



# CICTERRÁNEA

- Revista de Comunicación de las Ciencias de la Tierra -

## El gran viaje

Una aproximación al turismo científico

## La sequía extraordinaria del Paraná

¿Un fenómeno natural o influenciado por la actividad humana?

## ¿Cuándo dejaremos de ser humanos?

El rulo intrincado entre la ética y la satisfacción del avance en el conocimiento científico

## Lo esencial es invisible a los ojos

El estudio de las rocas y sus minerales más allá de lo que vemos



Año 7

Número 7 – 2024

ISSN 2618-2122

## COMITÉ EDITORIAL

### Editoras responsables

Dra. Emilia Sferco

Dra. Gisela Morán

Dra. Beatriz G. Waisfeld

### Comité editor

Lic. Daniela Del Bono

Lic. H. Santiago Druetta

Dra. Cecilia Échegoyen

Dra. Nexxys C. Herrera Sánchez

Ggo. Joel Jaeggi

Dr. Fernando J. Lavié

Dra. Cecilia Mlewski

Dr. Diego F. Muñoz

Dra. Fernanda Serra

Dra. Eliana Soto Rueda

Dr. Pablo Yaciuk

### Diagramación y diseño gráfico

Paula Benedetto

### Corrección de estilo

Dr. Alberto M. Díaz Añel

**Foto de Tapa:** La Antártida es un territorio protegido, reservado, por ahora, para la investigación y el turismo. Un escenario extremo, ideal para el turismo científico. Aunque ciertamente, distante y nada económico.  
Autor: Guillermo Goldes

Esta revista de formato digital se publica con la finalidad de difundir actividades e investigaciones en Ciencias de la Tierra. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de l@s autor@s. Lo expresado por ell@s no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución o editor@s.

[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. Marcelo G. Carrera

Vicedirector: Dr. Diego Gaiero

Contacto:

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)

**P**resentamos un nuevo número de la Revista, este número sale a la luz en un contexto muy complejo, de grandes incertidumbres.

El sistema científico argentino se encuentra al borde del precipicio. En el modelo de país actual no hay lugar para nada que esté por fuera de las leyes de mercado. En esta línea, la ciencia y la educación pública son consideradas gastos innecesarios. Al día de hoy, el presupuesto asignado para que ambos sistemas funcionen, permite sostenerlos no más allá del mes de junio 2024. Esto no solo equivale a restringir el acceso a la educación gratuita a miles de jóvenes en todo el país que proyectan su futuro en relación a una carrera universitaria, sino también a dejar morir un sistema que acumuló por décadas conocimiento en ciencia y técnica de la más alta calidad. Así lo demostró el último Ranking Scimago (SIR) 2024 que mide el impacto de la actividad científica en el mundo y que funciona a modo de control de calidad. El CONICET se ubicó como la primera institución científica de Latinoamérica por sexto año consecutivo y en el puesto 20 a nivel mundial, superando de este modo a prestigiosas instituciones como la NASA (EEUU). ¿Qué significa esto? Que pese a contar históricamente con muchos menos recursos que los países desarrollados, la ciencia argentina tiene una posición sobresaliente en el mundo y reviste una calidad reconocida a nivel global.

Ciertamente es para estar orgullosos. Sin embargo, paradójicamente en forma coordinada medios locales y redes sociales desprestigian al CONICET y atacan a sus trabajador@s. El objetivo es claro, viralizar un relato que desacredite la institución, poner en contra a la opinión pública y, así, justificar su ahogo presupuestario y eventual desmantelamiento.

Estamos profundamente convencidas que no se puede evaluar la importancia de la ciencia sólo y exclusivamente en términos económicos directos. La ciencia es un pilar fundamental del conocimiento que busca comprender y explicar el mundo en todas sus dimensiones. Permite generar conocimiento e innovación tecnológica, solucionar problemas, facilitar la toma de decisiones y promover un desarrollo soberano.

En este momento, en el que la “utilidad” de la ciencia es puesta en duda urge aún más poder mostrar y llevar a todos ustedes, nuestra comunidad, lo que hacemos y cómo lo hacemos. Es por esto que los invitamos a leer este nuevo número, del que participan investigador@s, becari@s y técnic@s del CONICET así como de la Universidad Nacional de Córdoba.

La mayoría de ell@s, padres, madres, herman@s, tí@s, hij@s, abuel@s, pudieron estudiar y ejercer su profesión gracias a la educación pública, herramienta esencial para la inclusión de tod@s en la sociedad y que hoy, una vez más, lamentablemente, nos toca defender y cuidar.

Por eso, en estos tiempos de bombardeo de información, muchas veces de dudosa calidad y veracidad, este número es nuestro humilde aporte a llevar nuestras investigaciones, procesos y resultados a sus casas, y mostrarles, desde lo que hacemos cotidianamente, cómo se trabaja hoy en ciencia en Argentina.

¡Esperamos que lo disfruten!

Emilia Sferco, Gisela Morán y Beatriz Waisfeld

# índice



**La sequía extraordinaria del Paraná**  
¿Un fenómeno natural o  
influenciado por la  
actividad humana?

Por Verena Campodonico

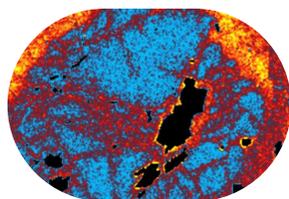
4



**¿Cuándo dejaremos de ser humanos?**  
El rulo intrincado entre la ética  
y la satisfacción del avance en  
el conocimiento científico

Por Claudia P. Tambussi y Macarena L. Herrera

14



**Lo esencial es invisible a los ojos**  
El estudio de las rocas y  
sus minerales más allá de  
lo que vemos

Por Sebastián Verdecchia y Edgardo Baldo

22



**El gran viaje**  
Una aproximación al  
turismo científico

Por Guillermo Goldes

29

## Jóvenes en ciencia

**Descifrando el rumbo del viento.** Por Diego Montecino

10

**Un viaje al centro de los cristales.** Por Natalia Chiaramonte

12

**¡Las conchillas espirales de los ammonoideos son intrigantes!**  
Por Ninon Allaire

20

**Desentrañando los misterios de la corteza terrestre.**  
Por Franco Alvarez

28

## tomando conCiencia

**Economía circular:** separar residuos para generar  
recursos. Por Fernanda Serra

34

## Visualizando ciencia

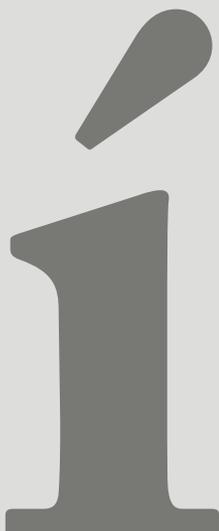
**La ilustración científica**

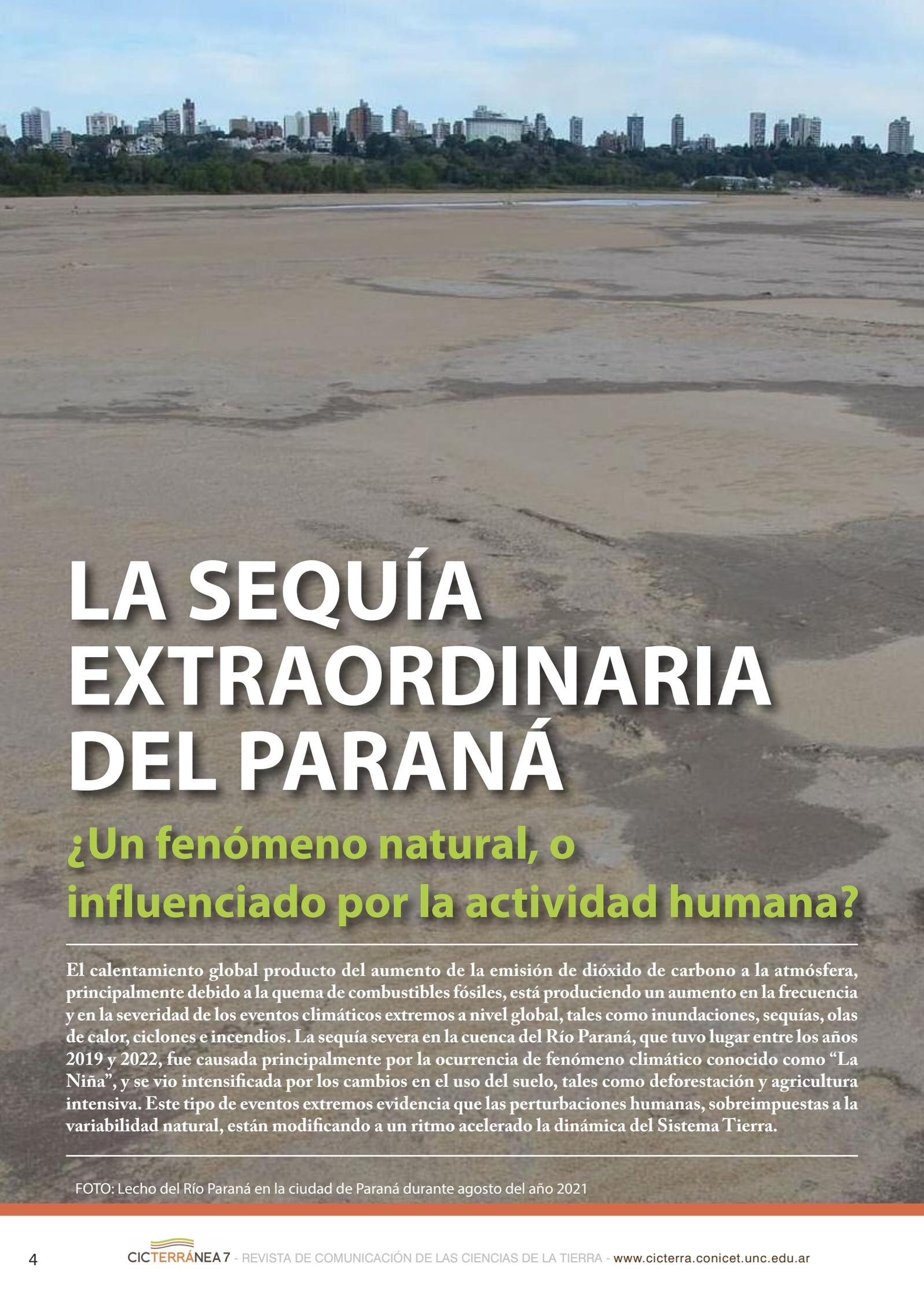
Por H. Santiago Druetta

13

**Humor** Por H. Santiago Druetta

35





# LA SEQUÍA EXTRAORDINARIA DEL PARANÁ

**¿Un fenómeno natural, o  
influenciado por la actividad humana?**

---

El calentamiento global producto del aumento de la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles, está produciendo un aumento en la frecuencia y en la severidad de los eventos climáticos extremos a nivel global, tales como inundaciones, sequías, olas de calor, ciclones e incendios. La sequía severa en la cuenca del Río Paraná, que tuvo lugar entre los años 2019 y 2022, fue causada principalmente por la ocurrencia de fenómeno climático conocido como “La Niña”, y se vio intensificada por los cambios en el uso del suelo, tales como deforestación y agricultura intensiva. Este tipo de eventos extremos evidencia que las perturbaciones humanas, sobreimpuestas a la variabilidad natural, están modificando a un ritmo acelerado la dinámica del Sistema Tierra.

---

FOTO: Lecho del Río Paraná en la ciudad de Paraná durante agosto del año 2021



## ¿Qué son las sequías?

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), en su reporte del año 2021, define a las sequías como “períodos anormales de clima seco lo suficientemente largos como para causar un balance hidrológico negativo serio”. En términos generales, un balance hidrológico negativo en una cuenca tiene lugar cuando las pérdidas de agua (por ejemplo, por evapotranspiración) son mayores a las entradas, dadas principalmente por la lluvia. Las sequías meteorológicas se producen por una escasez de lluvias durante un cierto tiempo, porque las lluvias precipitan durante un período inadecuado, o son ineficientes, y/o por un balance hidrológico negativo. Las sequías hidrológicas tienen lugar cuando los caudales de los ríos y el volumen de agua en los reservorios (por ej. aguas subterráneas, lagos) disminuyen con respecto a los niveles medios históricos. Las sequías producen impactos negativos no solo en la cantidad del agua, sino también en su calidad. Así, en ríos y lagunas, aumenta la temperatura del agua, la salinidad, la concentración de contaminantes y la frecuencia de floraciones algales, al mismo tiempo que decrecen las concentraciones de nutrientes y oxígeno disuelto.

