



# CICTERRÁNEA

- Revista de Comunicación de las Ciencias de la Tierra -

## Amor a lo extremo

Los habitantes de la  
Laguna Negra

## De detectives a soñadores

Tras las huellas del agua  
y el viento en las rocas

## De glaciares a desiertos

El ocaso de una Era





Año 5

Número 5 – 2021

ISSN 2618-2122

## COMITÉ EDITORIAL

### Editoras responsables

Dra. Emilia Sferco  
Dra. Beatriz G. Waisfeld  
Dra. Gisela Morán

### Comité editor

Gga. Cecilia Echevoyen  
Ing. Nexxys C. Herrera Sánchez  
Dr. Fernando J. Lavié  
Dra. Cecilia E. Mlewski  
Dr. Diego F. Muñoz  
Dr. Iván Petrinovic  
Dra. Fernanda Serra  
Mgr. Eliana Soto Rueda

### Diagramación y diseño gráfico

Paula Benedetto

### Corrección de estilo

Dr. Alberto M. Díaz Añel

Foto de Tapa: Vista panorámica de la Laguna Negra, Puna de Catamarca, Argentina (Autor: Alexander Dan Driessche).

Esta revista de formato digital se publica de manera desinteresada con la finalidad de difundir la actividad e investigación del CICTERRA. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de los autores o editores. Lo expresado por ellos no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución.

Contacto: [cicterranea@gmail.com](mailto:cicterranea@gmail.com)

[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/)

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cicterranea>

Seguinos en:



CONICET



Universidad  
Nacional  
de Córdoba

C I C T E R R A



Director: Dr. Edgardo Baldo  
Vicedirector: Dr. Marcelo G. Carrera

Contacto:  
[secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar](mailto:secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar)

Av. Vélez Sársfield 1611,  
X5016GCB Córdoba, Argentina  
Teléfono: +54 351 535-3800 ext. 30200

[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar)

**E**l quinto número de Cicterránea desembarca en un contexto sin precedentes en la historia reciente de la humanidad. Con la llegada de la pandemia de la COVID-19, la vida de la mayoría de las personas en el planeta, las prioridades individuales y sociales y los debates cambiaron casi de manera simultánea, como así también la forma en que nos comunicamos y nos relacionamos.

Durante el último año, la relación ciencia y sociedad no estuvo ajena a estos grandes cambios. La vorágine de información que trajo consigo la pandemia, puso en primer plano una premisa muchas veces olvidada: la ciencia y la tecnología son prácticas sociales, como cualquier otra. Es decir, no pueden considerarse aisladas de sus contextos y, lejos de ser una isla dentro de la sociedad sin posibilidad de interpelación por parte de ella, hoy, de manera inédita están en boca de todo el mundo. Los debates públicos, en redes sociales y medios de comunicación, pasaron de sólo informar resultados de “descubrimientos” científicos a debatir sobre métodos, formas, protocolos, discusiones, aciertos y equivocaciones.

Se produjo entonces, una mirada más profunda hacia dentro de los laboratorios, mirada que permite observar los mecanismos por los cuales la ciencia es ciencia. Sin embargo, de igual manera se pusieron sobre el tapete nuevos conceptos y palabras abstractas y técnicas, muy poco familiares para grandes sectores de la sociedad. Y aquí llegamos a lo que resulta problemático. Por un lado, vivimos en un mundo que nos bombardea de información por múltiples canales y medios, lo que se combina con intereses económicos y políticos de quienes la producen y difunden. Y por el otro, la interpretación de los mensajes queda sujeta a nuestras prenociones, preconcepciones y la experiencia previa que tengamos sobre el tema, por lo general relacionados con cargas emocionales e ideológicas. Esta mezcla de factores resulta en que la interpretación del mensaje redunde, paradójicamente, en mucha desinformación.

Estamos convencidas de que la comunicación pública de la ciencia es un instrumento fundamental para combatir la desinformación en todos los ámbitos. En este contexto, el desafío es seguir compartiendo cómo hacemos lo que hacemos, desde una mirada más integral y con las incertidumbres y cuestiones sin resolver que acompañan todo proceso científico. Es con este compromiso que acercamos una vez más nuestro aporte desde las Ciencias de la Tierra. Esta vez incorporando miradas desde otras disciplinas del saber científico. ¡Esperamos que disfruten este recorrido!

