y Europa (satélite de Júpiter) que pueden encontrarse en nuestro planeta. Un análogo terrestre que estos investigadores rastrearían durante un mes en busca de biomarcadores como parte del proyecto Detección de Biomoléculas en Exploración Planetaria.

Río Parakiri.

Catarata de azufre.

CAB.INTA-CSIC.ES

"Muestreas todos los sitios que te parecen interesantes. Por ejemplo, una cascada de azufre, porque sabes que, si en esas condiciones existe algún tipo de vida, ésta es factible en cualquier parte, aunque no sea la vida tal y como nosotros la conocemos", explica Miriam García.

Setenta grados.

Recogida de muestras.

Paleta del Pintor.

Paleta del Pintor.

Volcán de lodo.

Paleta del Pintor.

"Muestreas todos los sitios que te parecen interesantes. Por ejemplo, una cascada de azufre, porque sabes que, si en esas condiciones existe algún tipo de vida, ésta es factible en cualquier parte, aunque no sea la vida tal y como nosotros la conocemos", explica Miriam García.

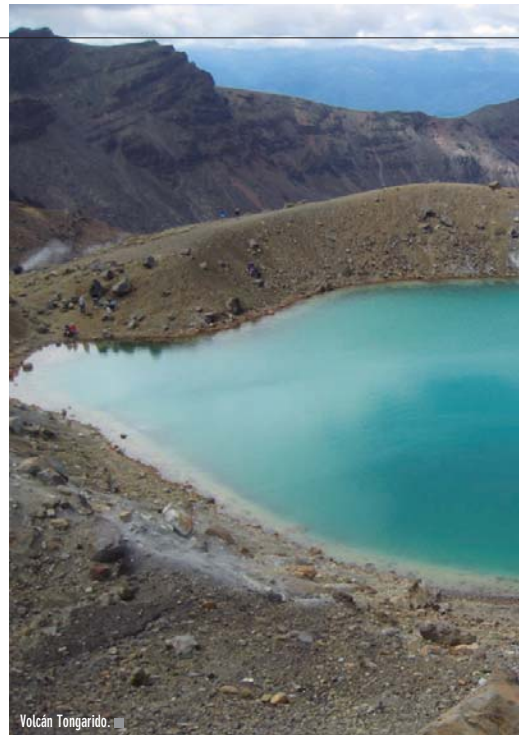
Con el fin de encontrarla, el equipo se adentró en el campo geotérmico de Parakiri, en Rotorua. El primer día, les acompañaron miembros de la Universidad de Auckland, que trabajan en conjunto con la central térmica que allí opera. Tras este bautizo, les dejaron volar solos. Pertrechados, eso sí, con un kit irrenunciable que constaba de un bastón para tantear el terreno pantanoso, siempre traicionero, y un detector de gases tóxicos que les serviría para protegerse de la conocida como "muerte dulce". Precisamente, este detector les dio "más de un susto", en palabras de Miriam, cuando se internaron en una zona de pozas cercana al lago Rotorua que estaba infestada de pájaros y roedores muertos. Pese a los constantes pitidos del detector, el equipo siguió trabajando. "En el momento, ni piensas en el riesgo. De hecho, conseguimos muestrear el lugar, aunque el resto del día tuvimos dolor de cabeza", confiesa Miriam.

En Parakiri también muestrearon el río del mismo nombre, cuyas aguas verde fosforito tienen un pH de 1,22 aproximadamente; otra zona con unas pozas que hervían a unos 70 grados centígrados; y un punto en el que un géiser dejaba escapar una emanación de azufre que, al condensarse, formaba unas cascadas de ese mismo elemento químico.

En Parakiri también muestrearon el río del mismo nombre, cuyas aguas verde fosforito tienen un pH de 1,22 aproximadamente; otra zona con unas pozas que hervían a unos 70 grados centígrados; y un punto en el que un géiser dejaba escapar una emanación de azufre que, al condensarse, formaba unas cascadas de ese mismo elemento químico.

Cooking pool.

Volcán de lodo.


Volcán Tongariro.

Después de este parque, la expedición recorrió la reserva geotermal conocida como Puerta del Infierno. Una puerta que sin duda cruzaron, para entrar en un infierno en el que, según Miriam, ingresaron desde el cielo a pasos agigantados. "Nueva Zelanda es efectivamente 'El Señor de los Anillos', y eso es lo que más impresiona –abunda la investigadora, en alusión a que en este país se rodaron las películas basadas en la trilogía de J.R.R. Tolkien-. En un momento estás en las praderas verdes idílicas y, de pronto, giras la cabeza y todo es negro, con un géiser humeante... Conviven los dos extremos, a un paso el uno del otro".

Y en este paisaje apocalíptico, en el que recomiendan no apartarse de los senderos por el peligro que entraña hacerlo, muestrearon cuatro zonas. Según recuerda Miriam, en las dos primeras, se hicieron con muestras sólidas; en la tercera, llamada Baño de Sulfuro, tomaron unos líquenes verdes que había adheridos a las paredes; y en la cuarta, recogieron unas aguas ácidas con un pH en torno a 6, muy ricas en sílice.

Miriam describe el protocolo que seguían: "En el caso de las muestras sólidas, raspábamos la zona con una espátula, siempre con protección para no contaminarlas, y en el caso de las líquidas, las tomábamos con una jeringa. También hacíamos fotos de las distintas muestras y localizábamos la zona con GPS para poder comprobar geológicamente la procedencia de la muestra, la edad...".

Río Parakiri.

Volcán Tongariro.

Emanaciones sulfurosas.

Volcán Tongariro.

Y después de este proceso, llegaba la parte de extraer el ADN, las proteínas o los azúcares de la muestra con el fin de crear un biomarcador, muchas veces *in situ* para que aquella no se degradase. Las muestras sólidas para DNA y RNA, las conservaban con un reactivo que las mantiene lo mas intactas posible, y las líquidas las filtraban y luego guardaban el filtro resultante en dicho reactivo.

En habitaciones de hoteles, en comedores de restaurantes o en el maletero de un coche estacionado en el aparcamiento de la mismísima Puerta del Infierno, el equipo realizaba análisis químicos a través del *Life Detector Chip* (LdChip), un *microarray* que contiene más de 400 anticuerpos frente a diferentes microorganismos y compuestos biológicos, capaz de detectar restos de vida en exploración planetaria o de monitorizar procesos microbiológicos ambientales en la Tierra.

"Es un proceso bastante llamativo. Filtrar te puede llevar, en función de las características de la muestra, entre media hora y una hora, pero aún así tienes que hacerlo en cualquier momento del día y en los sitios más inhóspitos, intentando, por ejemplo, que no te vea la policía, para no tener que dar explicaciones", especifica Miriam.