## ¿Las acciones humanas modifican el ciclo del agua?

Los procesos naturales del **ciclo hidrológico** (o ciclo del agua, ver Cicterránea 1: Del cometa a tu vaso: el largo camino del agua) se han visto profundamente afectados por las actividades humanas en un escenario actual de cambio global. El ciclo hidrológico describe la presencia y movimiento de agua, en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso (vapor de agua) en la atmósfera, en la superficie terrestre y debajo del suelo. El IPCC en sus diversos reportes ha mostrado que el incremento de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) atmosférico de origen antrópico y, como consecuencia, los cambios observados en el clima al menos desde la segunda mitad del siglo XX, son causados principalmente por la quema de combustibles fósiles, tales como petróleo, gas natural y carbón. En este marco, se reconoce a la humanidad como impulsora de estos cambios, y se propone designar al presente como una nueva época geológica: el Antropoceno. Como el CO<sub>2</sub> es un gas de efecto invernadero, al incrementar su concentración en la atmósfera se produce un aumento de la temperatura media en la Tierra. El IPCC estimó que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C con respecto a los niveles preindustriales (antes de la revolución industrial de la primera mitad del siglo XIX) y consideran probable que este calentamiento llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052 si se continúan quemando combustibles fósiles al ritmo actual. Algunas de las consecuencias del calentamiento global son el aumento de los eventos climáticos extremos,



## La sequía severa del Río Paraná entre 2019 y 2022: sus causas e impactos

La sequía severa y prolongada registrada en la cuenca del Río de la Plata (conformada por las cuencas de los ríos Paraná y Uruguay) durante el período 2019-2022 comenzó a mediados del año 2019 en la cuenca alta del Río Paraná debido a una disminución de las lluvias (por debajo de lo normal). Para fines del año 2019, las condiciones de sequía meteorológica ya afectaban a los estados del sur de Brasil (Mato Grosso, Goiás, São Paulo y Paraná), Paraguay y Argentina. Debido a su persistencia, la sequía produjo cambios en el ciclo hidrológico, afectando la humedad del suelo, la vegetación, las reservas de agua subterránea y los caudales de los ríos. Por ejemplo, el caudal del Río Paraná en las ciudades de Corrientes y Rosario (Argentina) en agosto de 2021 era menor al 50% del valor medio histórico de los últimos 25 años para ese mes. En la Figura 1 se observa el Río Paraná en la ciudad homónima durante un período de

**Figura 1.** Fotografías del Río Paraná en la ciudad de Paraná (Provincia de Entre Ríos) durante un período de caudales normales (arriba) y durante el evento de sequía extrema en agosto de 2021, donde se registraron caudales excepcionalmente bajos (abajo). Fotografía de arriba tomada de Internet (sitio Tripadvisor Hotel Mayorazgo Howard Johnson) y fotografía de abajo gentileza de familia Konno.

tales como episodios intensos de lluvias que provocan inundaciones y, su contracara, las sequías extremas. Asimismo, son cada vez más recurrentes las olas de calor, los ciclones y los incendios a nivel global. Tal como señala el IPCC (2022), está proyectado que la tendencia creciente de eventos extremos continúe. Por otra parte, la reducción de la cubierta vegetal, ya sea debido a deforestación o incendios, produce modificaciones en el ciclo hidrológico a escala local o regional. Los procesos del ciclo hidrológico afectados por la reducción de la cobertura vegetal incluyen una disminución de la retención del agua por la vegetación, una reducción de la penetración de agua al suelo (infiltración) a largo plazo, un aumento de la escorrentía superficial y un incremento de la erosión del suelo.

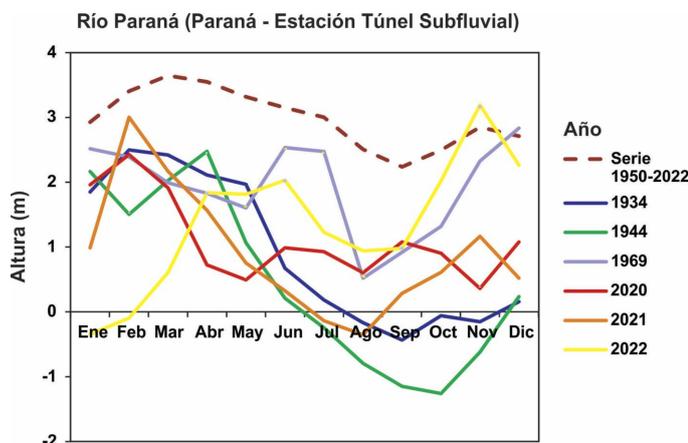
caudales normales (arriba) y durante el evento de sequía extrema en agosto de 2021, donde se registraron caudales excepcionalmente bajos (abajo).

***“El Niño y La Niña están ocurriendo en un sistema climático global que cambia rápidamente debido a las actividades antrópicas. Esto nos lleva a preguntarnos si el cambio climático ya ha afectado el ciclo de El Niño Oscilación del Sur, si lo hará en el futuro y, si es así, cómo lo hará”***

## El Niño y La Niña

La ocurrencia de lluvias en la cuenca del Río de la Plata está estrechamente vinculada con los eventos de El Niño Oscilación del Sur (*El Niño Southern Oscillation*, ENSO), los cuales producen cambios en la circulación atmosférica de Sudamérica, influenciando el transporte de humedad tropical a las regiones extra-tropicales. Si bien es un fenómeno cíclico océano-atmósfera acoplado que tiene lugar en el océano Pacífico tropical, genera consecuencias climáticas a escala global conocidas como Teleconexiones Climáticas. Los eventos de El Niño están asociados

**“La deforestación está aumentando a niveles sin precedentes a escala global. Este cambio en el uso del suelo produce fuertes perturbaciones en los ecosistemas y en el ciclo hidrológico, afectando fundamentalmente los procesos de evapotranspiración y escorrentía y los reservorios de agua superficial y subterránea”**

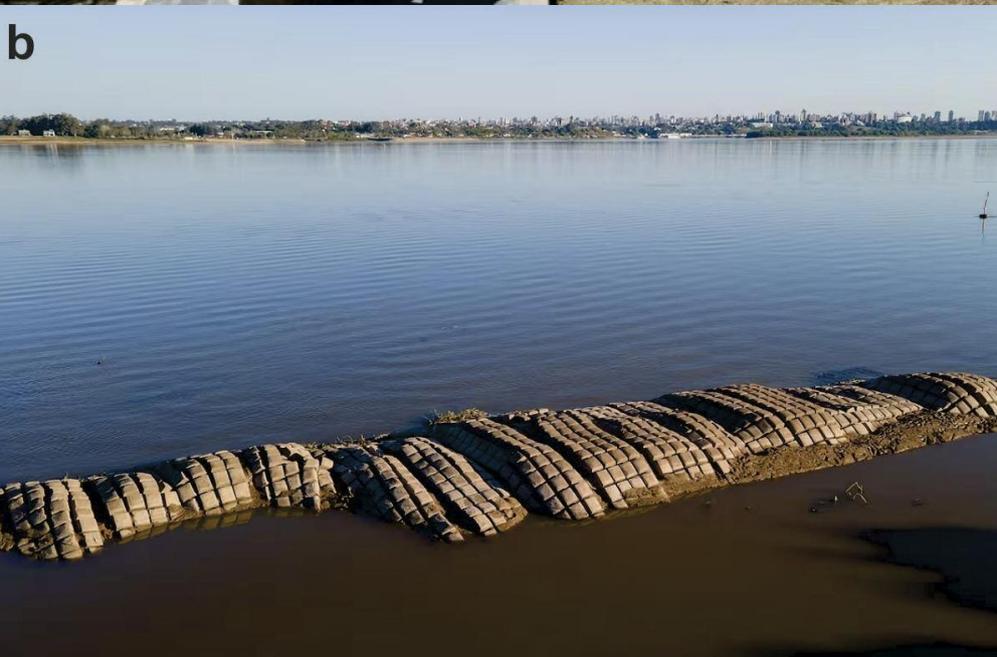


**Figura 2.** Alturas (cotas) medias mensuales del Río Paraná en la ciudad de Paraná (Estación Túnel Subfluvial) para la serie histórica 1950-2022, y los años 2020, 2021 y 2022 correspondientes a esta sequía severa y otros años donde se registraron los menores niveles históricos. Datos tomados del Sistema Nacional de Información Hídrica (<https://www.argentina.gob.ar>)

generalmente con lluvias mayores a la media en la cuenca del Río de la Plata, mientras que, durante los eventos de La Niña, las lluvias son menores a la media. Aunque existen otros procesos que influyen el clima en la cuenca del Río de la Plata, algunos estudios determinaron que los eventos extremadamente secos en la porción superior de la cuenca del Río Paraná estaban asociados con eventos de La Niña. Sin embargo, los eventos de El Niño y La Niña están ocurriendo en el contexto de un sistema climático global que cambia rápidamente debido a las actividades antrópicas que han aumentado las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles sin precedentes. Esto nos lleva a preguntarnos, el cambio climático ¿ha afectado el ciclo de El Niño Oscilación del Sur? ¿lo hará en el futuro? y, si es así, ¿cómo lo hará?

### ¿Qué es el Antropoceno?

El CAMBIO GLOBAL puede definirse como el conjunto de cambios ambientales producidos en el Sistema Tierra por la acción humana. Incluye el cambio climático, las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos de ciertos elementos, las modificaciones del ciclo hidrológico y de la criósfera, la pérdida de la biodiversidad, entre otros. En este marco se reconoce a la humanidad como un impulsor de estos cambios y se propone designar al presente como una nueva época geológica: el ANTROPOCENO. En el año 2009 se constituyó el Grupo de Trabajo del Antropoceno (*The Anthropocene Working Group - AWG* - <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>) como parte de la Subcomisión de Estratigrafía del Cuaternario dentro de la Comisión Internacional de Estratigrafía, con el objetivo de evaluar la incorporación del Antropoceno como una nueva unidad dentro de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional. Los/as geocientíficos/as del AWG han examinado las evidencias existentes para determinar la validez, el nivel jerárquico y la fecha de inicio de esta posible unidad en la escala del tiempo geológico. Así, recientemente, en el año 2023, el AWG definió en el Lago Crawford (Ontario, Canadá) la Sección Estratotipo que marca oficialmente el inicio del Antropoceno. El sedimento de fondo de este lago proporciona un excelente registro del cambio ambiental ocurrido durante los últimos milenios, donde se identificó una mezcla de microplásticos, cenizas, restos de la quema de combustibles fósiles, y rastros de plutonio de las explosiones de las bombas nucleares. Sin embargo, aún resta su incorporación formal en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional. <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-05Spanish.pdf>



visto intensificada en las últimas décadas por el incremento de sequías e incendios forestales. Este cambio en el uso del suelo produce fuertes perturbaciones en los ecosistemas y en el ciclo hidrológico, afectando fundamentalmente los procesos de evapotranspiración y escorrentía y los reservorios de agua superficial y subterránea.

### El registro de la sequía

Si bien el evento prolongado de La Niña fue el principal responsable de la sequía extrema en la cuenca del Río Paraná, ésta se vio exacerbada por los cambios en el uso del suelo, tales como deforestación y agricultura intensiva. Este evento de sequía extrema puede observarse claramente en un gráfico donde se han representado las alturas medias mensuales del Río Paraná medio en la ciudad del Paraná (Estación Túnel Subfluvial, Figura 2), construido a partir de datos tomados del Sistema Nacional de Información Hídrica. En el mismo se encuentran representadas las alturas medias mensuales para la serie histórica 1950-2022, además de los años 2020, 2021 y 2022 correspondientes a esta sequía severa y otros años donde se registraron los menores niveles históricos. Puede observarse que, en los años 1934, 1944, 1969, 2020 y 2021, durante los cuales se registraron

**Figura 3. a)** Vista del Río Paraná en la ciudad de Paraná en agosto de 2021, donde se pueden ver las barras de arena que emergieron durante la bajante histórica. Foto gentileza familia Konno. **b)** Fotografía donde se puede ver la malla protectora del túnel subfluvial expuesta a causa de la bajante histórica del Río Paraná. Fotografía publicada por el diario La Nación el 6/07/2021.

### ¿Cuál es el rol de la deforestación en los eventos de sequía?

El rol de la cubierta vegetal, las llanuras de inundación y los humedales es almacenar y retardar la escorrentía, contrarrestando en cierta medida las consecuencias de las sequías. La deforestación está aumentando a niveles sin precedentes a escala global. La deforestación antrópica, cuyo fin principal es la transformación de una región forestada en áreas para cultivos o urbanizaciones, se ha

condiciones de sequía en la cuenca del Río Paraná, los niveles más bajos ocurrieron durante los meses correspondientes a la estación seca en la cuenca media del Río Paraná (agosto, septiembre y octubre). Durante el primer trimestre del año 2022 la situación fue preocupante debido a que se registraron alturas menores en comparación, no sólo con la serie histórica (1950-2022), sino también con los otros años secos, a pesar de ser la estación húmeda de la cuenca media. Para fines del año 2022 las alturas del Río Paraná medio se encontraban

**“Si bien el evento prolongado de La Niña fue el principal responsable de la sequía extrema en la cuenca del Río Paraná, ésta se vio exacerbada por los cambios en el uso del suelo, tales como deforestación y agricultura intensiva”**

próximas a los niveles históricos. Este tipo de sequías severas afectan a la humedad del suelo, por lo que normalmente toma un tiempo hasta que las lluvias pueden contribuir de manera significativa a aumentar los caudales de los ríos y el almacenamiento en los distintos reservorios, tales como los de agua subterránea.

## ¿Qué impactos tuvo la sequía del Paraná?

Algunos de los impactos negativos de esta sequía severa en la cuenca del Río Paraná se registraron en los ecosistemas naturales, en la producción agrícola, en el transporte y en la generación de energía hidroeléctrica. Además, en los grandes humedales de la cuenca (Gran Pantanal y Delta del Paraná), la sequía prolongada favoreció que tengan lugar numerosos incendios que consumieron cientos de miles de hectáreas. En la provincia de Entre Ríos, buques quedaron atrapados en el lodo seco y numerosas barras de arena emergieron quedando a la vista (Figura 3a), atrapando a su vez grandes peces. Además, quedó expuesta la malla protectora del túnel subfluvial que une las ciudades de Paraná y Santa Fe (Figura 3b) y se vio afectado el suministro de agua potable y la pesca artesanal de comunidades cuya economía depende de ella.

Este tipo de eventos pone de manifiesto que el accionar humano está produciendo perturbaciones sobreimpuestas a la variabilidad natural, las cuales están modificando a un ritmo acelerado la dinámica del Sistema Tierra.



**Verena Campodonico**  
Doctora en Ciencias Geológicas  
Universidad Nacional de Córdoba  
Investigadora Adjunta en CICTERRA  
(CONICET-UNC)  
Docente de la FCEfN,  
Universidad Nacional de Córdoba

**BR**

### Bibliografía recomendada:

IPCC: <https://www.ipcc.ch/>

Naumann G., Podestá G., Marengo J., Luterbacher J., Bavera D., Arias Muñoz, C. Toreti, A. 2021. The 2019-2021 extreme drought episode in La Plata basin. En: Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Sistema Nacional de Información Hídrica: <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>

**G**

### Glosario

**Ciclo hidrológico:** describe el movimiento de agua (en sus tres estados: sólido, líquido y vapor de agua) entre los diferentes reservorios (atmósfera, océanos y continentes, dentro de los cuales se encuentran los ríos, lagos, glaciares, agua subterránea, etc.).