Gisela Morán, Emilia Sferco y Beatriz Waisfeld

# Amor a lo extremo



## Los habitantes de la Laguna Negra





### **Cecilia Mlewski**

Dra. en Biología  
Investigadora Adjunta  
CONICET en IMBIV  
(CONICET-UNC)



### **Fernando G. Gómez**

Dr. en Ciencias Geológicas  
Investigador Adjunto CONICET  
en CICTERRA (CONICET-UNC)  
Docente en la FCEfYN  
Universidad Nacional de Córdoba

La búsqueda de vida fuera de nuestro planeta comienza, paradójicamente, en la Tierra, ya que es el único lugar en el que sabemos que existe vida, y donde sus características nos proporcionan un patrón para rastrear su posible existencia en otros lugares del universo. Desde un enfoque geológico y biológico, los científicos nos interesamos por las formas tempranas de vida, realizando un seguimiento de su evolución en la Tierra, tratando de definir los límites para su supervivencia y las señales que puedan haber dejado en el registro fósil.

## ¿Qué son los ambientes extremos?

## ¿Qué organismos podemos encontrar?

Una persona que viva en el caribe mexicano está acostumbrada al clima cálido y amigable y a la brisa del mar. Si le pidieran que se mude a Groenlandia por cuestiones de trabajo, posiblemente pensaría que es un cambio hacia un ambiente bastante extremo, en definitiva quizás esa persona no quiera que se le congele el daiquiri o el agua de coco que se está por tomar. Sin embargo un esquimal, quizás tenga una visión bastante diferente, pues su hábitat natural es el ártico.

Los ambientes extremos son hábitats que experimentan condiciones ambientales que constituyen un desafío para la mayoría de los seres vivos (más allá de un daiquiri congelado) y que involucran valores extremadamente altos o bajos de factores ambientales tales como salinidad, radiación ultravioleta, pH (grado de acidez) y temperatura. Así, algunos ejemplos pueden ser las altas presiones del fondo del mar, las fuentes hidrotermales con aguas a más de cien grados centígrados o lagunas de altura con concentraciones salinas altísimas y alta exposición a radiación ultravioleta. Desde hace algunas décadas se sabe que esos lugares no solo no son estériles, sino que albergan formas de vida perfectamente adaptadas, generalmente microbios y que conocemos como extremófilos.

Pero ¿por qué estas formas de vida prefieren ambientes tan adversos? Lo cierto es que para esas formas de vida esos ambientes no son adversos, sino todo lo contrario, ya que bajo esas condiciones encuentran su estado óptimo de crecimiento y desarrollo. Los extremófilos pueden definirse de diferentes maneras, según cuál sea el factor ambiental que se considera “extremo”. Por ejemplo, los microorganismos son considerados termófilos si soportan altas temperaturas, halófilos cuando soportan altas salinidades, acidófilos y alcalófilos cuando soportan niveles bajos o altos de pH (que define qué tan ácido o alcalino es un ambiente fluido, Figura 1).

Ahora, ¿para qué estudiar los extremófilos? En principio para comprender los mecanismos de adaptación a esas condiciones especiales que, quizás, encierran funciones celulares fascinantes y aún no conocidas. Asimismo, es útil saber en qué condiciones es capaz de desarrollarse y prosperar la vida en la Tierra y cuáles son sus límites. También para conocer mejor nuestros primitivos ancestros celulares, los ecosistemas y los metabolismos que predominaron durante los primeros tiempos de nuestro planeta; como hace más de 2.500 millones de años cuando existía una excesiva radiación UV debido a la falta de oxígeno y ozono. Por otro lado, conocer los límites de la vida permite entender qué otros ambientes fuera de nuestro planeta podrían albergarla, al menos la vida tal cual la conocemos. Por supuesto, no importa qué tan hostiles parezcan las condiciones ambientales desde nuestro punto de vista centrado en la Tierra. Una vida extraterrestre puede ser marcadamente diferente a lo que conocemos, pero aun así conocer los límites de la vida en la Tierra nos permite enfocar mejor nuestra búsqueda. Lo antes dicho nos lleva a hacernos preguntas fundamentales relacionadas a la vida en nuestro planeta tales como: cuáles son los límites de la vida, cómo se establecieron y evolucionaron los sistemas de obtención y transformación de energía para sostener la vida, o cuál es el origen de los ciclos biogeoquímicos de los ele-