A pesar de estas dificultades, consiguieron más de un centenar de muestras de las que, acaso, alguna podría contener la clave de la aparición de la vida, así sea en los lugares más extremos, llámense estos Marte, la Europa jupiterina o un rincón del Sistema Solar tan de ciencia ficción que podría confundirse con la paleta de un pintor. Z

En el campo geotérmico de Parakiri, los investigadores debían llevar, además de un bastón para tantear el terreno pantanoso, un detector de gases tóxicos que les servía para protegerse de la conocida como 'muerte dulce'.

Para saber más:
Biomarcadores - *Life Detector Chip* (LdChip) - *Microarray*
Anticuerpos - "Muerte dulce" - Volcán de lodo

Río Tinto, un ambiente ácido extremo de interés astrobiológico

Ricardo Amils Pibernat
Dpto. de Planetología y Habitabilidad, CAB

Río Tinto llama la atención. La culpa la tiene su inusual color rojo, consecuencia de la elevada concentración de ión férrico soluble causada por su acentuada acidez, la cual, a su vez, se debe al ácido sulfúrico. También presenta una elevada concentración de metales pesados, la mayoría extremadamente tóxicos para los seres vivos. Por todo ello y por la actividad minera que se ha desarrollado durante 5.000 años en la zona donde nace, ha sido considerado tradicionalmente un río contaminado.

Laguna ácida de Peña del Hierro.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB

Río Tinto nace en Peña de Hierro, en plena Faja Pirítica Ibérica, que es tenida por la mayor concentración de sulfuros metálicos del mundo. Su caudal es fruto de una intensa actividad hidrotermal asociada a la separación de dos continentes. Discurre a lo largo de casi 100 kilómetros, manteniendo una acidez constante como consecuencia del poder tampón del ión férrico, hasta su convergencia con el Océano Atlántico en Huelva. Es precisamente en las marismas onubenses donde se dan las condiciones más extremas de la cuenca del Tinto, ya que, por acción de las mareas, el pH cambia radicalmente dos veces al día, fluctuando entre valores de pH ácido con la marea baja y de pH neutro con la marea alta. Por consiguiente, los microorganismos que se desarrollan en esta zona de confluencia han de ajustar sus sistemas de control de pH en las membranas dos veces al día. Por el contrario, los que viven en la zona más extrema de acidez y concentración de metales, situada en el origen del río, no tienen más que adaptarse a esas condiciones, que, aunque igualmente extremas, son constantes.

El estudio de la ecología microbiana de la cuenca del Tinto se inició en la década de los ochenta debido al posible interés biotecnológico (biominería) de los microorganismos quimiolitótrofos (literalmente, los capaces de comer piedras). Las investigaciones desvelaron la predominancia de tres tipos de bacterias: *Acidithiobacillus ferrooxidans*,

Tapetes de algas en las rocas del cauce del Río Tinto.
• Crédito: J. Segura

En las marismas onubenses donde se dan las condiciones más extremas de la cuenca del Tinto, ya que, por acción de las mareas, el pH cambia radicalmente dos veces al día, fluctuando entre valores de pH ácido con la marea baja y de pH neutro con la marea alta.

Torre de perforación para el estudio de la geomicrobiología del subsuelo en Peña de Hierro.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB

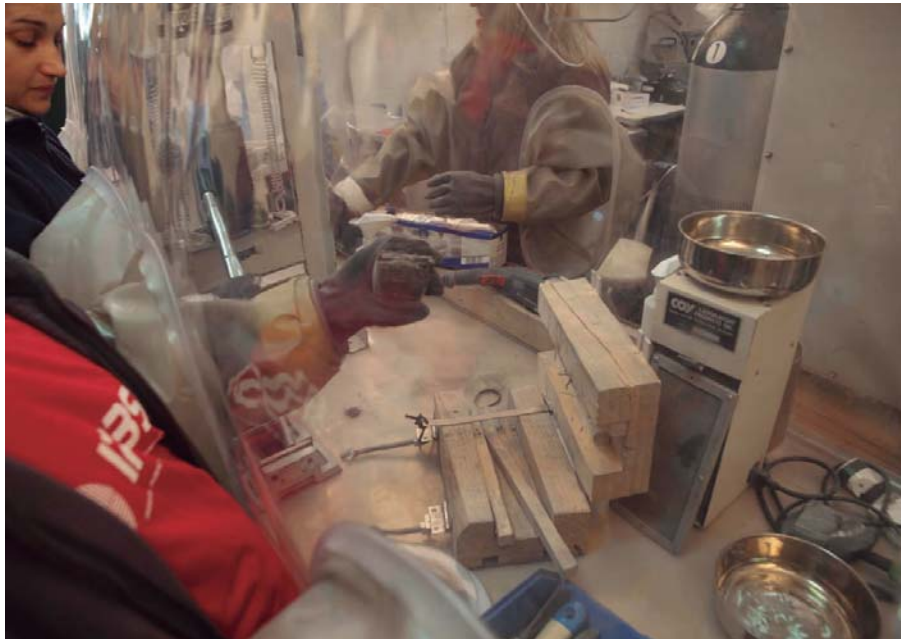
Leptospirillum ferrooxidans y *Acidiphilium* sp., todas ellas miembros conspicuos del ciclo del hierro y presuntas responsables, gracias a su metabolismo, de las condiciones extremas de acidez y de elevada concentración de metales existentes en el río. Los dos primeros microorganismos son conocidos por su capacidad para oxidar el hierro, incluso cuando forma parte de un sustrato mineral insoluble como la pirita o la calcopirita, mientras que el último destaca como reductor del hierro oxidado por los otros dos.

Es importante subrayar que las condiciones extremas de acidez y concentración de metales que presenta este ecosistema, a diferencia de la mayoría de otros ambientes extremos conocidos (volcanes, hielos polares, lagunas hipersalinas, simas submarinas, desiertos, etc.), son debidas a la actividad metabólica de estos microorganismos. Es decir, a la vida, y no a imposiciones geofísicas del planeta. Esto constituye una diferencia notable, digna de una investigación que sirva para entender las razones por las cuales la biología altera sensiblemente las condiciones ambientales del medio, sobre todo teniendo en cuenta la enorme cantidad de energía consumida en el proceso. Además del interés fundamental, existen poderosas razones aplicadas que han permitido en pocos años avanzar en este complejo campo de la geomicrobiología.