**Criósfera:** reservorio de la hidrósfera en el que el agua se encuentra en estado sólido, formando hielos, permafrost y glaciares. Alberga el 68,5% del agua dulce del Sistema Tierra.

**Efecto invernadero:** fenómeno natural por el que ciertos gases de la atmósfera (por ejemplo, dióxido de carbono, óxido nítrico y metano), retienen parte de la energía solar reflejada por el suelo, absorbiéndola y transformándola en un movimiento molecular interno que produce un aumento de la temperatura (de lo contrario sería de  $-18^{\circ}\text{C}$ ), lo que permite sostener la vida en la Tierra.

**Escorrentía:** la escorrentía superficial es aquella parte de las lluvias, despreciando lo que es retenido por la vegetación, que no es absorbida por el suelo mediante el proceso de infiltración, que fluye sobre la superficie e interactúa en forma continua con los sistemas de agua atmosférica y subsuperficial, alcanzando los cauces y saliendo de la cuenca vertiente.

**Evapotranspiración:** transferencia de agua a la atmósfera por los procesos de evaporación del agua contenida en el suelo y de transpiración del agua contenida en las plantas. La evaporación es el proceso físico que transforma en vapor el agua del suelo, ríos, lagos, mares, océanos, y el agua almacenada sobre la vegetación. La transpiración es el proceso fisiológico que realizan las plantas, a través de los estomas, para transformar el agua en estado líquido a vapor.

**Teleconexiones Climáticas:** Alteraciones climáticas simultáneas en regiones distantes producidas por cambios en la circulación atmosférica a nivel planetario o hemisférico.

*...“Por eso hay que hacerse amigo, muy amigo del Viento. Hay que escucharlo. Hay que entenderlo. Hay que amarlo. Y seguirlo. Y soñarlo. Aquel que sea capaz de entender el lenguaje y el rumbo del Viento, de comprender su voz y su destino, hallará siempre el rumbo, alcanzará la copla, penetrará en el Canto”*

El canto del viento, Atahualpa Yupanqui

## Descifrando el rumbo del viento

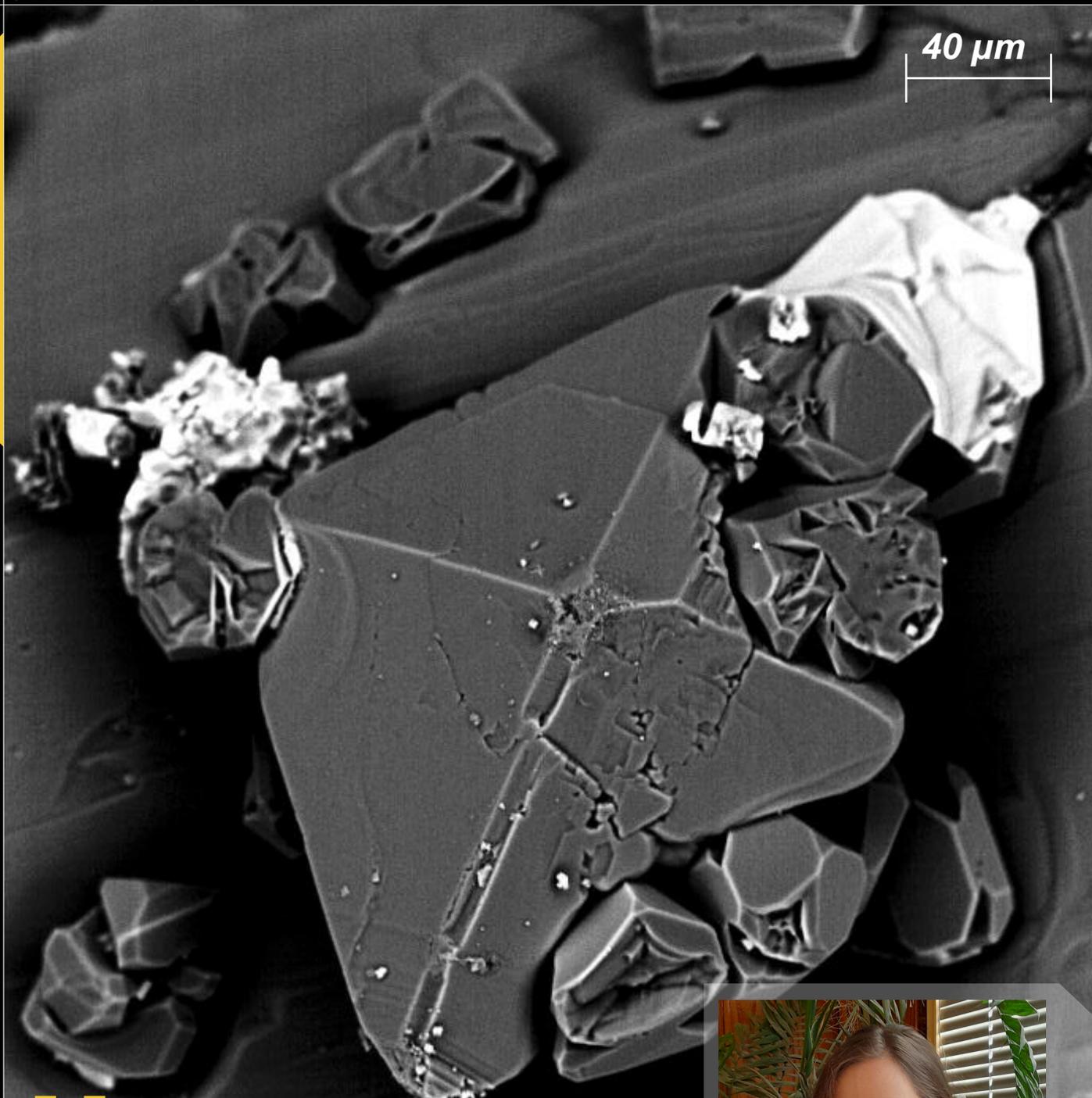
Tomé esta foto durante un viaje a la montaña, visitando el noroeste argentino (NOA), parte de la llamada “Diagonal Árida Sudamericana”. Esta región se destaca por su escasa lluvia y baja humedad en el suelo. Estas condiciones, junto con una vegetación limitada y vientos de alta velocidad, permiten que pequeñas partículas sean arrastradas en suspensión.

Si estas partículas son lo suficientemente pequeñas y las condiciones climáticas lo permiten, pueden viajar suspendidas en la atmósfera incluso a miles de kilómetros de su región de origen, hasta que se depositen.

En este viaje, estas diminutas partículas conocidas como polvo atmosférico, interactúan con el clima de varias maneras: intervienen en la formación de nubes; modifican el equilibrio térmico de la Tierra; pueden impactar en la productividad de materia orgánica en los océanos australes; y actúan como un fertilizante natural aportando nutrientes al suelo.



**Diego Montecino Jara.** Estudié Geología en la Universidad de Concepción, Chile. Actualmente realizo mi doctorado en el CICTERRA estudiando la proveniencia del polvo atmosférico acumulado en la región pampeana durante el Holoceno, sus implicancias en el clima y en la circulación atmosférica del sur de América del Sur.



## Un viaje al centro de los cristales

Parte de mi trabajo es el estudio de la estructura cristalina de minerales con concentraciones variables de litio, para identificar cómo es el ordenamiento geométrico de los átomos e interpretar el comportamiento e interacción de los iones dentro de los mismos.

El mineral de mayor tamaño de la foto se llama Tenardita y lo sintetice en el laboratorio a partir de un proceso de evaporación. Una vez cristalizado lo fotografíe con el Microscopio Electrónico de Barrido, SEM, un equipo muy útil para obtener imágenes de alta resolución de la forma y hábito de materiales orgánicos e inorgánicos.

Es muy interesante y divertido estudiar la dinámica de cada mineral, buscando desentrañar su historia interna, su estructura y apreciar la belleza de cada uno al final de su proceso de formación.



**Natalia Lavinia Chiamonte.** Soy Geóloga, egresada de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, actualmente realizo un Doctorado en el CICTERRA sobre el estudio cristalquímico de determinados minerales que se forman por evaporación en los salares ricos en litio de la Puna Norte de Argentina.

# La Ilustración Científica

Es una rama del Arte dedicada a la representación de elementos o temas que estudian las diferentes Ciencias



Mediante técnicas artísticas los ilustradores científicos dotan a las imágenes de detalles y datos precisos sobre una especie o temática en particular



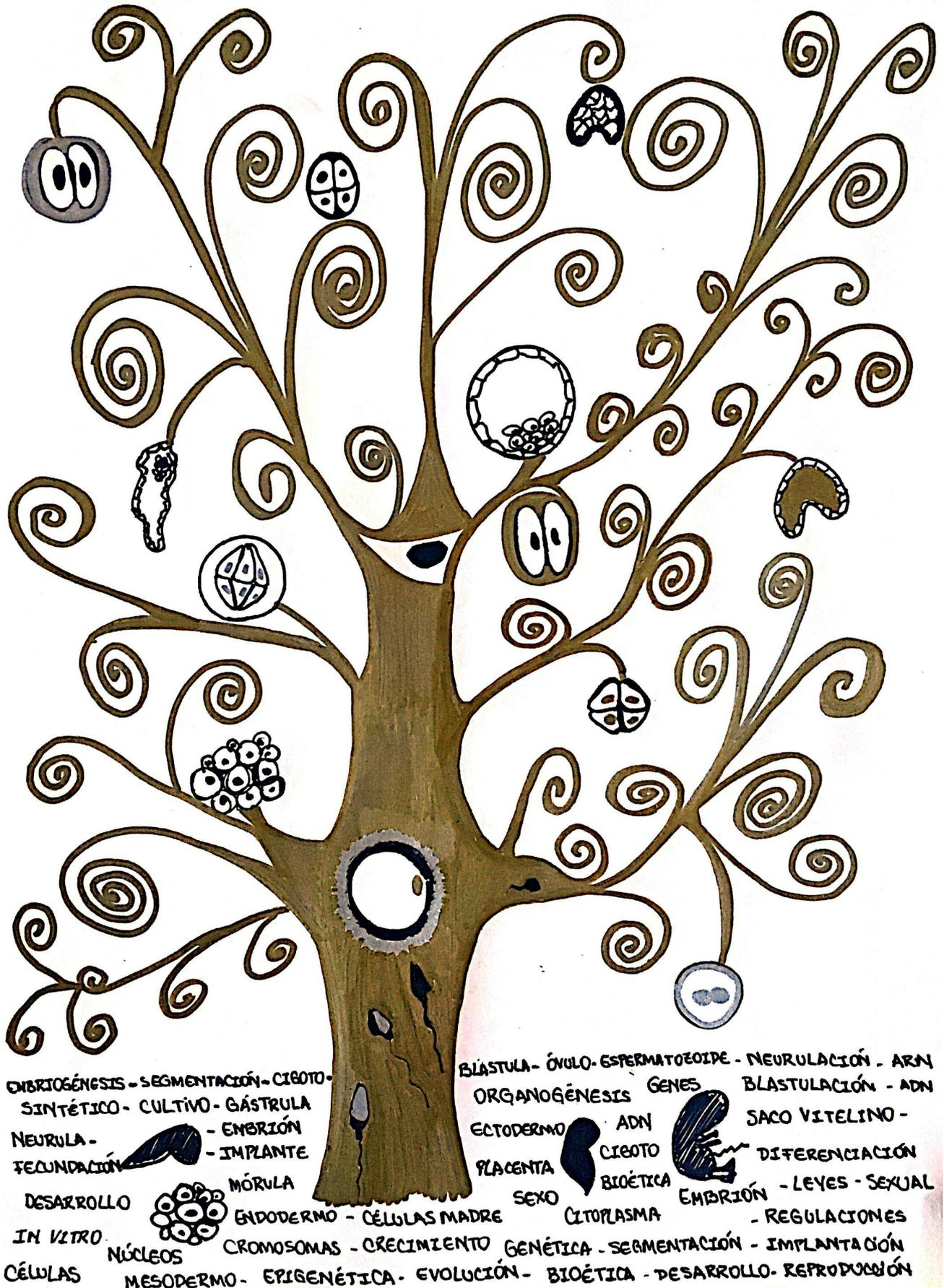
Más información: [ilustraciencia.info](http://ilustraciencia.info)

Ilustraciones científicas

Silvana Montecchiesi - Laura Ribulgo (Museo Botánico de Córdoba)  
Manuel Sosa (IDEA - CONICET - UNC)

# ¿Cuándo dejaremos de ser humanos?

El rulo intrincado entre la ética y la satisfacción del avance en el conocimiento científico



***Casi simultáneamente dos equipos de investigadores científicos lograron desarrollar un embrión humano sintético, sin necesidad de óvulos ni de espermatozoides. El objetivo fue estudiar en profundidad lo que ocurre en las primeras etapas de desarrollo. Implantar estos embriones sintéticos en un útero no está planeado en el corto plazo, además, no se sabe si el embrión llegará a término ni cuáles serían sus características en ese caso, y sería ilegal para las legislaciones de casi todo el mundo. Pero cuando el río suena...***

**Y** no nos preguntamos por las problemáticas que envuelven a las sociedades en el mundo como el cambio climático, las guerras, los conflictos sociales, la crisis del agua, la pérdida de derechos y, hasta no hace mucho tiempo, una pandemia. Nos referimos a la condición, asumida como natural, de ser nosotros consecuencia cigótica de la unión de un óvulo y un espermatozoide, consumado en un evento reproductivo.

En los últimos años, se ha tomado un mayor conocimiento sobre el agotamiento de los recursos naturales, y a pesar de los objetivos para un desarrollo sostenible planteados en la Agenda 2030 de la ONU, la solución no estaría en el cambio de actitud y un consumo responsable, sino en alternativas que permitan seguir con la canilla abierta, curar el hambre y la paz mundial, desde la comodidad de nuestras casas. Estas propuestas vienen de pensamiento y producción de laboratorio y casualmente -o no- tres de estas ideas se desarrollaron en el país que más invierte en porcentaje de su PBI en ciencia y tecnología: Israel. Sin embargo, la materia prima sigue siendo la naturaleza.