mentos esenciales para la vida en la naturaleza. A su vez, comprender los organismos extremófilos tiene un gran potencial, pues nos puede ayudar a descubrir nuevas sustancias con interés biotecnológico producidas por estos microorganismos (ver CICTERRÁNEA 3, "Microorganismos extremófilos: potenciales héroes contra el Arsénico").

**¿Podemos conocer los límites de la vida?  
¿Cuándo deja de ser habitable un ambiente? El estudio de la habitabilidad planetaria es de gran interés en la actualidad y ha sido el enfoque central de misiones espaciales en planetas como Marte, o en Europa, una de las lunas de Júpiter. Por eso, comprender la actividad biológica en ambientes extremos, y el registro que ésta deja en rocas y minerales es fundamental para comprender la vida antigua, ya sea en la Tierra o en otros planetas**

¿Podemos conocer los límites de la vida? ¿Cuándo deja de ser habitable un ambiente? El estudio de la habitabilidad planetaria es de gran interés en la actualidad y ha sido el enfoque central de misiones espaciales en planetas como



**Figura 1.** Ejemplos de lugares extremos en el mundo. Paleta de Pintor en Nueva Zelanda, corresponde a una zona de fuentes hidrotermales con temperaturas en sus aguas de más de 80°C (imagen de Christian Mehlführer, User:Chmehl - Trabajo propio, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3705012>). Isla James Ross en Antártida, presenta zonas con temperaturas frías extremas, así como otras zonas del continente Antártico. El Río Tinto en España se caracteriza por sus aguas muy ácidas. Chott el Djerid es un desierto con la mayor superficie salina del Sáhara, con temperaturas extremas y escasísima precipitación. \*Créditos, Miriam García, Bethan Davies, Jorge Segura y Felipe Gómez



Marte, o en Europa, una de las lunas de Júpiter. Por eso, estudiar ambientes terrestres en todo un espectro de condiciones ambientales, permite entender mejor la información recolectada en estas misiones espaciales. Particularmente útiles son aquellos ambientes que presentan condiciones análogas a otros planetas, como por ejemplo Marte, que actualmente es frío, seco y con una alta radiación UV debido a su atmósfera delgada, pero que en su pasado distante se supone que fue cálido y húmedo, tal como registran las rocas sedimentarias de hace unos 4.000 millones de años. Por eso, comprender la actividad biológica en ambientes extremos, y el registro que esta deja en rocas y minerales, es fundamental para comprender la vida antigua, ya sea en la Tierra o en otros planetas.

## La Puna Argentina

Los ecosistemas microbianos de la Puna Andina, se formaron durante el período geológico Terciario, comenzaron a elevarse hace unos 25 millones de años y están distribuidos en un área geográfica con altitudes que van desde los 3000 a los 6000 metros sobre el nivel del mar. Las lagunas de altura en esta región son ambientes muy poco explorados. Estos ecosistemas son únicos, no sólo por sus características geográficas y su variedad de ambientes extremos, sino también por su abundante biodiversidad microbiana.

Las comunidades microbianas que han evolucionado dentro de estos ecosistemas de altura toleran condiciones de estrés químico y físico tales como amplios rangos de salinidad, pH y/o temperatura, y han demostrado estar adaptados a elevados niveles de radiación ultravioleta, alcalinidad, sequedad, metales pesados (especialmente arsénico), y baja disponibilidad de nutrientes. La mayoría de estas lagunas sufren variaciones de temperatura de hasta 40°C entre el día y la noche. Su gran altura, una atmósfera permeable y la baja latitud en la que se encuentran permiten que las comunidades microbianas se encuentren expuestas a una alta incidencia de luz ultravioleta (hasta 165% superior a la que existe al nivel del mar). Por otro lado, debido a la baja presión de oxígeno, la presencia de rocas y fuentes hidrotermales de origen volcánico, la presencia de metales pesados (como el arsénico) y las características fisicoquímicas mencionadas, los ambientes de altura de la Puna Andina guardan ciertas similitudes con las condiciones ambientales que se piensa existieron en la Tierra Primitiva.