La utilidad biotecnológica de los microorganismos oxidadores de hierro que se encuentran en el cauce del Tinto, los ya mencionados quimiolitótrofos, radica en la capacidad de utilizar el ión férrico producto de su metabolismo para oxidar cualquier tipo de sulfuro metálico, solubilizando así (lixiviando) los metales correspondientes. Esta metodología es la base de la biominería, por la cual se pueden extraer metales a partir de minerales de distinta ley sin necesidad de concentrar y fundir, procesos altamente contaminantes usados comúnmente en metalurgia. Lo único que se requiere es apilar el mineral a un tamaño que favorezca el contacto con los microorganismos y facilitar su crecimiento mediante la aspersión con ácido sulfúrico.

La adición de este ácido sólo es necesaria en las etapas iniciales del proceso, ya que durante la biolixiviación se produce el requerido para que el sistema se mantenga por sí mismo. Los lixiviados se recogen en piscinas y se reutilizan para regar la parte superior de las pilas hasta que la concentración del metal de interés industrial (el cobre en el caso de la calcopirita) tenga una concentración adecuada para someterlo a procesos metalúrgicos convencionales, como la extracción con solventes y la purificación electroquímica. El producto final son cátodos metálicos de alta pureza. Las pilas de mineral se lixivian hasta agotar su contenido metálico, por lo que su posterior disposición no generará las aguas ácidas preñadas de metales tóxicos que ocasionan los severos problemas ambientales asociados a la minería convencional.

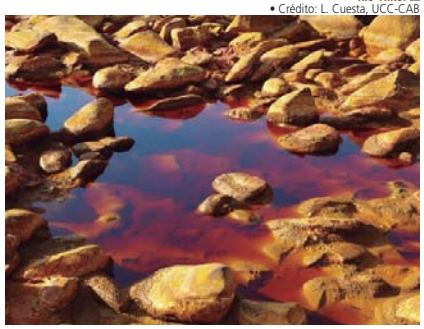
Análisis *in situ* de los testigos extraídos en la cámara anaerobia.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB



Extracción de testigos procedentes de la perforación.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB

Las condiciones extremas de acidez y concentración de metales que presenta este ecosistema, a diferencia de la mayoría de otros ambientes extremos conocidos, son las debidas a la actividad metabólica de estos microorganismos. Es decir, a la vida, y no a imposiciones geofísicas del planeta.

Río Tinto.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB



Volviendo a nuestro cauce de aguas tintas, diremos que los estudios de ecología microbiana desarrollados a lo largo de más de treinta años han permitido mostrar la existencia de una interesante paradoja. En términos ecológicos, un ambiente extremo se define como aquel que posee poca diversidad. Desde el punto de vista procariótico, es decir, de células sin núcleo, el cauce del Tinto se corresponde con este tipo de ecosistema, ya que muestra un bajo nivel de diversidad (el 80% de la diversidad medida a lo largo del mismo corresponde a los tres microorganismos anteriormente mencionados).

En cambio, resulta sorprendente que, cuando se mide la diversidad eucariótica, o sea, de células con núcleo, se pueda detectar muy fácilmente por observación al microscopio óptico un nivel de biodiversidad mucho mayor que la procariótica, aunque supuestamente aquella debería enfrentarse a mayores dificultades de adaptación a condiciones extremas a causa de su mayor complejidad estructural.

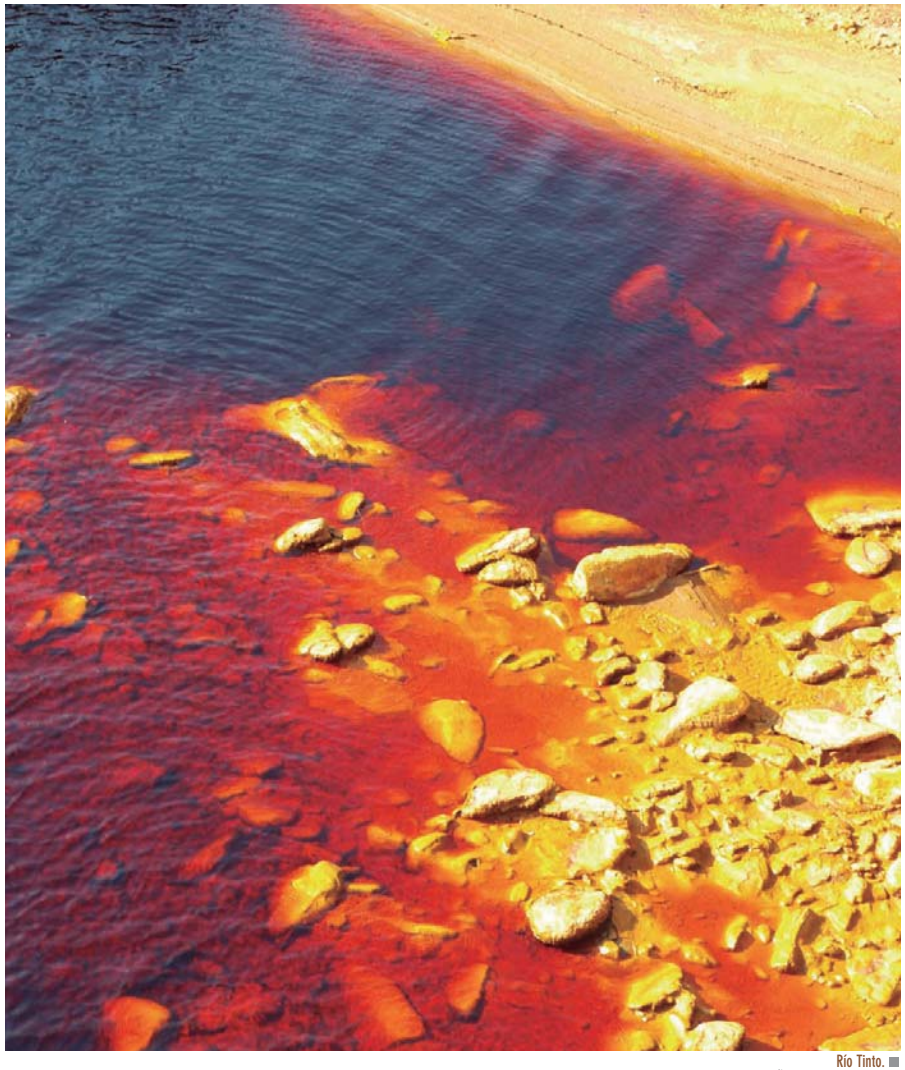
Esta paradoja podría estar relacionada con la enorme cantidad de hierro soluble existente en la cuenca del Tinto, un elemento imprescindible para la vida, y que, en las condiciones normales de neutralidad en que vivimos la mayoría de los seres vivos, se encuentra en forma insoluble y, por tanto, inaccesible. De cualquier manera, esta interpretación no permitiría entender la baja diversidad procariótica observada en el ecosistema.