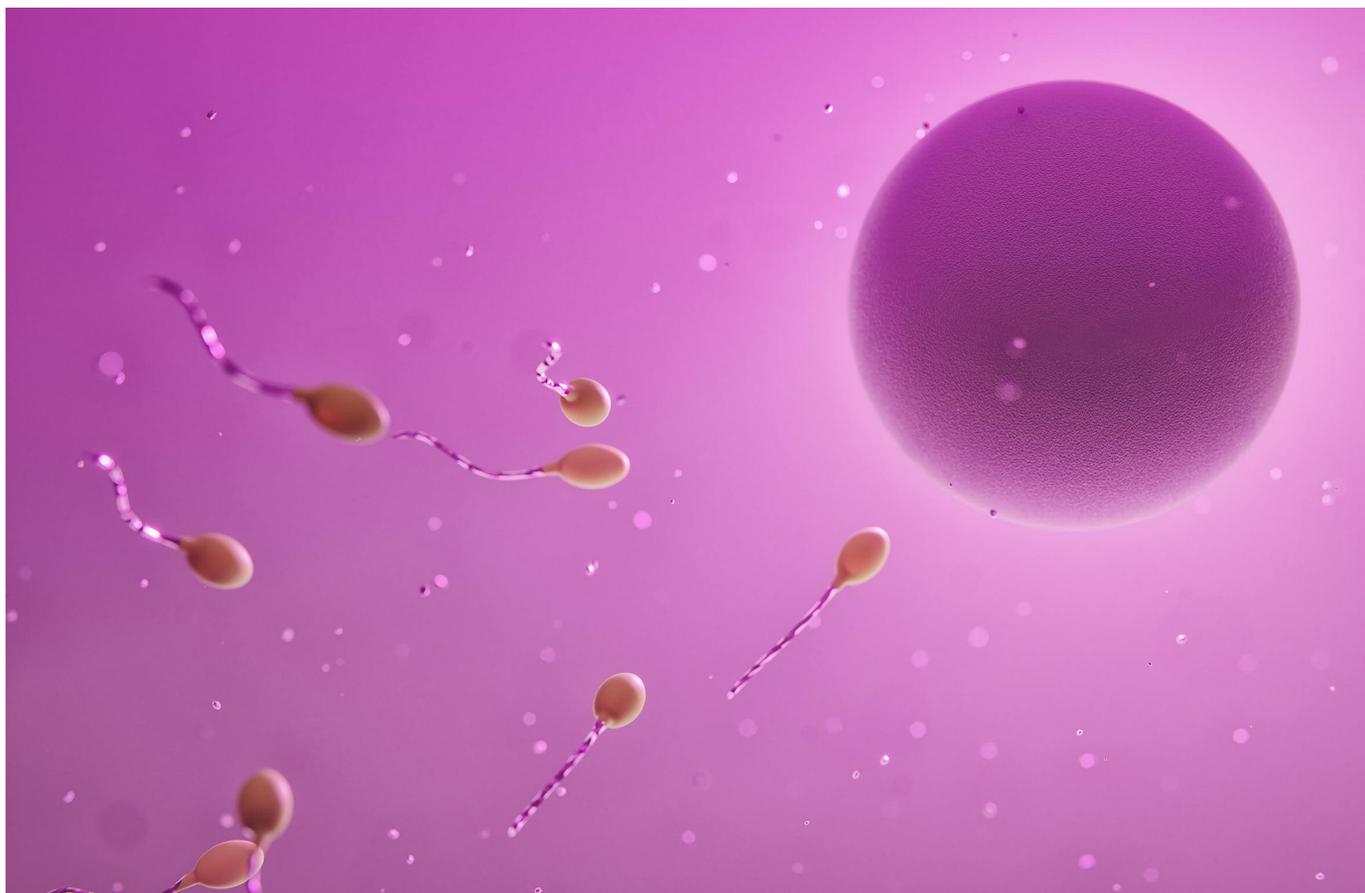
Para la crisis del agua, la empresa de tecnología avanzada Watergem, es capaz de extraer unos 900 litros a partir del aire, lo que se conoce como producción de agua potable atmosférica. Ni más ni menos que un invento de las nubes.

Hay quienes sostienen que el hambre, la deforestación y los gases de efecto invernadero cesarán con el uso de carne cultivada en laboratorio. También se la conoce como carne sintética pues se elimina al animal de la ecuación, ya que se toman células madre, se las coloca en una matriz de colágeno y se las embebe en una solución nutritiva que las induce a dividirse hasta formar grandes porciones de carne con la ayuda de un biorreactor. Funciona como la producción de cultivos de yogur.

Sin embargo, el término sintético genera controversia. La carne sintética paradójicamente proviene de células naturales que crecían de forma normal dentro de la entidad orgánica de una vaca, un pollo o un cerdo. Adquiere el adjetivo de sintético por devenir de la placa de Petri de un laboratorio y obviar procesos ancestrales como la caza y la pesca, luego la ganadería, que caracterizaron al desarrollo de las sociedades a lo largo de la historia.

### **En junio de 2023, dos equipos de científicos anunciaron que habían creado embriones humanos sintéticos**

En los últimos meses, el término sintético se ha aplicado a humanos, específicamente a embriones humanos. En el mes de junio 2023, dos equipos de científicos, uno de ellos liderado por el Dr. Jacob Hanna en el Instituto Weizmann de Ciencia en Rehovot, Israel, anunciaron que habían desarrollado estructuras similares a embriones, hechas enteramente de células madre humanas, que son más avanzadas que las que se habían alcanzado con cualquier esfuerzo anterior. Las células madre son esenciales, ya que generan otras células especializadas en el cuerpo. En condiciones adecuadas, se dividen para formar nuevas células llamadas células hijas. Estas células hijas pueden convertirse en más células madre o en células especializadas, como las neuronas, las células sanguíneas, musculares, cardíacas u óseas. Ninguna otra célula en el cuerpo puede hacer esto de manera natural. Volviendo, los embriones sintéticos se desarrollaron hasta una etapa equivalente a la de aproximadamente 14 días después de la fecundación de los embriones naturales.



**Las estructuras embrionarias que se generaron no cuentan con todos los aspectos de un embrión, pero sirven como una herramienta complementaria para el estudio del origen de tejidos específicos durante el desarrollo del ser humano**

El estudio se dio a conocer en una publicación en la revista *Nature* el último septiembre, tomando gran notoriedad y sensacionalismo. Otra vez, la materia prima es natural, la calidad de sintético viene de su origen en laboratorio.

**El desarrollo *in vivo* de los embriones humanos**

Hasta el momento, todos los humanos, a través de distintos métodos reproductivos, provenimos de la unión de un óvulo y un espermatozoide (Figura 1). El espermatozoide, con 23 cromosomas, hace contacto con el óvulo, con otros 23 cromosomas, en su camino por la trompa de Falopio,

y deposita su carga nuclear en el óvulo, siendo esta célula la que sirve de andamiaje para convertirse en cigoto, con la carga genética completa de los humanos de 46 cromosomas.

Al día siguiente de la fecundación, esa célula cigoto se divide en dos, al siguiente en cuatro y en el cuarto día tiene 16 células formando una estructura semejante a una mora, y por lo tanto adquiere la denominación de mórula (Figura 2). Luego de la mórula le siguen las fases de embriogénesis de la blastulación, gastrulación y organogénesis (Figura 3). A propósito de estas etapas, el biólogo británico Lewis Wolpert (1929-2021) que se dedicaba a estudiar los mecanismos implicados en el desarrollo del embrión, decía que el momento más importante en la vida, no es el nacimiento ni la muerte sino el de la gastrulación. Durante las etapas de desarrollo, todas las células se organizan, se reproducen, replican su ADN, evolucionan dentro de su propio ciclo celular y finalmente mueren. Tan importantes son estas etapas que podría decirse que evolución en biología significa evolución embriológica. Así, la división y organización celular prosigue hasta tener un embrión que seguirá creciendo por nueve lunas.

## El desarrollo *in vitro* de los embriones humanos

Los modelos de embriones humanos en cuestión no derivan de la unión de un óvulo con un espermatozoide sino de células madre humanas genéticamente no modificadas que se autoensamblan en células madre que forman la placenta, el saco vitelino y el propio embrión. De esta manera, los investigadores sostienen que los modelos de embriones resultantes muestran estructuras y perfiles de transcripción genética (proceso durante el cual se copia el ADN) encontrados en embriones humanos de entre 6 y 14 días después de la fecundación, hasta el inicio de la gastrulación, cuando las células que formarán el embrión se organizan en una capa entre la cavidad amniótica y el saco vitelino.

Llegados aquí nos preguntamos: si son estructuras que imitan ¿pueden realmente considerarse embriones? Una de las investigadoras colaboradoras de este estudio sostiene que estas estructuras embrionarias no cuentan con todos los aspectos de un embrión, y sirven como una herramienta complementaria para el estudio del origen de tejidos específicos durante el desarrollo del ser humano.

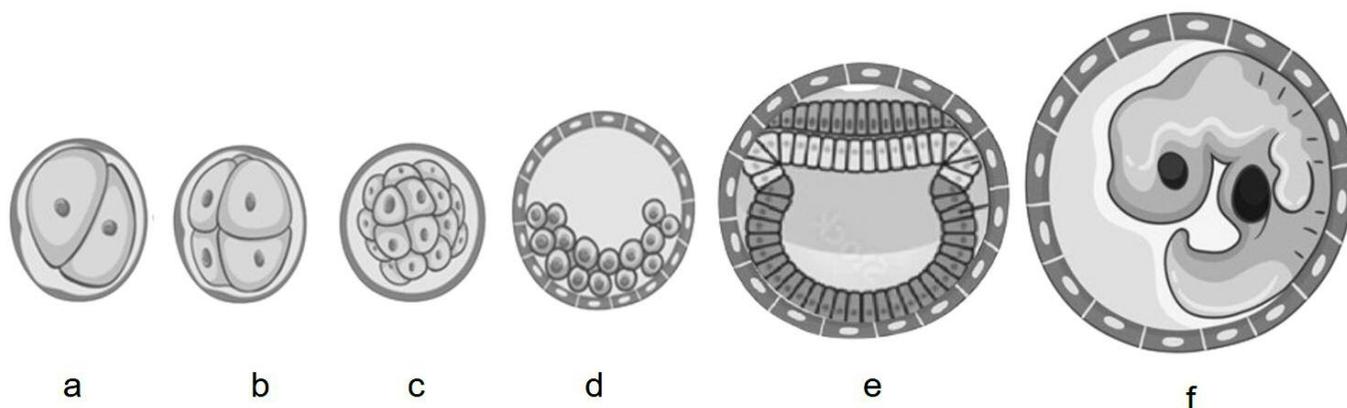
Esta cualidad de modelo o de estructura, más los títulos sensacionalistas de los portales de comunicación, es lo que ha provocado controversia en la sociedad en general y en la comunidad científica en particular. Algunos investigadores del área sostienen que lo reportado por el estudio como análogo al embrión real de 14 días, es solamente una masa de células separadas en compartimentos, pero nada parecido a la organización de un embrión. He aquí la alternativa de considerar a este embrión como un clon.

**La denominación de *estructura* es lo que ha permitido la continuidad de su estudio ya que quedan fuera de las legislaciones bioéticas referidas a la manipulación de los embriones humanos luego del día 14, por lo que resulta imperante una definición revisada del término embrión para aclarar los límites de lo posible en la investigación científica**



Imagen de una etapa temprana del desarrollo, luego de la fertilización. Imagen cedida por Elena Kontogianni, tomada de Pixabay, de uso libre.

Figura 2



**Figura 3**

**Etapas de división celular del óvulo fecundado. 3a)** Segmentación: consiste en una serie de divisiones celulares que no están acompañadas por aumento de volumen y aumento de la cantidad de material genético. **3b)** Mórula: las divisiones siguen, cada célula se divide en otras dos y forman una pelota. **3c)** Blástula: las divisiones celulares continúan, las células son pequeñas y se acomodan delimitando una cavidad interna. **3d)** Gastrulación: es el proceso en el cual empieza el aumento de tamaño, hay una reorganización de las células en tres capas llamadas capas germinales (de adentro hacia afuera, endodermo, mesodermo y ectodermo). Los primeros movimientos celulares de la gastrulación son muy parecidos en todos los animales. **3e-f)** Organogénesis: es el conjunto de cambios que permiten que las capas embrionarias se transformen en los diferentes órganos que conforman un organismo. La embriología humana define como organogénesis el período comprendido entre la tercera y la octava semana de desarrollo. Imagen libre de brgfx en Freepik y modificada

**Fomentar un cambio tan dramático en el modo en que se origina un embrión, quizás esté incitando a una transformación de la cual sabemos poco o nada de sus posibles consecuencias**

Primero deberíamos definir qué se entiende por clon. Un clon, en términos genéticos es un conjunto de seres genéticamente idénticos que descienden de un mismo individuo por mecanismos de reproducción asexual. La reproducción asexual es una forma de reproducción, tanto en plantas como en otros organismos, a través de la que se forman nuevos individuos idénticos al progenitor, sin que intervengan óvulos ni espermatozoides. En este escenario podemos hacer otra pregunta: ¿estamos ante un nuevo

mecanismo de reproducción asexual? ¿Cambiará el estatus reproductivo de nuestra especie, la del *Homo sapiens*?

Esta nueva denominación de modelo o estructura (en vez de embrión) no es inocente. Es precisamente lo que ha permitido la continuidad de su estudio ya que quedan fuera de las legislaciones bioéticas referidas a la manipulación de los embriones humanos luego del día 14. Pero, así y todo, se deben respetar las guías y regulaciones sobre el uso de células madre humanas embrionarias de la especie de la que se extraen.

Sabemos mucho sobre nuestra propia especie. También sabemos que “*evolución*” implica “*transformación*”. Fomentar un cambio tan dramático en el modo en que se origina un embrión, quizás esté incitando a una transformación de la cual sabemos poco o nada de sus posibles consecuencias.