Por otra parte, las comunidades microbianas bentónicas (o sea, las que viven sobre el sedimento) que se encuentran



**Figura 2.** Arriba se retrata el paisaje característico de la Puna Andina. Abajo, se observa una imagen de la laguna de Socompa con sus característicos estromatolitos (círculo), a la derecha se muestra una ampliación de un sector de éstos.  
\*Créditos, M. E. Farias.

en estos lagos, están formadas por grupos de bacterias, cianobacterias (que pueden hacer fotosíntesis), microalgas (entre las que se encuentran las diatomeas) y otros orga-

***Debido a la baja presión de oxígeno, la presencia de rocas y fuentes hidrotermales de origen volcánico, la presencia de metales pesados (como el arsénico) y los amplios rangos de salinidad, pH y/o temperatura, los ambientes de altura de la Puna Andina guardan ciertas similitudes con las condiciones ambientales que se piensa existieron en la Tierra Primitiva***

nismos microscópicos que pueden interactuar con los sedimentos, dando lugar a matas microbianas que llevan a la formación de estructuras llamadas microbialitos. Los microbialitos son depósitos órgano-sedimentarios formados a partir de la interacción entre las comunidades microbianas bentónicas y los sedimentos detríticos o químicos. Éstos pueden presentar una variedad de morfologías externas y



**Figura 3.** Arriba, paisaje de la Laguna Negra con sus característicos oncolitos. Abajo, imagen de los diferentes tipos de matas microbianas, negras, verdesas y laminadas (de izquierda a derecha de la parte inferior de la imagen) que se pueden encontrar en la Laguna.

estructuras internas incluyendo estromatolitos y/o oncolitos.

Las matas microbianas son comunidades que forman una especie de alfombra continua, compacta en algunos casos laminadas, compuesta por diferentes comunidades de microorganismos. Muchas de estas comunidades microbianas, debido a su actividad metabólica, intervienen en procesos de atrapado de sedimentos y precipitación de minerales, particularmente de carbonatos, formando los estromatolitos. Los procesos microbiológicos y su relación con los factores ambientales quedan de alguna manera preservados en las texturas y señales geoquímicas observadas en los estromatolitos, por lo tanto, constituyen un excelente registro que vale la pena estudiar y comprender.

## Ahondemos en los Estromatolitos...

Según se ha documentado, los estromatolitos primitivos aparecieron en el registro fósil hace 3.500 millones de años y, por lo tanto, son la evidencia más antigua de presencia de vida sobre la Tierra. En la Era Precámbrica, que representa aproximadamente el 85% de la historia del planeta, los ambientes primitivos eran hostiles para albergar vida más compleja, tal como la que conocemos hoy. Por lo tanto, al estar adaptadas a esas condiciones, las comunidades microbianas bentónicas que originaron los estromatolitos pudieron dominar la superficie de la Tierra sin competencia. Su abundancia disminuyó drásticamente