La solubilización de minerales utilizados como fuente de energía por sus microorganismos no es la única singularidad del Tinto. También lo es la formación de nuevos minerales a partir de los productos del metabolismo, fundamentalmente quimiolitótrofo. La utilización de hierro de la pirita y de otros sulfuros metálicos como fuente de energía resulta en la generación de productos oxidados como sulfato, ión férrico y otros metales, que se encuentran en forma soluble, incluso a elevadas concentraciones, debido a la acidez del medio.

La evaporación intensa, sobre todo en verano, facilita que se alcancen los productos de solubilidad de distintos minerales (copiapita, jarosita, goethita, hematites, entre otros), los cuales precipitan a lo largo del cauce del río. La identificación por distintas técnicas analíticas como la difracción de rayos X o la espectroscopía Mössbauer, y su cuantificación, han facilitado no solamente el seguimiento de su proceso de generación, sino sobre todo su datación. El hecho de que las terrazas más vetustas de la cuenca del Tinto posean minerales secundarios de hierro con una antigüedad mayor de varios millones de años ha permitido demostrar que las peculiares características del río anteceden en mucho a la primerísima actividad minera de la zona, que sólo se remonta a 5.000 años atrás. Esto demuestra que estas terrazas no son el producto de la actividad industrial, como se creía hace sólo unos años, sino a la geomicrobiológica detectada en sus aguas. Por esta singularidad, la Junta de Andalucía otorgó en el año 2005 el estatus de Paisaje Natural Protegido al cauce del Tinto, desde su origen hasta Puente Gadea. En la actualidad, se está confeccionando el dossier para solicitar a la UNESCO que se conceda a este singular ecosistema el estatus de Patrimonio de la Humanidad.

Pero obviamente las características extremas detectadas en la cabecera del río (más de 20 gr/l de ión férrico en una solución concentrada de ácido sulfúrico) no pueden deberse a un fenómeno superficial instantáneo, sobre todo debido a la ausencia del sustrato mineral de sulfuros metálicos a lo largo del cauce del río. La hipótesis más plausible es que las condiciones extremas del Tinto se deban a la actividad de un reactor subterráneo en el que se favorezca la interacción del sustrato mineral, los microorganismos y el agua. Como el método científico requiere demostración, se puso en marcha en 2003 el proyecto MARTE (*Mars Analog Research and Technology Experiment*), un proyecto de colaboración entre el Centro de Astrobiología y la NASA, con el fin de evidenciar la existencia de dicho reactor, a la vez que se probaba el utillaje específicamente desarrollado para perforar en el planeta Marte.

La zona de perforación escogida fue la mina de Peña de Hierro, en donde se sitúa el nacimiento del río Tinto. Dicho proyecto, que se desarrolló durante cuatro años, comportó dos perforaciones, una con una profundidad de 160 metros en la zona anterior a la actividad minera y otra de 60 metros en la zona posterior a la misma. Las perforaciones se realizaron en condiciones que minimizaron el contacto entre el fluido de perforación necesario para refrigerar el cabezal de la perforadora y los testigos recuperados a distinta profundidad. En el fluido de perforación, fundamentalmente agua, se añadió un marcador con el fin de detectar las muestras que pudieran haber estado en contacto con el fluido de perforación no estéril. Las muestras a procesar se obtuvieron a partir de las partes internas de los testigos, en condiciones estériles de cámara anaerobia, con el fin de preservar la viabilidad de los microorganismos estrictamente anaerobios.



Río Tinto.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB

La solubilización de minerales utilizados como fuente de energía por sus microorganismos no es la única singularidad del Tinto. También lo es la formación de nuevos minerales a partir de los productos del metabolismo, fundamentalmente quimiolitótrofo

Vista general de la Peña de Hierro con la torre de perforación.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB

El análisis de las distintas muestras ha permitido demostrar actividades oxidadoras de hierro y azufre a distintas profundidades, lo que se corresponde con la presencia de minerales secundarios formados a partir de los productos de dichos metabolismos. Las técnicas de ecología molecular han permitido asimismo probar la existencia de microorganismos viables, a través de técnicas de hibridación *in situ*, así como su identificación mediante métodos inmunológicos y de secuenciación de genes con valor filogenético.

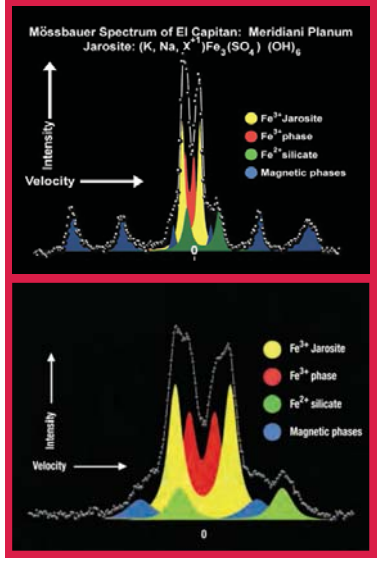
Por otra parte, el descubrimiento de gases reducidos, tales como hidrógeno y metano, apunta a que hay un ciclo del carbono de interés tanto fundamental como astrobiológico, habida cuenta de la detección de este mismo gas en la atmósfera de Marte. Los resultados del proyecto MARTE han demostrado por tanto la existencia de un reactor subterráneo capaz de generar los elementos presentes en estas aguas fluviales, lo que a su vez sugiere que Río Tinto no es más que un sistema de desagüe de los productos generados por la oxidación de los sulfuros metálicos en el interior de la Faja Pirítica.

Como consecuencia de estas conclusiones se ha puesto en marcha el proyecto IPBSL (*Iberian Pyrite Belt Subsurface Life*, vida en la subsuperficie de la Faja Pirítica Ibérica), del CAB y financiado por el *European Research Council*, el Consejo de Investigaciones Científicas Europeo. En virtud del mismo, se han abierto dos pozos, de 340 y 620 metros de profundidad respectivamente, convenientemente seleccionados ambos mediante una prospección geofísica orientada a la búsqueda de fallas asociadas a zonas de baja resistividad, las cuales podrían corresponder a agua con un elevado contenido en iones.

Los datos obtenidos han permitido evidenciar la potencia de las aguas subterráneas existentes en la zona y la elevada concentración de iones que, como el hierro y el sulfato, subrayan la actividad quimiolitotrófica sugerida por el proyecto MARTE. La cromatografía iónica en tiempo real ha probado no sólo la presencia de putativos dadores y aceptores de electrones, sino también la de ácidos orgánicos, los cuales son excelentes biomarcadores de los ecosistemas que están operando en el subsuelo de la Faja Pirítica. Además, los cultivos de enriquecimiento obtenidos a partir de las distintas muestras, conseguidas en condiciones idénticas de esterilidad y ausencia de oxígeno del proyecto MARTE, ponen de manifiesto la presencia de microorganismos responsables de los ciclos del hierro y del azufre, de la síntesis y utilización de metano, así como de actividades desnitrificantes y acetogénicas. Todas ellas son capaces de explicar la mayoría de las observaciones realizadas hasta el momento.