Hasta ahora, nadie ha fabricado modelos de embriones que tengan la capacidad de convertirse en seres humanos, pero un estudio reciente en embriones de mono demostró que

dichos modelos podrían inducir el embarazo si se colocaban en el útero. No obstante, el mismo Dr. Hanna sostuvo que no se harán intentos con estos embriones sintéticos en úteros humanos. Resulta imperante una definición revisada de embrión para aclarar las cuestiones. Para otros, el único propósito de estos modelos es eludir las limitaciones actuales a la investigación con embriones.

En cualquier caso, existen importantes desafíos para crear modelos de embriones humanos que vivan mucho más tiempo.

De dónde venimos lo sabíamos con certeza.

De dónde vendremos queda en el campo de las incertidumbres.



## G Glosario

**Bioética:** El estudio sistemático de la conducta humana en el área de las ciencias de la vida y de la salud, examinadas a la luz de los valores y de los principios morales.

**Embrión sintético:** también llamados **embrioides**, modelos embrionarios o blastoides.

**Placenta:** es el órgano que durante el embarazo provee de oxígeno y nutrientes al feto en crecimiento y elimina los productos de desecho de la sangre.

**Saco vitelino:** es una estructura embrionaria en forma de saco que se desarrolla en las primeras etapas del embrión. Tiene por objetivo transferir nutrientes y oxígeno y está muy vinculado al desarrollo de la placenta.

**Sintético:** artificial, elaborado, adulterado, imitado, industrial, químico.

**Transcripción:** es el primer paso de la expresión génica que consiste en copiar la secuencia de ADN de un gen para producir una molécula de ARN.

## L Lecturas sugeridas

Barbeitos, J. Libro de la vida. Ed El Gato Y La Caja. 184pp

Tambussi CP y Herrera ML. 2023. Alboroto en el genoma humano: genes, tijeras y evolución. Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba. 180pp



### Macarena L. Herrera

Dra. en Neurociencias  
Becaria postdoctoral en Instituto de Neurociencias - CSIC - UMH  
Alicante, España



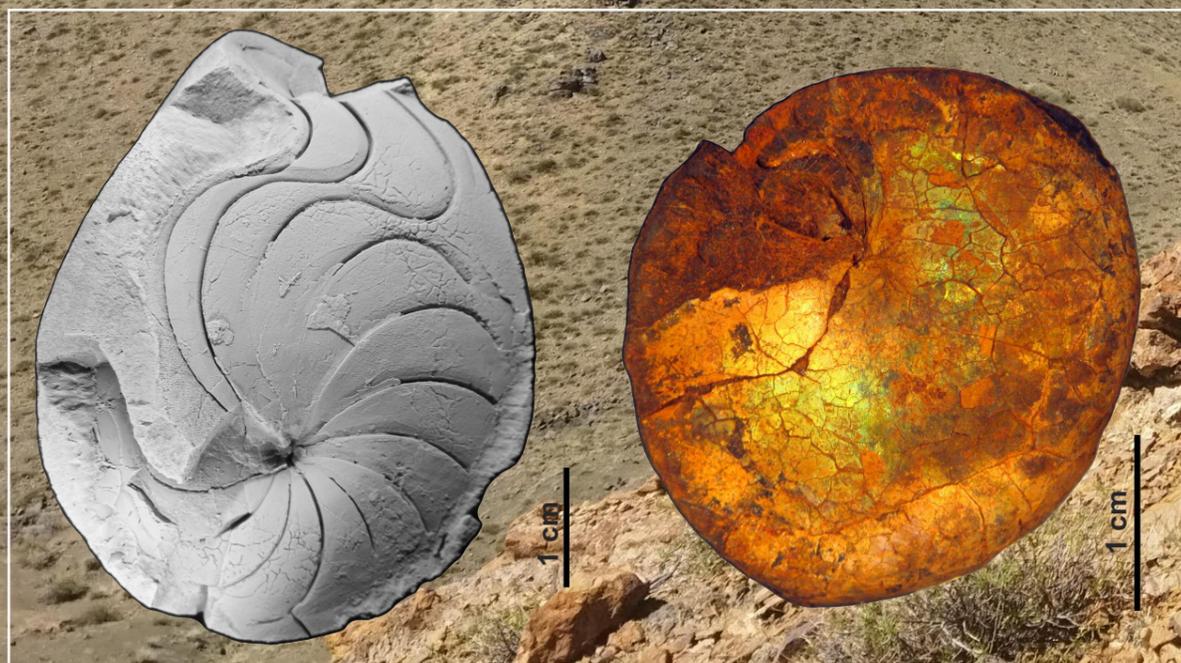
### Claudia P. Tambussi

Dra. en Ciencias Naturales  
Especialista en Comunicación Pública de la Ciencia (UNC)  
Investigadora Principal CONICET en CICTERRA (CONICET - UNC)

# Las conchillas espirales de los amonoideos son intrigantes!

Los amonoideos son un grupo extinto de invertebrados marinos que tenían una conchilla externa. Eran cefalópodos y, por lo tanto, estaban relacionados con las sepías, los calamares, los pulpos y los nautilus modernos. Vivieron durante millones de años. Aparecieron desde el Devónico temprano y se extinguieron a principios del Paleógeno, al mismo tiempo que los dinosaurios. En su momento fueron uno de los animales más abundantes de los océanos y mares.

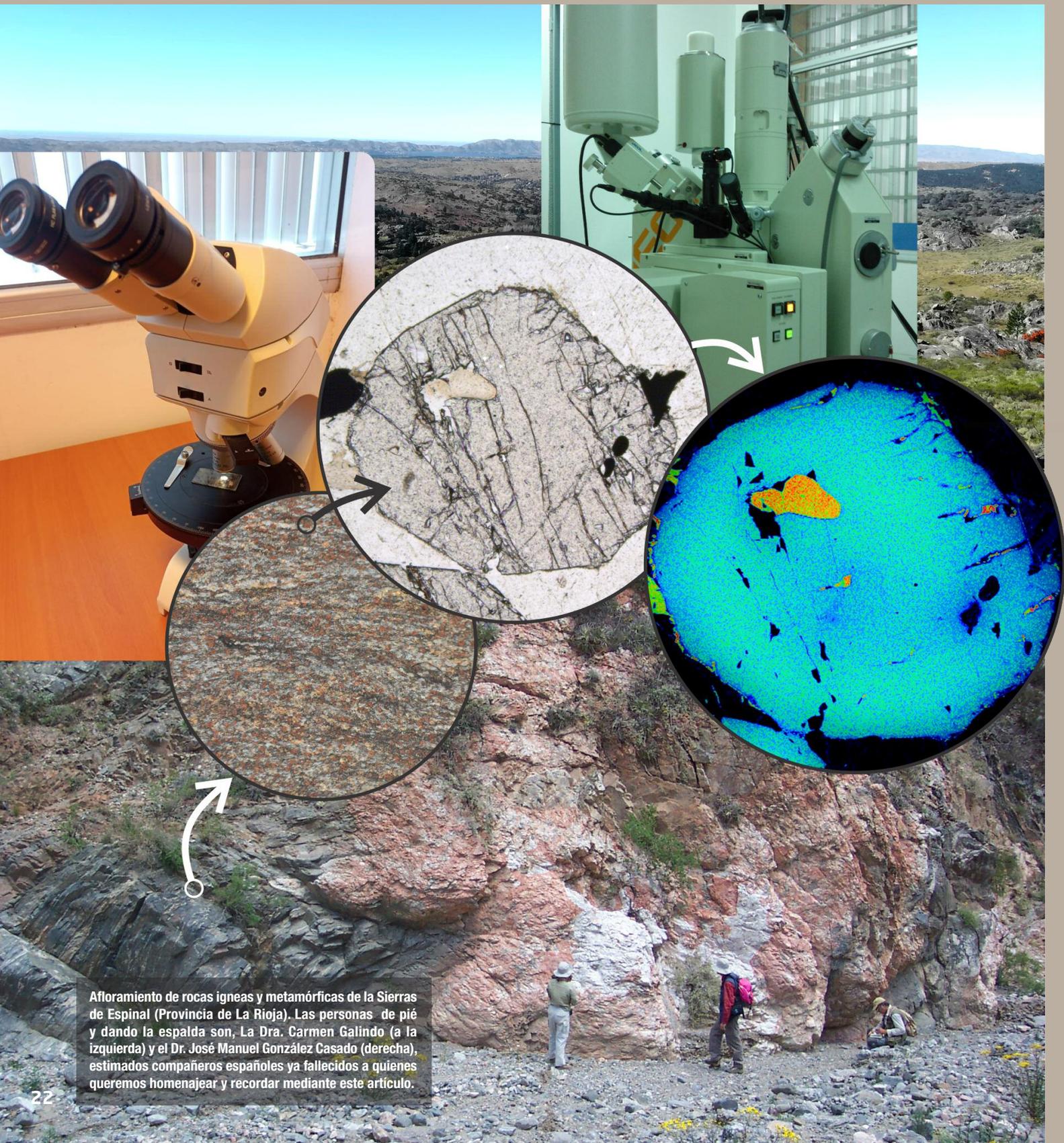
Mi estudio se enfoca en los amonoideos más primitivos. En las fotos se observan dos ejemplares del amonoideo *Epitornoceras baldisi*, una especie que se puede encontrar en la Sierra de la Punilla (Provincia de San Juan) y en la Sierra de Las Minitas (Provincia de La Rioja, fotografía de fondo). El ejemplar de la derecha tiene excepcionalmente preservada la superficie de la conchilla y se ven colores iridiscentes (es decir, que cambian los colores dependiendo del ángulo de visión e iluminación). Esta iridiscencia podría corresponder al resto de la capa nacarada de la conchilla, o podría haberse formado por alteración de los minerales originales.



**Ninon Allaire.** Paleontóloga. Soy francesa, Licenciada en Ciencias de la Tierra de la Universidad de Saint-Etienne y Magister de la Universidad de Lyon. Realicé mi doctorado en la Universidad de Lille donde empecé a estudiar los amonoideos primitivos del Devónico. Actualmente estoy realizando un posdoctorado en el CICTERRA, en Argentina, estudiando fósiles de amonoideos que provienen de las provincias de La Rioja y San Juan.

# Lo esencial es invisible a los ojos

El estudio de las rocas y sus minerales más allá de lo que vemos



Afloramiento de rocas ígneas y metamórficas de la Sierras de Espinal (Provincia de La Rioja). Las personas de pie y dando la espalda son, La Dra. Carmen Galindo (a la izquierda) y el Dr. José Manuel González Casado (derecha), estimados compañeros españoles ya fallecidos a quienes queremos homenajear y recordar mediante este artículo.

El sentido de la vista es esencial para el ser humano, siendo este el pilar de la construcción del conocimiento formado a partir de lo que miramos y observamos. Es, sin dudas, la “herramienta” que más usamos para satisfacer nuestra inagotable sed de curiosidad. Esto nos permitió evolucionar tecnológica y culturalmente, convirtiéndonos en una especie un tanto particular en el amplio inventario de seres de nuestro planeta. Las rocas y sus minerales son fuentes de información muy valiosa. Si uno sabe cómo y con qué observarlos, puede descubrir sus secretos más íntimos y reveladores, como por ejemplo, descifrar las condiciones de su formación y su antigüedad.

**A**ntoine de Saint-Exupéry en “El Principito” decía: “lo esencial es invisible a los ojos”, una frase que nos hace pensar sobre el uso cotidiano e informal de los verbos ver, mirar u observar. Estos verbos muy frecuentemente los solemos confundir y utilizar como sinónimos. Sin embargo, no es lo mismo ver algo, que mirarlo u observarlo. Ver es la acción, un tanto pasiva, que realizan nuestros ojos al receptor la luz reflejada o refractada de un objeto. Por el contrario, mirar es una acción que demanda una participación más activa del cerebro, dado que requiere prestar cierta atención a lo que se ve. Por último, observar es la acción de examinar atentamente un objeto. La diferencia entre mirar y observar radica en la intensidad de la atención que se le presta al objeto de interés.

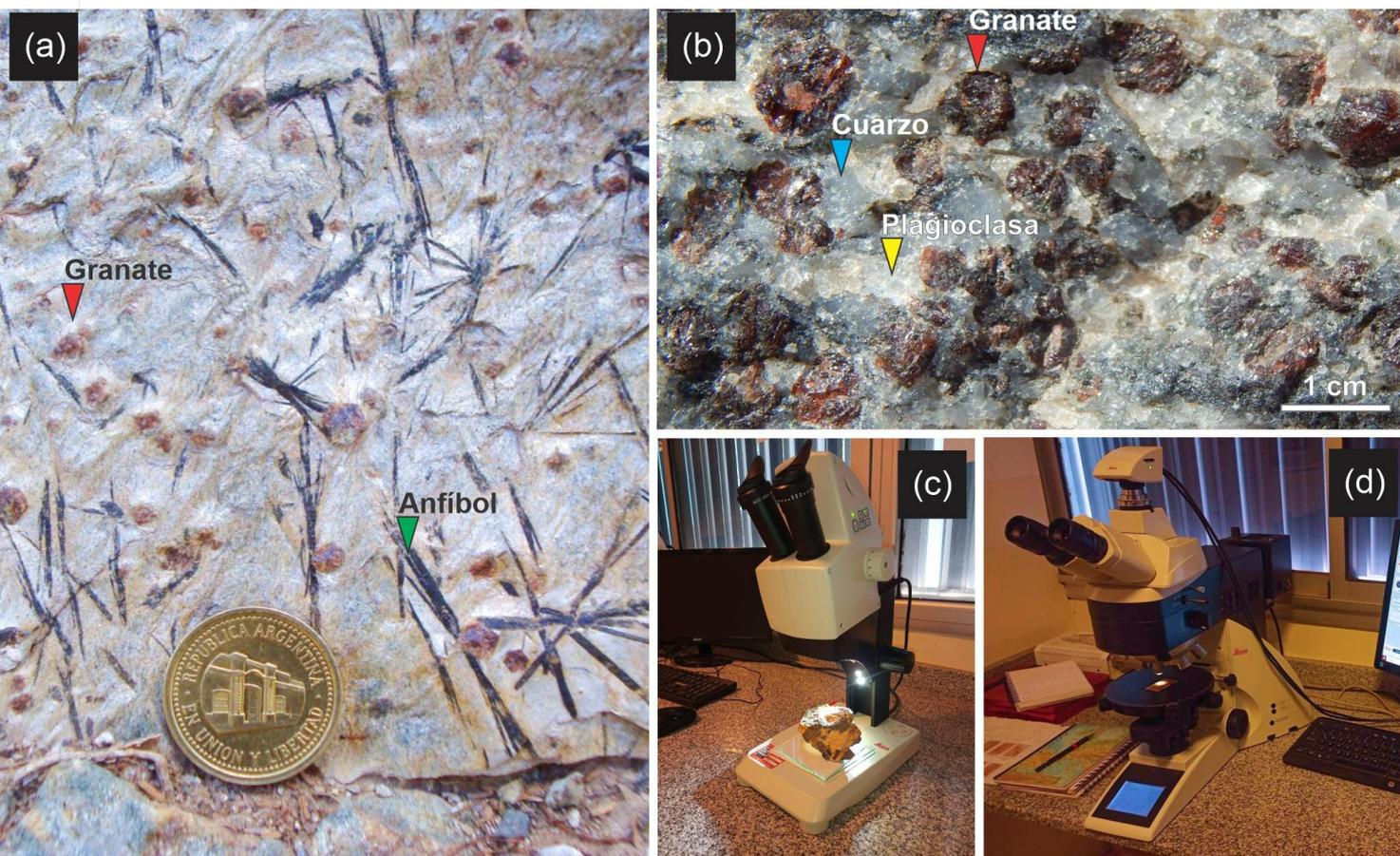
## Viendo, mirando y observando la geología