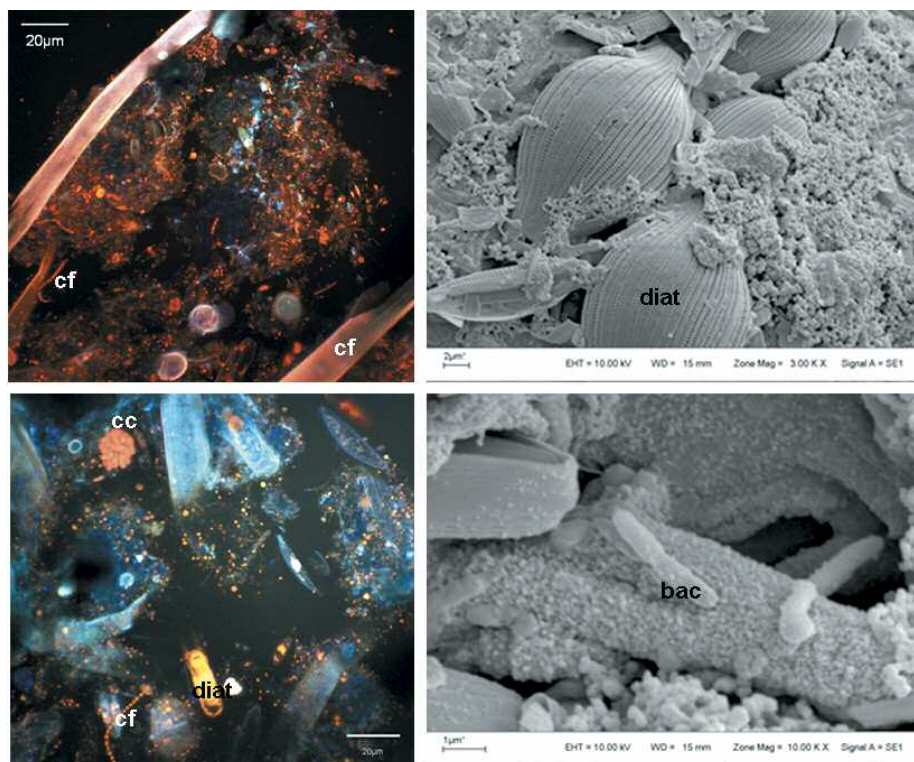
hace unos 540 millones de años como consecuencia, en parte, de la aparición de los animales y los cambios en la química de los océanos.

***Los estromatolitos primitivos aparecieron en el registro fósil hace 3.500 millones de años y, por lo tanto, son la evidencia más antigua de presencia de vida sobre la Tierra. Dado que los ambientes primitivos eran hostiles para albergar vida más compleja, tal como la que conocemos hoy, las comunidades microbianas que originaron los estromatolitos pudieron dominar la superficie de la Tierra sin competencia***

En la actualidad todavía existen estromatolitos en la Tierra, pero en menor abundancia. Se los encuentra en algunas pocas localidades que suelen ser menos propicias para otras formas de vida, como los ambientes hipersalinos, alcalinos o sometidos a temperaturas extremas. Por lo general, existe una correlación entre su presencia y la ausencia de depredadores, como caracoles u otro tipo de animales que se alimentan de los productores primarios como las cianobacterias. Actualmente, algunas de las zonas donde existen estromatolitos son: Shark Bay (Australia),



**Figura 4.** Imágenes obtenidas con técnicas de microscopía de fluorescencia confocal (izquierda de la imagen, en color) y de microscopía electrónica de barrido (derecha de la imagen, en tonos de grises), donde se observan ciertos microorganismos asociados a las matas microbianas. Abreviaturas: bac, bacterias; cf, cianobacteria filamentosas; cc, cianobacteria en forma de cocos; diat, diatomeas.



Exuma Cays (Bahamas), en el océano Índico, en ambientes continentales como en el Parque Nacional Yellowstone (USA), en Laguna Salgada (Brasil), en el lago hipersalino Alchichica (México) y en numerosas lagunas como Socompa, Diamante, La Brava, y la Laguna Negra (Puna, Argentina, Figura 2).

## Un caso particular, la Laguna Negra

La Laguna Negra forma parte del Complejo Salino de la Laguna Verde, localizada en la Puna de la Provincia de Catamarca, Argentina. Estudios realizados hasta ahora indican que la Laguna Negra es una salmuera rica en calcio, sodio y cloro. En las zonas costeras de la laguna, donde el agua de la misma se mezcla con las surgentes de agua subterránea, existe una región donde se encuentran abundantes matas microbianas asociadas a la precipitación de carbonatos, predominantemente calcita, formando estromatolitos y oncolitos.