Las técnicas de hibridación *in situ* han reportado la presencia de microorganismos activos correspondientes tanto al dominio Bacteria como Arquea. La biodiversidad se está evaluando por técnicas moleculares de secuenciación masiva (metagenómica). Los análisis geológicos han puesto de relieve la presencia de minerales secundarios, como por ejemplo siderita (carbonato de hierro), los cuales son de indudable interés para explicar la aparición de estos minerales en las condiciones iónicas descubiertas en Marte. Se ha finalizado el diseño y construcción de sondas multiparamétricas capaces de detectar distintas variables ambientales (pH, temperatura, conductividad, potencial redox, flujo, oxígeno disuelto, concentraciones de iones y gases), y se han depositado en los pozos de perforación a distinta profundidad, con el fin de obtener datos en tiempo real de las actividades metabólicas que se están desarrollando en el subsuelo. Este tipo de aproximación es completamente

Espectro Mössbauer de jarosita detectada en Meridiani Planum por el MER Opportunity
• Crédito: NASA



El análisis de las distintas muestras ha permitido demostrar actividades oxidadoras de hierro y azufre a distintas profundidades, lo que se corresponde con la presencia de minerales secundarios formados a partir de los productos de dichos metabolismos.

Científicos del equipo de investigación junto a la torre de perforación.
• Crédito: J. Segura

novedosa para el estudio de la geomicrobiología del subsuelo y, de tener éxito, permitirá el diseño de tecnologías susceptibles de implementarse en futuras misiones de búsqueda de señales de vida en otros cuerpos planetarios.

Río Tinto, un análogo terrestre de Marte

La primera misión diseñada para buscar vida fuera del planeta azul corresponde a los módulos *Viking*, que llegaron a Marte satisfactoriamente a mediados de la década de los setenta. Estos módulos realizaron distintos experimentos orientados a detectar posibles signos de vida en el planeta rojo. A pesar de que continúa el debate sobre la idoneidad de las metodologías utilizadas y la interpretación de alguno de sus resultados, la principal conclusión de estas pruebas fue que el desarrollo de la vida en la superficie marciana era imposible a causa de la intensa radiación UV, las condiciones oxidantes, la baja temperatura y la ausencia de agua en estado líquido.

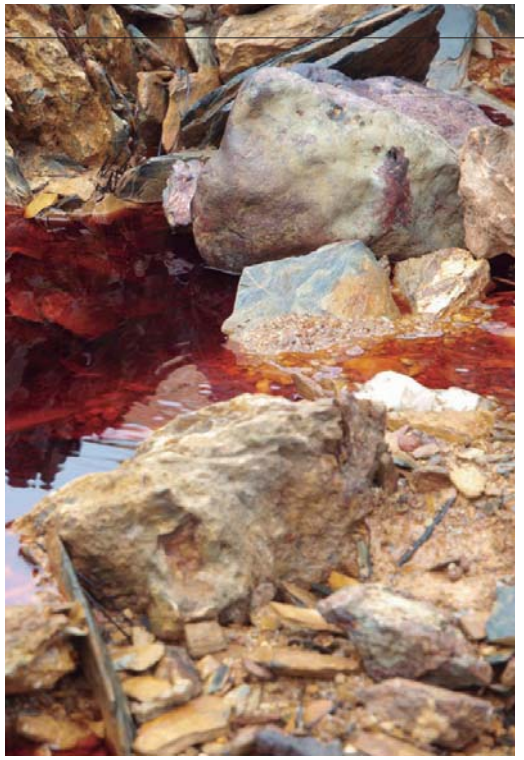
Esta evaluación negativa, junto a la falta de interés político a causa del fin de la Guerra Fría, disminuyó el afán por explorar Marte. Sin embargo en los últimos años, misiones de distintas agencias espaciales han logrado el objetivo de acumular datos, fundamentalmente geológicos y atmosféricos, que están cambiando nuestra visión de este planeta. ¿Qué ha sucedido para que renazca, con mayor empuje si cabe, el interés por él?

Varios han sido los desarrollos científicos que lo han propiciado. En primer lugar, el de la llamada extremofilia, una rama de la biología que ha demostrado que la vida es mucho más robusta de lo que pensábamos y capaz de adaptarse a condiciones que creíamos prohibitivas hace sólo unos años.

Dentro de la extremofilia caben destacarse los acidófilos, que, como hemos visto, son capaces de alterar sensiblemente las condiciones del medio, y los microorganismos que pueden desarrollarse en el subsuelo, con independencia de la energía radiante del sol. En segundo lugar, los indicios de posibles signos de vida en el meteorito marciano ALH4001. Este muy controvertido trabajo ha inspirado gran cantidad de experimentos, publicaciones y discusiones, lo que ha motivado que la NASA retomara la exploración de Marte con misiones mucho menos costosas que las *Viking*.

El éxito de la misión *Pathfinder* y de su minirover *Sojourner* allanó el camino para ulteriores expediciones, muchas de ellas aún operativas, y que están reportando datos fundamentales para evaluar la posible habitabilidad de Marte. Las evidencias de un pasado distinto al actual, con grandes cantidades de agua surcando su superficie, han empezado a acumularse a partir de los datos del *Mars Global Surveyor*, *Mars Odyssey*, *Mars Exploration Rovers*, *Mars Express*, *Mars Recognition Orbiter*, *Phoenix* y la reciente *Mars Science Laboratory*. Estudios espectrales han mostrado la existencia de formaciones minerales singulares, destacando, por ejemplo, la presencia de una región rica en hematites, la existencia de agua-hielo en las regiones polares, o la detección de filosilicatos en distintas zonas del planeta.

Río Tinto.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB



Río Tinto.
• Crédito: L. Cuesta, UCC-CAB

Los datos geoquímicos y mineralógicos generados por los MER *Opprtunity* y *Spirit* han permitido no solamente demostrar un pasado húmedo en Marte, sino también ácido, condición necesaria para la creación de jarosita, un distintivo sulfato de hierro y potasio generado en Río Tinto por la actividad microbiana. La presencia de determinados minerales de hierro, como la jarosita y la goethita, sugiere que su formación se debe a la presencia de agua y, por lo tanto, de las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida. La presencia de aguas ácidas permitiría explicar un enigma de la geología marciana, a saber, la ausencia de grandes formaciones de carbonatos, esperables si el gas invernadero capaz de mantener el agua en estado líquido fuera anhídrido carbónico.