Las geólogas y los geólogos somos profesionales capacitados en la descripción y comprensión de fenómenos naturales vinculados esencialmente a la dinámica de la geósfera y biósfera, tanto actual como del pasado terrestre. Por lo tanto, no nos conformamos con sólo ver y mirar objetos y procesos naturales, necesitamos observarlos y en algunos casos reproducirlos a una escala que nos permita investigarlos profundamente. Cuando investigamos un determinado objeto, más que verlo o mirarlo, debemos observarlo detenidamente. En muchas ocasiones, la observación requiere de la ayuda de instrumentos que amplíen nuestras capacidades de registrar los atributos de estos objetos, como ser el tamaño de sus componentes. Al observar objetos con la ayuda de instrumentos específicos, como los microscopios, nos adentramos en mundos que pueden ser mucho más fascinantes e inesperados que si sólo viéramos o miráramos con la limitada capacidad de nuestros ojos.

Uno de los tantos objetos de estudio de la Geología son las rocas y los minerales, que en el lenguaje cotidiano solemos llamar “piedra”. Pero una roca no es lo mismo que un mineral, estos dos términos tienen definiciones muy distintas. Una roca es un conjunto o agregado de cristales compuestos por una o más de una especie mineral, siendo este último el caso

## Las geólogas y los geólogos somos profesionales capacitados en la descripción e interpretación de fenómenos naturales vinculados esencialmente a la dinámica de la geósfera y biósfera actual y del pasado terrestre

más común (ver Figura 1a y b). En tanto, un mineral es una sustancia o material sólido, de origen natural, inorgánico, de composición química conocida y con una estructura cristalina determinada. Expliquemos un poco más la definición de un mineral. Decir que es de origen inorgánico, significa que en su formación no interviene un organismo vivo, por ejemplo, no son considerados minerales las perlas, que se forman por la actividad biológica de ciertas especies de ostras. Se entiende por composición química conocida a los elementos químicos, y su proporción, que caracterizan a ese compuesto sólido. Como ejemplo, tomemos el cuarzo. Este mineral suele ser incoloro y transparente o blanco lechoso, o tener tonalidades amarillas (también llamado citrino) o lilas (conocido como amatista). El cuarzo está compuesto por dos elementos químicos; silicio (Si) y oxígeno (O), en proporciones de 1 átomo de silicio por cada 2 de oxígeno:  $\text{SiO}_2$ . Aunque otros elementos pueden estar presentes en proporciones muy bajas, el silicio y el oxígeno son los componentes que definen la fórmula ( $\text{SiO}_2$ ) y composición química de este mineral. Por otra parte, cuando hablamos de estructura cristalina definida, nos referimos a que esos elementos químicos se ubican espacialmente de una manera ordenada y repetitiva, generando una estructura geométrica de caras y vértices perteneciente a uno de los siete sistemas cristalinos posibles (ver Figura 2). Algo así como un ladrillo (celda unidad) que se repite una y otra vez a lo largo de toda la pared. Como ejemplo, nos podemos preguntar ¿El agua es un mineral? La respuesta depende del estado de esta sustancia. Si hablamos de agua líquida, la respuesta es no, pero si consideramos la versión sólida del agua (hielo de un glaciar), la respuesta es sí. El agua está compuesta de  $\text{H}_2\text{O}$ , y el hielo, al igual que el cuarzo, cristaliza según el sistema llamado hexagonal.



**Figura 1.** (a) Vista general de un esquist (roca metamórfica) de la sierra de Pie de Palo, San Juan.

La roca tiene un fondo de mica blanca (muscovita, de color plateado), esferas rojas de granate y fibras negras de anfíboles. (b) Vista ampliada de la roca llamada Kinzigita de las Sierras de Comechingones (Córdoba), observada bajo la lupa. Notar los granos de color rojo intenso que corresponden a cristales de granate. Los granos blancos son plagioclasa y los grises cuarzo. (c) Lupa binocular (con dos oculares) y (d) microscopio. Ambos sirven para ver rocas y minerales en diferentes escalas.

## Observando con la ayuda de lupa y microscopio

Observar detenidamente una roca requiere ampliar la capacidad de nuestros ojos, utilizando, por ejemplo, una lupa (Figura 1c), que nos permitirá descubrir que están compuestas de un conjunto de minerales. De acuerdo al grado de detalle que queremos observar, es la complejidad del instrumento que debemos utilizar. Las lupas pueden ser de diferentes aumentos, por ejemplo aumentan de 2 a 50 veces el tamaño del objeto. Esto nos permite definir la textura de la roca, es decir, caracterizar el tamaño, la forma y distribución de los cristales de aquellos minerales que la componen, como así también, otras características como color y brillo de los cristales. Pero, las lupas, resultan poco adecuadas si queremos observar minerales de tamaños mucho más pequeños, como ser cristales de varias micras de dimensiones (recordar que una micra es la milésima parte de un milímetro, o sea muy, muy pequeño para nuestros ojos). Para ver minerales muy pequeños, utilizamos un microscopio (Figura 1d), el cual nos permite aumentar hasta 500 veces el tamaño del objeto.

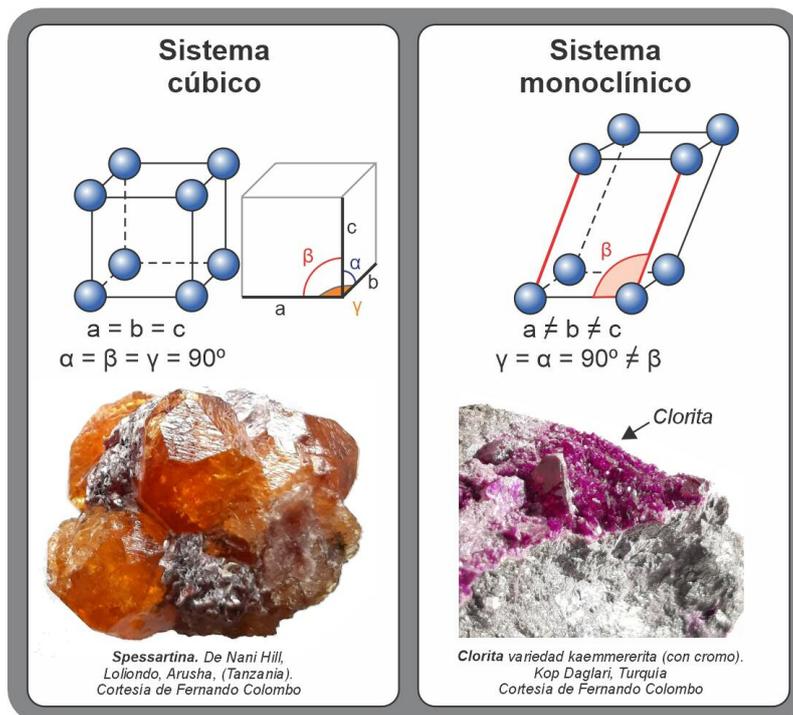
Sin embargo, ninguno de estos instrumentos, llamados ópticos, nos permiten determinar, en caso de ser desconocido, la composición química del mineral de una roca, ni tampoco su estructura cristalina. Es aquí donde entran en juego instrumentos de observación más específicos y sofisticados.

**Conocer la composición química de un material sólido, como un mineral de una roca, no es tarea sencilla. Para ello, usamos instrumentos de observación muy sofisticados que nos permiten determinar los elementos que lo componen y su abundancia con gran precisión. Con estas herramientas podemos responder complejas preguntas geológicas**

## Lo invisible a los ojos

Para ciertas investigaciones necesitamos instrumentos de observación que nos ayudan a reconocer rasgos que no pueden ser observados a simple vista, o incluso con ayuda de lupa y microscopio. Una de estas características es la estructura cristalina de un mineral. Cada átomo de cada elemento que compone a un mineral se ubica en una determinada posición dentro de su estructura, como ser, los átomos de silicio y oxígeno en el cuarzo. Para conocer este rasgo puede utilizarse un instrumento llamado Difractómetro de Rayos X, el cual permite irradiar un mineral con Rayos X y realizar una radiografía de la estructura del mismo, posibilitándonos conocer la posición de los átomos dentro de la estructura cristalina del mineral en cuestión. En cambio, si lo que queremos determinar es la cantidad de cada elemento de un mineral (composición química), podemos recurrir, por ejemplo, a un instrumento llamado Microsonda de Electrones (Figura 3a). Este equipo nos permite identificar no solo los elementos químicos que integran un determinado mineral, sino además las cantidades de estos elementos con altísima precisión.

Actualmente, en la Universidad Nacional de Córdoba contamos con todos los equipos



**Figura 2.** Ejemplos de sistemas cristalinos, en este caso los sistemas cúbico y monoclinico. En la parte superior se esquematiza la llamada "celda unidad", que representa la estructura base que se repite una y otra vez dentro de un cristal, como ladrillos en una pared. Los lados de esa celda unidad se conocen como a, b, c y los ángulos que forman entre sí se llaman  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . En la parte inferior se muestran ejemplos de minerales a simple vista que poseen los sistemas cristalinos representados binocular.

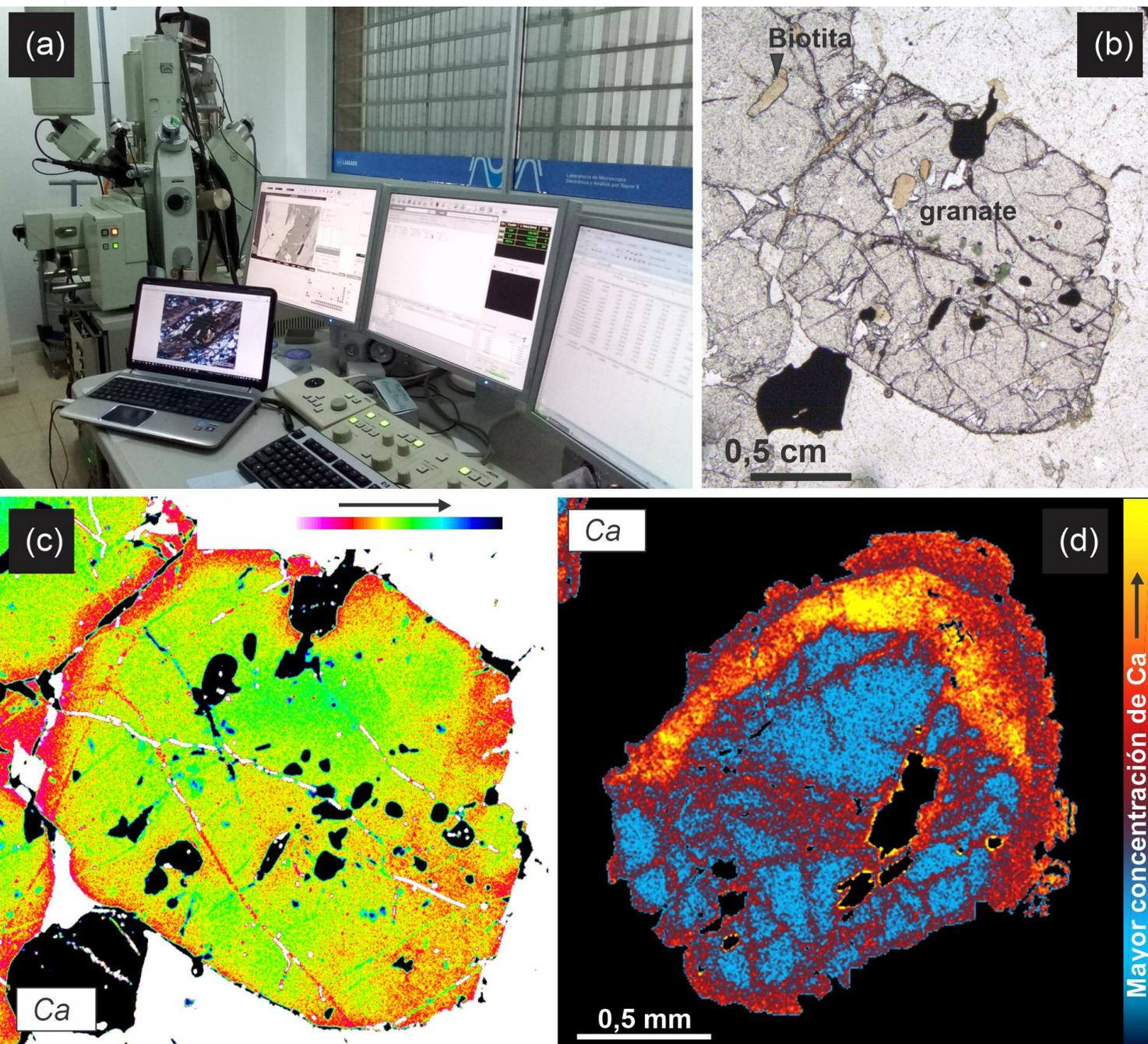
**El granate es un mineral frecuente en las rocas de las Sierras de Córdoba. Debido a su color rojo intenso (figura 1b) cuando este se desprende de las rocas, es relativamente fácil de reconocerlo en las arenas de algunos ríos de montaña que surcan nuestras sierras. Desde el punto de vista geológico, el granate aporta información muy valiosa sobre las condiciones de formación y evolución de las rocas que lo contienen, como ser la profundidad (presión), temperatura y edad a la cual se formó**

antes mencionados para la observación, a distintas escalas, de una especie mineral o una roca. En el CICTERRA (FCEFyN-UNC), se cuenta con instrumental óptico de alta resolución (lupas y microscopios), en el INFIQC (FCQ-UNC) se dispone de un Difractómetro de Rayos X y, en el Laboratorio de Análisis de Materiales por Espectrometría

de Rayos X (LAMARX, FAMAF-UNC), además de otro difractómetro, hay una Microsonda de Electrones.