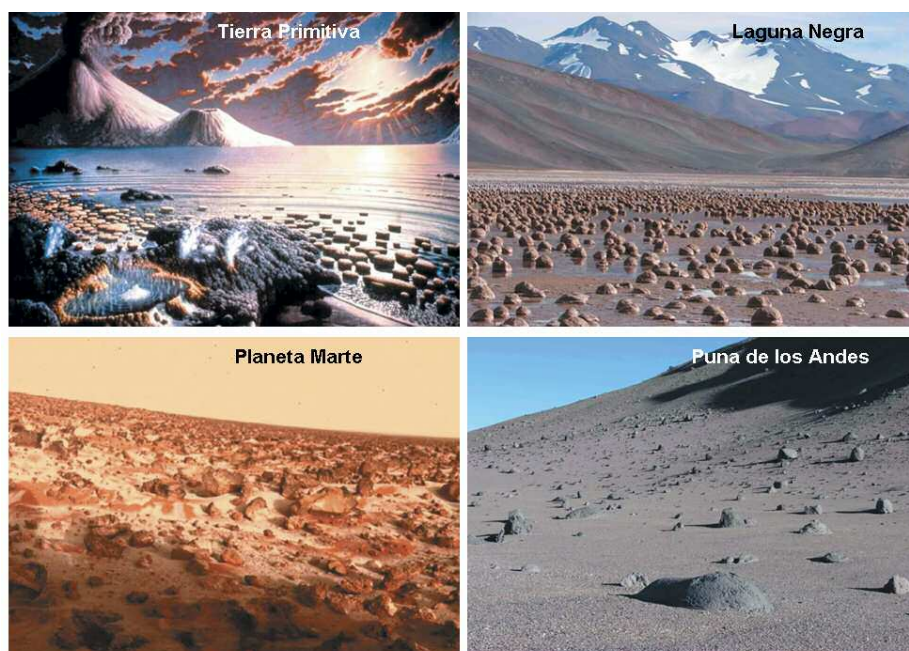
La diversidad biológica en la Laguna Negra está representada principalmente por diferentes tipos de matas microbianas asociadas con los microbialitos. A simple vista se reconocen tres tipos principales de matas (Figura 3): matas negras (generalmente se localizan sobre los oncolitos parcialmente expuestos o formando parches dispersos), matas verdosas (generalmente costeras, son de color verde y se encuentran flotando con burbujas de gas superficial), y fi-

nalmente las matas laminadas o estratificadas (son las más abundantes en la laguna, se encuentran entre los oncolitos, presentan una coloración rosada a anaranjada en su superficie y la típica mata en capas de diferentes colores, dependiendo del tipo de comunidades microbianas que presentan).

***En la Laguna Negra las condiciones ambientales registradas y el ambiente geológico se asemejan enormemente a las condiciones que se supone existieron durante el Precámbrico cuando la vida fue exclusivamente microbiana. A su vez, dado que se ha documentado la presencia de minerales carbonáticos en depósitos sedimentarios lacustres en Marte, la Laguna Negra tiene un gran potencial para comprender mejor estos depósitos y la posibilidad de que preserven algún tipo de señal de actividad biológica del pasado distante de Marte***

Estudios del grupo de Geomicrobiología del CICTERRA permitieron conocer en parte la diversidad y estructura de las comunidades microbianas de estas matas. Utilizando





**Figura 5.** Analogías de la Tierra Primitiva con la Laguna Negra, mostrando paisajes muy similares (arriba), al igual que el paisaje del Planeta Marte y la Puna de los Andes, donde actualmente muchos grupos estudian e indagan estos ambientes por su similitud con el planeta rojo.

metodologías de vanguardia donde se analiza el material genético (ADN y ARN), se pudo observar la existencia de numerosos representantes bacterianos comúnmente observados en matas microbianas de sistemas hipersalinos, y un gran número de especies no identificadas con anterioridad, lo que destaca el potencial de estos sistemas poco explorados, pues es posible encontrar especies y metabolismos aún no descriptos. Las diatomeas, que son algas unicelulares, son comunes en todos los sitios analizados, mostrando así la importancia que poseen en estos ambien-

tencial para comprender mejor estos depósitos y la posibilidad de que preserven algún tipo de señal de actividad biológica del pasado distante de Marte (Figura 5).

**RB** **Referencias bibliográficas/  
Lecturas sugeridas**

Microbial Ecosystems in Central Andes Extreme Environments. Springer Nature Switzerland AG (2020). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36192-1>  
<https://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy128/Labios-feraprimtiva.pdf>  
<https://unciencia.unc.edu.ar/sin-categoria/un-lugar-para-estudiar-la-tierra-primitiva/>  
<https://www.infobae.com/america/tendencias-america/2021/04/04/marte-en-la-argentina-cientificos-estudian-sistemas-sedimentarios-del-pais-analogos-al-planeta-rojo/>

**G** **Glosario**

**Ecosistema:** es un sistema biológico constituido por una comunidad de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan. Se trata de una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

**Matas Microbianas:** son consorcios microbianos compuestos por grupos de microorganismos que generalmente tienen una estructura interna formada por bandas o capas (a escala del milímetro a centímetro) producto de que diferentes grupos de organismos se distribuyen en distintos niveles o capas debido a la presencia de gradientes químicos, de iluminación, disponibilidad de nutrientes, etc.