El análisis de la atmósfera de Marte ha hecho posible identificar la presencia de metano mediante la utilización de distintas tecnologías, y recientemente el rover *Curiosity* de la misión *Mars Science Laboratory* lo ha detectado en el Cráter Gale de manera discontinua y a baja concentración. Queda pendiente evaluar su señal de fraccionamiento isotópico, con el fin de aclarar su posible origen biótico o abiótico.

Y entonces cabe formularse la gran pregunta. ¿Todos estos datos que llegan de Marte son compatibles con la existencia pasada o presente de vida en el planeta? La mejor manera de responder a esta cuestión sería traer a la Tierra muestras de zonas seleccionadas por sus características, para un análisis en profundidad, algo que no es previsible que suceda hasta la próxima década.

Mucho mejor sería explorar el planeta con una misión tripulada, pero esto se halla subordinado a la solución de los problemas técnicos y de seguridad que entraña una misión de este tipo. Mientras tanto, la respuesta puede darse de manera indirecta, mediante el estudio de análogos terrestres que nos permitan evaluar la posibilidad de existencia de vida en condiciones marcianas.

En los últimos años, gracias a la información remitida por los MERs y corroborada por misiones posteriores, Río Tinto se ha ganado el estatus de uno de los mejores análogos geoquímicos y mineralógicos terrestres de Marte. Si Río Tinto es el río del hierro, Marte es su planeta. Esto es fácil de apreciar por el ya nombrado color rojo, característico de este elemento y presente en ambos sistemas.

Pero el descubrimiento de minerales de hierro, tales como la jarosita, la goethita y los hematites, en diferentes zonas del planeta distantes entre sí han terminado de hermanar, de manera más profunda si cabe, Río Tinto con Marte. El descubrimiento de metano biológico en el subsuelo de la Faja Pirítica en condiciones geoquímicas marcianas reclama una misión de perforación que no sólo permitiría averiguar la existencia de este gas en el subsuelo, sino también conocer la posible existencia de gradientes de hipotéticos donadores y aceptores de electrones que son de utilidad en distintos procesos metabólicos microbianos.

Obviamente estas observaciones no demuestran la presencia de vida en Marte, ni tan siquiera que, de existir, tuviera que ser parecida a la detectada en Río Tinto. De hecho, hay importantes diferencias entre ambos sistemas, siendo la más significativa la baja temperatura que presenta en la actualidad la superficie de Marte y una reducida presión atmosférica que dificulta la presencia de agua líquida en su superficie.

Eso no obsta para que la geomicrobiología del Tinto permita pensar que un ecosistema basado en el ciclo del hierro habría podido tener éxito en el planeta rojo, especialmente en su época húmeda, o incluso en la actualidad, en el subsuelo. Río Tinto, como análogo terrestre de Marte, nos permite explorar esta posibilidad y, al mismo tiempo, probar las metodologías y tecnologías que se están desarrollando para futuras misiones a ese planeta tan rojo como el río. Z

La extremofilia, una rama de la biología, ha demostrado que la vida es mucho más robusta de lo que pensábamos y capaz de adaptarse a condiciones que creíamos prohibitivas hace sólo unos años.

Para saber más:

Faja Pirítica Ibérica - Biominería - Lixiviado - Microorganismos quimiolitotrofos - *Acidithiobacillus ferrooxidans* - *Leptospirillum ferrooxidans* - *Acidiphilium sp.* - Difracción de rayos X - Espectroscopia Mössbauer - Cromatografía iónica - Actividad desnitrificante y acetogénica - Metagenómica - Misión *Viking* - Misión *Pathfinder* - Rover *Sojourner* - Rover MER *Spirit* - Rover MER *Opportunity* - Rover MSL *Curiosity* - Misión *Phoenix* - *Mars Global Surveyor* - *Mars Odyssey* - *Mars Reconnaissance Orbiter* - *Mars Express* - Origen biótico o abiótico - Meteorito marciano ALH4001