## Miremos más de cerca, un mineral con mucho para contar

Las herramientas anteriormente mencionadas nos proporcionan información imposible de apreciar mediante nuestros sentidos, y en especial la vista. Un ejemplo interesante de analizar es el del mineral llamado granate, el cual nos puede contar mucho de la historia de la roca que lo contiene. El granate es un mineral frecuente en las rocas de las Sierras de Córdoba. Su color rojo intenso (Figura 1b) nos llama la atención en las arenas de algunos de los ríos de montaña que surcan nuestras sierras. Mineralógicamente, el granate es clasificado como un silicato, es decir, tiene silicio (Si) y oxígeno (O) en su composición, y cristaliza en el sistema cúbico. Químicamente es un mineral complejo. Además de Si y O, contiene aluminio (Al), hierro (Fe), manganeso (Mn), magnesio (Mg) y calcio (Ca) (ver la Ficha Mineral N° 4 de CICTERRANEA, donde se describe al granate). Cuando uno de estos elementos se encuentra en mayor concentración



**Figura 3.** (a) Fotografía de la Microsonda de Electrones (equipo ubicado a la izquierda de la imagen). (b) Vista

de un cristal de granate bajo el microscopio. Los minerales de color marrón se llaman biotita. Los minerales tales como biotita, cuarzo, plagioclasa suelen ser frecuentes de observar en las rocas de las Sierras de Córdoba; también el granate, que es muy común en las rocas metamórficas. (c) Imagen del mismo granate de la figura (b) pero en este caso mostrando la distribución zonal de un determinado componente con diferentes colores. Pero, ¿Qué significan los diferentes colores? En este caso, el color rojo indica concentraciones bajas de Calcio, en tanto que los colores amarillo y verde concentraciones mayores de este mismo componente. A estas imágenes se las llama mapas composicionales, porque nos muestran cómo varía la concentración de un elemento a través del área analizada. (d) Otro ejemplo de un mapa composicional obtenido mediante microsonda de electrones de un cristal de granate. En la imagen se aprecian las variaciones de concentración de Ca.

que el resto, podemos darle un nombre específico (se llaman también especies minerales del granate): 1- Almandino, granate de hierro, 2- Piropo, granate de magnesio, 3- Espesartina, granate de manganeso y 4- Grosularia, granate de calcio. Este mineral es muy resistente a la abrasión, por lo que se utiliza para fabricar papeles abrasivos (lijas) de diferentes granulometrías. Más allá de su utilidad en la industria, desde el punto

de vista geológico, el granate aporta información muy valiosa sobre las condiciones de formación y evolución de las rocas que lo contienen, como ser la profundidad (presión), temperatura y edad a la cual se formó. Salvo la edad, la profundidad y la temperatura se pueden conocer a partir de la composición química del granate.

Un cristal puede ser composicionalmente homogéneo, es decir, su composición es la misma en todo su volumen, tanto en su centro como el borde del cristal. A estos cristales se los caracteriza como *químicamente homogéneos*. Sin embargo, otros cristales pueden no ser homogéneos, este es el caso común de los granates, que muestran una variación de su composición desde el núcleo o centro hacia el borde, por lo que se lo llama *químicamente heterogéneos o zonados composicionalmente* (ver Figura 3c y d).

En algunas rocas, la formación de los minerales no es instantánea, por el contrario, algunos tardan miles de años en formarse completamente. La zona que conocemos como núcleo o centro representa el momento inicial de crecimiento del cristal, mientras que el borde representa su etapa final. Si analizamos químicamente la variación de las concentraciones de los cuatro componentes esenciales del granate (Fe, Mn, Mg y Ca) desde su centro o núcleo hacia el borde, podríamos determinar que la parte central del cristal contiene proporciones distintas de estos cuatro elementos en comparación a la que medimos en regiones más próximas al borde del mismo cristal. Dado que las concentraciones de estos elementos dependen de las condiciones de presión y temperatura, podemos, entre otras cosas, determinar diferencias de presión y temperatura durante la formación del núcleo respecto al borde. De manera hipotética, la composición del núcleo puede indicarnos condiciones de presión de 5 kb (kilobares) y temperaturas de 600 °C, mientras que el borde puede acusar presiones de 7 kb y temperaturas de 720 °C. De una manera sencilla, lo que nos está diciendo el granate de esta hipotética roca, es que su núcleo comenzó a formarse a unos 18 km de profundidad, mientras que su borde, lo hizo cuando la roca estaba a más presión, o lo que es lo mismo, a más profundidad, a casi 25 km (1 kb de presión equivale a casi 3,5 km de profundidad). En otras palabras, el núcleo y borde del granate nos cuentan como la roca que lo contiene, progresivamente, fue llevada a mayor profundidad, soportando cada vez mayor

presión por el peso de las rocas que lo cubren. A este fenómeno lo conocemos como engrosamiento de la corteza. Poder arribar a interpretaciones como ésta resultaría prácticamente imposible sin saber la composición química exacta del mineral a lo largo y ancho de todo el cristal.

Volviendo al comentario inicial sobre ver, mirar y observar. Para el caso del granate, la acción de ver solo nos muestra un grano de color rojo, mientras que mirar y observar con atención nos permite clasificar adecuadamente la especie mineral, sobre la cual podemos, además, determinar su composición química, conocer su zonación composicional y calcular las condiciones de presión y temperatura de formación. Así, la acción no era sólo ver, sino mirar y observar un poco más allá de las fronteras de nuestros ojos y de esta forma documentar y descubrir un universo oculto y fascinante, reconociendo que, tal como profetizaba “El Principito”, lo esencial suele ser invisible a los ojos.



### Sebastián O. Verdecchia

Dr. en Ciencias Geológicas  
Investigador Adjunto del CONICET  
Docente de la Escuela de Geología  
FCEfYN  
Universidad Nacional de Córdoba



### Edgardo G. A. Baldo

Dr. en Ciencias Geológicas  
Investigador Principal del CONICET  
Docente de la Escuela de Geología.  
FCEfYN  
Universidad Nacional de Córdoba

## BR Bibliografía

Verdecchia, S.O., Ramacciotti, C.D., Casquet, C., Baldo, E.G., Murra, J.A. y Pankhurst, R.J., 2022. Late Famatinian (440 - 410 Ma) overprint of Grenvillian metamorphism in Grt-St schists from the Sierra de Maz (Argentina): phase equilibrium modelling, geochronology and tectonic significance. *Journal of Metamorphic Geology*, 40 (8): 1347-1381.

### Bibliografía recomendada:

Saint-Exupéry, Antoine de, 1943. *El Principito*. Publicaciones y Ediciones Salamandra, S.A., Barcelona, 2000, 120 pp.

## G Glosario

**Biósfera:** se refiere a la capa de la Tierra en la que se encuentra la vida. Incluye todos los organismos vivos, sus interacciones y su entorno físico en la superficie de la Tierra, en la atmósfera y en los océanos.

**Geósfera:** es la parte sólida de la Tierra, que incluye las capas que componen nuestro planeta: la corteza, el manto y el núcleo. Esta capa está compuesta principalmente por rocas y minerales.

**Roca Metamórfica:** Tipo especial de roca que se genera por la transformación textural y mineralógica de una roca previa debido a cambios en las condiciones de presión, temperatura o ambiente químico.



# D

## esentrañando los misterios de la corteza terrestre

Las Sierras de Córdoba constituyen una serie de cordones montañosos conformados por rocas ígneas y metamórficas muy deformadas. Las claves para entender su compleja historia geológica podrían encontrarse en las rocas formadas a mayor profundidad conocidas de las Sierras: las migmatitas.

Para mis investigaciones estudié el extremo sur de la Sierra Chica de Córdoba, donde aflora un grupo de migmatitas denominado Segunda Usina. Junto a mi grupo de trabajo, realizamos campañas geológicas de muestreo y relevamiento de datos estructurales, aplicando métodos cartográficos, realizando descripciones petrográficas, análisis geoquímicos de roca total y química mineral, geotermobarometría, modelado de equilibrio de fases y geocronología, orientados a reconstruir la historia termotectónica de este sector de las Sierras de Córdoba.

*"El experimento ya está hecho..."* Es un privilegio que la tectónica de placas nos ha concedido. La curiosidad y perspicacia de cada geólogo@ que se atreva a indagar con mayor profundidad, permitirá desentrañar un fragmento de la historia geológica de nuestras Sierras, que aún se está por contar.



**Franco Agustín Alvarez.** Soy Geólogo, egresado de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, actualmente realizo mi doctorado en el CICTERRA, trabajando en la reconstrucción de la historia termotectónica de las Sierras Pampeanas de Córdoba.



# EL GRAN VIAJE

## Una aproximación al turismo científico

Por Guillermo Goldes

En un mundo fuertemente interconectado, las posibilidades de viajar aumentan. Hemos visto, un tanto azorados, que ya ha habido unos pocos turistas espaciales. Multimillonarios, claro. Sucede que cuando viajamos por voluntad y deseo propio, asumimos un estado de ánimo particular, abierto a conocer realidades nuevas para nosotros, o a visitar otras que quedaron en nuestros recuerdos de viajes anteriores. Durante los viajes queremos conocer, y solemos predisponernos de manera receptiva; estamos ávidos de informaciones, opiniones, historias, que en otros momentos pasaríamos por alto. Así, nos transformamos en exploradores momentáneos.

Todos somos, hemos sido o seremos viajeros. Los viajes forman parte de nuestra cultura y de nuestro imaginario máspreciado. Durante nuestros periplos, más o menos fugaces, nos transformamos en exploradores. Incluso, quizás, retomamos la exploración que, cuando niños, ejercitamos sin tapujos. En parte por eso, la experiencia turística brinda un marco ideal para vincularnos con la investigación científica y para comunicar ciencia.

Y, ¿qué hacen los exploradores? Pues *investigan* el entorno. Por eso afirmamos que la experiencia turística brinda un marco ideal para entablar procesos de comunicación y aprendizaje de la ciencia. Que se basan, en definitiva, en relatos interesantes que nos hablan de la investigación acerca del entorno.

## Haciendo las valijas

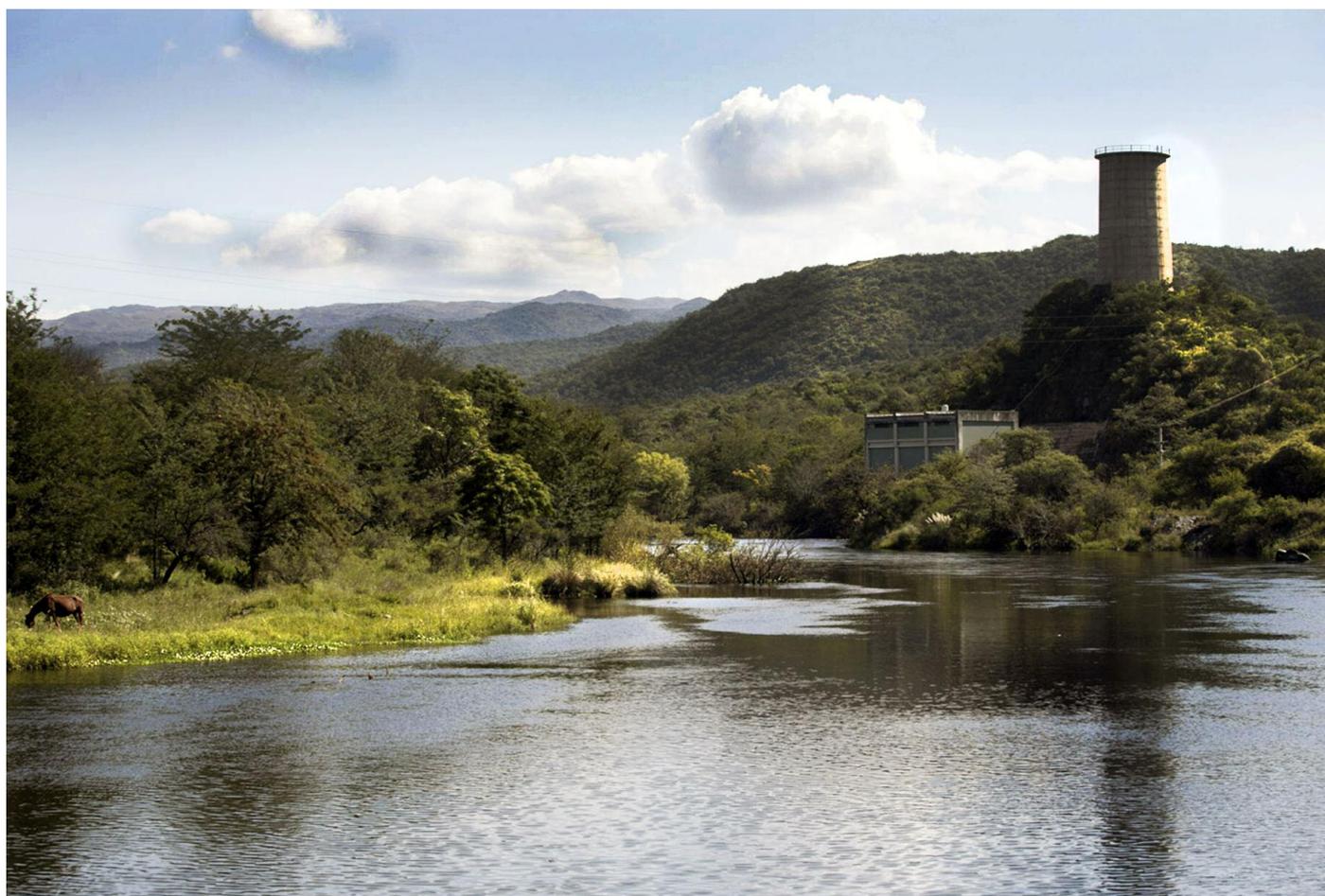
En general nuestros viajes comienzan mucho antes de partir. Solemos llevar adelante una etapa inicial de planificación, que puede considerarse parte del viaje en sí mismo por cuanto nos ponemos ya en situación, pensamos escenarios, disfrutamos o tenemos ansiedad por adelantado. El inicio del recorrido, que puede parecerse o no a lo imaginado, marcará un pequeño hito en nuestra vida cotidiana. Luego vendrá el regreso. Pero no termina allí la experiencia viajera; se prolongará en el tiempo bajo la forma de recuerdos, fotos, contactos, historias. Seguramente habrá faltantes, que motivarán nuevos viajes en el futuro.