**Estromatolito:** estructura órgano-sedimentaria laminada, formada por el atrapado y fijación de partículas sedimentarias y la precipitación de minerales (generalmente carbonatos).

**Oncolito:** estructura órgano-sedimentarias como los estromatolitos pero de forma redondeada y con laminación interna es concéntrica. Son una variedad de estromatolito.

# CICTERRA

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA

## ¿Qué es el CICTERRA?

Es un centro de investigación en Ciencias de la Tierra dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), vinculado con la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Fue creado por resolución del CONICET el 31 de Mayo de 2007.

## ¿Qué hacemos?

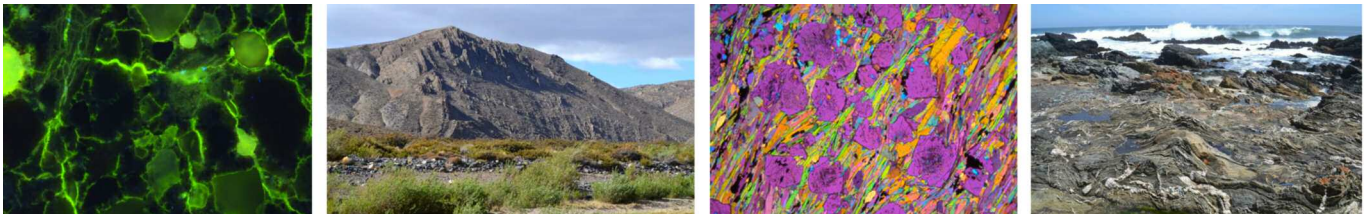
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas vinculados con las Ciencias de la Tierra en general, incluyendo Geología Endógena y Exógena, Geoquímica, Geofísica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión, comunicación pública de la ciencia y transferencia de conocimiento. Efectuamos asesorías técnicas a entidades públicas y empresas privadas.

## ¿Quiénes somos?

Somos miembros de la Carrera del Investigador Científico y del Personal de Apoyo de CONICET, Profesores e Investigadores de la UNC, Becarios Doctorales y Posdoctorales del CONICET o FONCYT y Personal Administrativo. En la actualidad el CICTERRA cuenta con una planta de más de 100 integrantes. El Centro incluye geólogos, biólogos, químicos, geofísicos y egresados de carreras afines.

## Líneas de Investigación

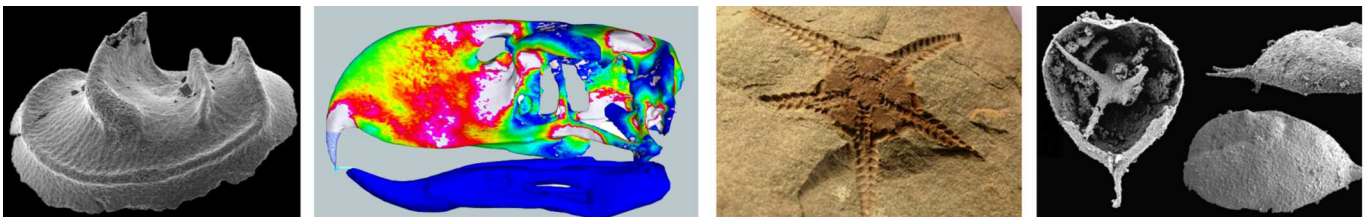
### Dinámica de la litósfera – astenósfera



### Variabilidad hidroclimática y procesos geo-ambientales



### Evolución de la diversidad biológica



Nuestro desafío consiste en comprender una amplia gama de procesos naturales que tienen lugar desde las capas más profundas del planeta hasta su superficie y desde su formación hasta el presente. Aspiramos a que nuestra experiencia y conocimiento sea un aporte al bienestar de la sociedad.