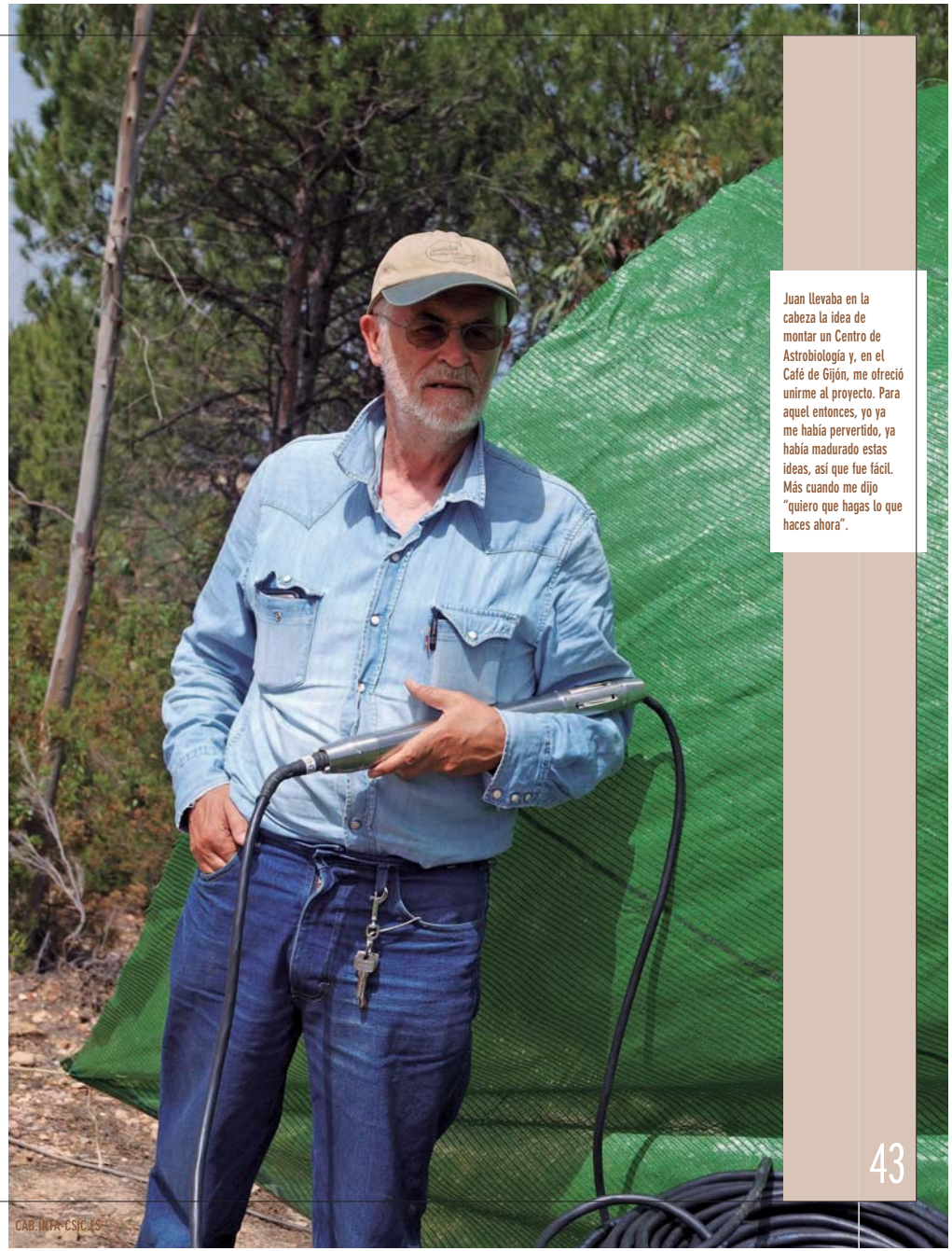
Ricardo Amils

Marta Quintín Maza
Dpto. de Comunicación, INTA
• Crédito de todas las fotografías: L. Cuesta, UCC-CAB.

La astrobiología se le cruzó en el camino de un modo casual, pero lo hizo de mano de Joan Oró, el primer científico que la cultivó en nuestro país, y fue así como él mismo se convirtió en pionero. A partir de unas jornadas en la Universidad Autónoma de Madrid, Ricardo Amils Pibernat (Barcelona, 1947) dejó de ser, según sus palabras, un "simple y aburrido biólogo molecular" y, a través del Centro de Astrobiología (CAB) que ayudó a poner en marcha, se adentró en una ciencia que le ha abierto "nuevas dimensiones" gracias a su carácter interdisciplinar. Ese que logra que un catedrático de Microbiología pueda seguir aprendiendo cada día de distintos campos y soñar con descubrimientos que parecen de ciencia ficción pero que, gracias a su trabajo, son cada vez más reales.

¿Cómo llegó a la astrobiología?

Llevaba años trabajando en Río Tinto, pero únicamente en aspectos de biología molecular y de biotecnología. Oró había sido el primero en darme a conocer la astrobiología y, casualidades de la vida, en la última charla que impartió en Madrid, me reencontré con Juan Pérez Mercader, con quien había coincidido años atrás en una tertulia de divulgación científica en la Residencia de Estudiantes. Juan llevaba en la cabeza la idea de montar un Centro de Astrobiología y, en el Café de Gijón, me ofreció unirme al proyecto. Para aquel entonces, yo ya me había pervertido, ya había madurado estas ideas, así que fue fácil. Más cuando me dijo "quiero que hagas lo que haces ahora". Así que lo pusimos en marcha. El rector de la Universidad Autónoma firmó un convenio para que pudiese venirme a investigar al CAB.



Juan llevaba en la cabeza la idea de montar un Centro de Astrobiología y, en el Café de Gijón, me ofreció unirme al proyecto. Para aquel entonces, yo ya me había pervertido, ya había madurado estas ideas, así que fue fácil. Más cuando me dijo "quiero que hagas lo que haces ahora".

CAB. INTA-CSIC.ES

¿Cómo fueron los inicios de este Centro?

La astrobiología como tal nació a finales de los años 90. El término lo acuñó la NASA, ya que hasta ese momento se había hablado de exobiología. Allí tenían muy buenos ingenieros y geólogos, pero cuando empezó a ponerse encima de la mesa la cuestión de estudiar el origen de la vida, se hizo patente que necesitaban biólogos. Pero los mejores estaban en universidades reputadas como Harvard y de allí no les iban a sacar. Así que se cocinó la idea de hacer un centro virtual, sin paredes. Se convocó un concurso, que se repetiría cada cinco años, y por el cual se asignarían fondos a quien presentase un proyecto interesante. Juan (Pérez Mercader) vio en ello una oportunidad y así acabamos siendo miembros del (NAI). A lo largo de las negociaciones surgieron complicaciones porque EE.UU. estaba siguiendo una política muy proteccionista y no quería miembros extranjeros que no estuviesen sujetos a sus leyes. Por ello, se decidió que nos constituyésemos como miembro asociado pero con fondos propios, lo cual estaba bien porque nos daba independencia. Aun así se estableció una colaboración que ha sido siempre muy fructífera. A ellos les gusta trabajar en España, porque tenemos unos modelos que interesan. Como anécdota, cuando el director de la NASA vino a la inauguración del CAB, lo llevaron a Río Tinto y allí riñó a sus investigadores por que no se hubiesen interesado antes por un análogo terrestre de Marte tan interesante como éste. De lo que se fraguó en esos años fundacionales viene el *Curiosity*, el rover de la misión *Mars Science Laboratory* (MSL)... Se consolidó un prestigio que ahora se ha deteriorado por la política científica del país y la falta de dinero.

Y pusieron a rodar una nueva ciencia…

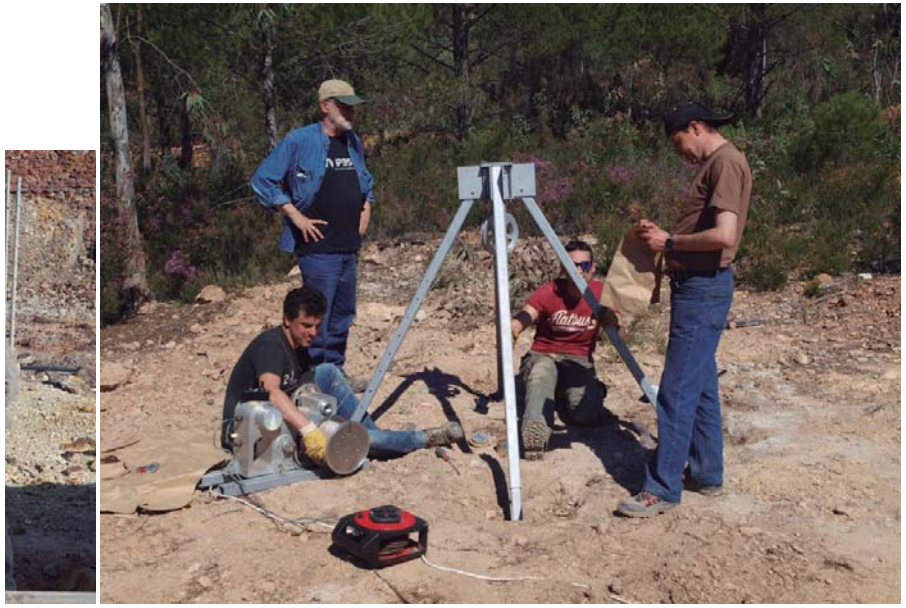
Al principio, todo el mundo decía que la astrobiología era una locura. Pero interesa mucho. De hecho, el trabajar la dimensión astrobiológica de Río Tinto es lo que, al final, le ha dado su espacio en la ciencia mundial. A mí me ha permitido acceder a horizontes que la biología molecular no alcanza.

¿Es esa trascendencia lo que más le atrae de la astrobiología?

Sin duda lo más interesante es su interdisciplinariedad. Para alguien que lleva muchos años trabajando eso es muy bueno, porque te obliga a conectarte con todos los demás campos. En la práctica hay muy poca gente que sea verdaderamente interdisciplinar y, sin embargo, ahí es donde está el futuro. Por ejemplo, yo, siendo profesor de microbiología general, ahora puedo ir a una charla de astrofísica y entenderla, aunque nunca vaya a ser un especialista. Eso es muy bonito, además de muy sano científicamente hablando. Por el contrario, defender tu gueto científico es pobre. La especialización es la que ha hecho que se pierda ese hombre humanista del Renacimiento que se interesaba por todas las ciencias.

¿Hay interés entre las nuevas generaciones de científicos por continuar con esta disciplina?

Hay vocaciones. Series de televisión como *Cosmos* han sido una fuente de perversión para la juventud. Doy clase de extremófilos en un máster y a casi todo le buscamos una relación con la astrobiología. De hecho, el CAB nació como un centro que no estaba compuesto por gente joven, porque hacía falta mucho tiempo y dinero para que se formaran, y en ese momento convenía más convencer de que se uniera a gente ya situada profesionalmente, que formara la masa crítica para atraer inversiones. Al poner como núcleo a catedráticos y miembros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, se eliminaban las posibilidades de promoción y se quitaba hierro a las luchas entre los grupos. Luego todo el dinero ha ido a parar a instrumentación y a contratos de gente joven, y la segunda generación de astrobiólogos ya está aquí, llevando el Centro. Los que éramos sus tutores ahora hemos pasado a ser asesores, y es un orgullo ver que tus hijos científicos están pilotando solos.



Usted la vio nacer, así que la conoce mejor que nadie. ¿Por dónde, precisamente, va a pilotar esta ciencia que todavía tiene tantas sorpresas que dar?

Su papel más importante es el de buscar posibles modelos de vida fuera de la tierra. En esta búsqueda se ha avanzado mucho, por ejemplo a través de la química prebiótica. El agua siempre nos indica que existe una posibilidad muy grande de que haya vida, y se ha encontrado agua en todo el Universo. También se cumplen las otras especificaciones: que haya energía, la cual sobra en el Universo, y los elementos básicos, es decir, carbono, nitrógeno e hidrógeno, que están en todas partes. Aun así, la incógnita no está resuelta. Existen opiniones encontradas y eso es bueno, porque así se hacen experimentos para demostrar que los otros están equivocados. También se ha avanzado mucho en planetología. Por ejemplo, ahora que se encuentre un sistema planetario no es noticia, porque se han encontrado mil y pico. Tampoco son pequeños los avances en microbiología. En extremófilos se ha descubierto que la vida puede adaptarse a ambientes impensables.

Al principio, todo el mundo decía que la astrobiología era una locura. Pero interesa mucho. De hecho, el trabajar la dimensión astrobiológica de Río Tinto es lo que, al final, le ha dado su espacio en la ciencia mundial. A mí me ha permitido acceder a horizontes que la biología molecular no alcanza.

Ricardo Amils

Así pues, la astrobiología sigue postulando que es factible la existencia de vida en el universo.

La estamos buscando en Marte. En los años 90, la NASA reportó en la Antártida la existencia del meteorito , en el que podía haber restos de vida. Algunas de las cosas que encontraron eran contaminación, pero otras aún no se pueden explicar. Después de las misiones a Marte, que eran muy caras y sólo podían entenderse en el contexto de la Guerra Fría, la investigación ha continuado y ha ido dando sus frutos. Se volvió a este planeta con el *Mars Pathfinder*, después *Curiosity* ha reportado que hay agua con iones en el cráter Gale. Se ha detectado metano, y hay que tener en cuenta que, en la Tierra, el 80% del metano proviene de la vida. Esto no significa que haya vida en Marte, pero lo que es indiscutible es que todo esto ha hecho que la astrobiología se haya enriquecido en pocos años, aportando datos para responder a esa pregunta básica que continúa siendo válida. En efecto, en Marte puede haber vida paleontológica, fósil, y algunos soñamos que, aunque no sea en superficie, ya que eso es imposible, esa vida todavía siga funcionando a día de hoy. Z

La estamos buscando en Marte. En los años 90, la NASA reportó en la Antártida la existencia del meteorito *Allan Hills*, en el que podía haber restos de vida. Algunas de las cosas que encontraron eran contaminación, pero otras aún no se pueden explicar

El INTA suma y sigue

El BOE del pasado 17 de octubre publicó el Real Decreto por el que se aprueba el Estatuto del INTA. El artículo único del Real Decreto reza: «*Aprobación del estatuto e integración efectiva en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas"*». Y en su desarrollo explica que «*a partir de la entrada en vigor de este real decreto se hace efectiva la integración en el Organismo Público de Investigación INTA, del organismo autónomo Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo... así como del Instituto Tecnológico «La Marañosa»... y del Laboratorio de Ingenieros del Ejército «General Marvá»... LABINGE*"».

En el articulado del Estatuto el INTA queda definido como «*el OPI de la Administración General del Estado que ejercerá actividades de investigación científica y técnica, así como de prestación de servicios tecnológicos, y estará especializado en la investigación y el desarrollo tecnológico, de carácter dual, en los ámbitos aeroespacial, de la aeronáutica, de la hidrodinámica, y de las tecnologías de la defensa y seguridad*».

La estructura orgánica del Instituto establece la existencia de seis subdirecciones generales:

- Secretaría General
- S. G. de Coordinación y Planes
- S. G. de Sistemas Espaciales
- S. G. de Sistemas Aeronáuticos
- S. G. de Sistemas Terrestres
- S. G. de Sistemas Navales

Bajo la dependencia de dichas subdirecciones, los departamentos tecnológicos «*estarán encauzados, tanto a la generación de conocimiento, manifestando sus actividades por medio de estudios, publicaciones o patentes, como orientados a la obtención de recursos económicos por la prestación de servicios y el ejercicio de actividades*».

Más de setenta años después de su creación, el INTA suma y sigue.

El nuevo INTA