Toda esa estructura y su logística proporcionan una narrativa ideal para todo tipo de relatos: literarios, cinematográficos, en fin, divulgativos. Sí, también para relatos relacionados con la ciencia y la tecnología. En la medida en que los conocimientos científicos hayan sido puestos en valor durante el viaje, asociados de manera inteligente con los escenarios recorridos y con las experiencias vividas, podrán funcionar como hitos, como anclajes del recuerdo. Para eso tenemos que abrirnos a todas las *emociones* de la propia experiencia exploratoria, e intentar ponernos en el lugar de investigadores. Recrear así la pasión de la búsqueda, la imaginación de las hipótesis, el placer del descubrimiento, la incertidumbre por los resultados, o la desilusión que sobreviene cuando éstos son adversos. No hace falta insistir en la idea de la empresa científica como gran viaje intelectual -aunque no solo intelectual- ni sobre los pequeños recorridos que los investigadores emprendemos con cada nuevo proyecto. Las

analogías se muestran por sí mismas. Por eso nos resulta natural pensar en términos de turismo científico.

***Afirmamos que la experiencia turística brinda un marco ideal para entablar procesos de comunicación y aprendizaje de la ciencia. Que se basan, en definitiva, en relatos interesantes que nos hablan de la investigación acerca del entorno***

Asociar turismo y ciencia reabre una posibilidad casi olvidada: la de re-vincular el conocimiento científico a sus bases locales: su relación indisoluble con el territorio. No hay viaje sin territorio, ni sin los habitantes locales del territorio. Explorar esos territorios con una mirada curiosa buscando comprenderlos, y conocer a sus pobladores intentando sentir, fugazmente, como ellos, nos permite volver a relacionar las formas interpretativas de la ciencia con lo concreto. Y escapar, momentáneamente, de las pretensiones de universalidad, que muchas veces nos alejan del *aquí y ahora*. Es claro que vincular actividades turísticas en el territorio con procesos y resultados de investigación que allí se desarrollan o desarrollaron es una estrategia del tipo *win-win*. Los prestadores turísticos buscan siempre, ansiosamente, nuevas historias para fascinar a los viajeros. Los investigadores y los comunicadores de la ciencia nos ofrecen un repositorio inacabable de materiales especialmente aptos para esa tarea. Tienen además una actitud de respeto hacia la veracidad de los relatos, que puede ser un diferencial importante como aporte a las actividades turísticas. Y los turistas tienen -tenemos- una enorme avidez de experiencias enriquecedoras que nos permitan elevarnos sobre lo cotidiano. A decir verdad, todos los involucrados tenemos una necesidad imperiosa de nuevos escenarios y estrategias que impacten favorablemente en nuestras vidas. El turismo científico es una oportunidad privilegiada. *Win-win*.



Las instalaciones de generación de energía eléctrica, activas o abandonadas, son escenarios privilegiados del turismo científico.

## En otras latitudes

No hemos precisado hasta aquí qué queremos decir con *turismo científico*. No es casual. No existe aún un consenso definitivo acerca de sus límites. En varios países del mundo se ofrecen alternativas de turismo científico utilizando ese rótulo conceptual, aunque sin delimitarlo demasiado. En España hay numerosas iniciativas, también en México, en Brasil, en Chile. En la mayoría de los casos se acepta que se trata de una relación amplia y con límites un tanto difusos entre turismo y ciencia/comunicación de la ciencia. Algunos autores piensan que debería restringirse la denominación de turismo científico a las contadas actividades en las que los visitantes participan ellos mismos, con guía adecuada, en procesos de investigación acotados en el territorio.

Preferimos aceptar una idea menos excluyente y más amplia: la que incluye bajo este rótulo a todas las actividades en que se evidencia una interacción marcada entre visitantes que se hallen fuera de su lugar de residencia con instalaciones técnicas o científicas, proyectos de investigación, centros de interpretación, museos de ciencia, sitios históricos asociados a hechos científicos, etc. Es notorio que muchas de esas actividades se vienen realizando desde hace mucho tiempo, aunque sin el paraguas unificador del concepto *turismo científico*. Entre esas actividades podemos citar: visitas a observatorios,

**Los prestadores turísticos buscan siempre, ansiosamente, nuevas historias para fascinar a los viajeros. Los investigadores y los comunicadores de la ciencia nos ofrecen un repositorio inacabable de materiales especialmente aptos para esa tarea. Tienen además una actitud de respeto hacia la veracidad de los relatos, que puede ser un diferencial importante como aporte a las actividades turísticas. Y los turistas tienen, claro, una enorme avidez de experiencias enriquecedoras**

parques nacionales, laboratorios de investigación, museos de ciencia, excursiones para fotografiar aves y muchas otras. La condición que consideramos necesaria para catalogarlas como actividades de turismo científico es que sean supervisados por investigadores o instituciones científicas.

## En Córdoba

Si nos acercamos hoy a una agencia de viajes preguntando por alternativas de turismo científico, probablemente se nos queden mirando de forma curiosa. La idea no está consolidada, aún. Sin embargo, algo está surgiendo, de la mano de diferentes actores, y en particular del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia y de la Agencia Córdoba Turismo. Hace algunos años, el MinCyT financió un proyecto comunicacional que, aun en su modestia, comenzó a mostrar la necesidad de abordar la temática. Se trató de la *Guía Fotográfica de Turismo Científico de Córdoba*. Luego, en 2021, el propio MinCyT organizó, en plena pandemia, las *Jornadas de Turismo Científico para el Desarrollo Regional*, con actores locales y expertos de otros países. Y en 2022, lanzó el programa de *Astroturismo*. Se trata de una variante de turismo científico en la cual el centro de la actividad recae en la observación del cielo, con la guía de especialistas, así como en la articulación con las visitas, preexistentes, a los observatorios profesionales de Córdoba. Y no es poco, para empezar. Ya existe una lista de prestadores habilitados, información disponible en las agencias, difusión, y hasta un programa de capacitación para guías, en el cual participa la UNC. Además, hay en curso Trabajos Finales de la Licenciatura en Turismo de la UPC centrados en *Astroturismo en Córdoba*.

Es, probablemente, sólo el primer paso, y hay en vista otros que seguirán. Es necesario destacar que para desarrollar un producto turístico se requiere, entre muchas otras cosas, articular, vincular las propuestas dispersas relacionadas, de manera de poder ofrecer rutas integradas y toda la estructura de soporte necesaria para que funcionen. Así, el visitante no tendrá que coordinar

visitas por su cuenta con diferentes interlocutores, con todas las dificultades que eso implica. Y tendrá información clara, fácilmente disponible. Para que no se le queden mirando...

## Algunas rutas posibles

Los comunicadores de la ciencia proponen y desarrollan contenidos para el turismo científico. Los prestadores de turismo las estudian y, eventualmente, las ofrecen. Pero claro, son los turistas los que, finalmente, las adoptan como propias. Entre las rutas e iniciativas propuestas en nuestro medio, vamos a mencionar: una (o más de una) ruta de la energía. La más accesible sería la del río Suquía, que contaría como estaciones o paradas: la usina La Calera, la central San Roque, el Museo Usina Bamba, cercano a inaugurarse en el sitio de la primera hidroeléctrica del País, el Museo Usina Molet, que ya tiene más de una década de funcionamiento, para finalizar en la zona del dique San Roque. Se trata de un circuito de pocos kilómetros que parece resumir las bases de la Córdoba industrial a través de la historia del dominio del agua y de la generación de energía. Un segundo circuito de la energía podría sin dudas llevarse a cabo siguiendo el rosario de centrales que jalonan el curso del río Ctalamochita y sus afluentes. Los extremos de ese recorrido serían la central en caverna de Río Grande que es, a la sazón, la mayor

generadora de la provincia, y la Casa de Piedra, antigua central que hoy yace bajo las aguas del lago Piedras Moras. En cuanto al espacio y la observación de los cielos, sería relativamente sencillo crear una ruta que vincule: el Observatorio Astronómico de la UNC, el Museo Aeronáutico de Tecnología Aeroespacial (ambos en la ciudad de Córdoba), y la Estación Espacial Teófilo Tabanera de la CONAE en Falda del Cañete. Unos kilómetros más de recorrido nos llevarían a Bosque Alegre, y ya sobre la Pampa de Achala podríamos visitar la Estación Santo Tomás, un sencillo hito que demarca el lugar de lanzamiento del primer cohete espacial en Argentina, allá por 1961.

En las Salinas Grandes del Nor-Oeste de la provincia, lugar frecuentado por quienes gustan del turismo de aventura, se podría implementar un circuito de la Sal. Como éstos, se pueden imaginar muchos otros circuitos, de gran interés potencial en la medida en que se puedan realizar de manera articulada, para satisfacer todos los gustos. Patrimonio ferroviario, volcanes, zonas naturales protegidas, se integran a esa lista hipotética.

Los viajes forman parte de la vida de todos. La ciencia también, aunque de forma menos evidente. Es hora de vincular esos dos mundos, para enriquecer la práctica turística y para *oxigenar* la comunicación de la ciencia.



### Lecturas sugeridas

Red de Turismo Científico.

<https://scientific-tourism.org/turismo-cientifico/>

Turismo Ciencia.

<https://turismociencia.unc.edu.ar>

### Guillermo Goldes

Dr. en Astronomía  
Mgter. en Museología,  
comunicador científico  
Profesor de FAMAFA UNC  
Prosecretario de Comunicación  
y Divulgación Científica FAMAFA

Foto de perfil:  
Evangalina Minuzzi Fahn



# Economía circular: separar residuos para generar recursos

Por Fernanda Serra

En Argentina se producen 1,15 kilos de residuos por persona todos los días, aunque parezca poco, resulta en alrededor de 45 mil toneladas diarias de basura en nuestro país. Esta cifra ya es alarmante, ahora bien (y más alarmante aún), ¿a dónde se acumula? Los centros de disposición final, denominados *rellenos sanitarios*, conforman una depresión en el terreno donde se depositan los residuos luego de ser tratados. Se encuentran alejados de las áreas urbanas para evitar vulnerar la calidad de vida de la población; sin embargo, representan grandes fuentes de gases de efecto invernadero, incluso cuando se hace de manera controlada. Esto sucede porque el material orgánico, al encontrarse enterrado, se descompone liberando metano, un gas de efecto invernadero más potente que el ya conocido dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A su vez, el 43% de los residuos se acumulan en basurales a cielo abierto sin los controles y medidas necesarias. Frente a este escenario de economía de consumo y gestión de residuos lineal (es decir, el esquema producir – consumir – desechar), promover la economía circular es verdaderamente revolucionario (y necesario).



## Pero entonces, ¿qué es la economía circular?

La economía circular es un nuevo paradigma que busca revisar y transformar nuestra manera de producción y consumo. Representa una solución colectiva y virtuosa, que permite aprovechar los residuos como materia prima para darles otra vida y devolverlos al mercado con una nueva forma. De esta manera, reducimos nuestros desechos y extraemos menos bienes naturales del planeta. Además de cuidar el medio ambiente, esta filosofía trae aparejada otros beneficios, genera puestos de trabajo, crea productos sustentables y construye una cultura de consumo consciente y responsable.

El reconocimiento del cambio climático como un problema a enfrentar y el impulso de estrategias sustentables en la producción se convirtieron en ejes de la economía local. En Córdoba, como en diferentes provincias y municipios, se conducen políticas de promoción de la gestión integral de residuos bajo el paradigma de Economía Circular. En el 2021 se organizó el primer Clúster de Economía Circular del país fomentado por la Municipalidad de Córdoba (Ente BioCba), que reunió a pymes, emprendedores, universidades (entre ellas la UNC) y entidades vinculadas al desarrollo de la innovación y la tecnología. Sus objetivos son favorecer la sustentabilidad para reducir los residuos urbanos generados y fomentar hábitos sustentables de consumo e introducir nuevos modelos de producción que promuevan la circularidad de los materiales. De estas iniciativas nacen l@s Recuperadores Urbanos.

## ¿Quiénes son l@s recuperadores urbanos?

Una gestión sostenible de los recursos, integrando diversas líneas de acción y acompañada de la inclusión social, permite fortalecer el trabajo de las cooperativas de recicladores y recicladoras. En Córdoba, el trabajo diario de los recuperadores ya es visible. Con sus chalecos y carros celestes retiran de manera organizada el material celulósico (cartones, papeles, cartulinas) del área central de la ciudad, para insertarlo nuevamente en el sistema productivo, creando valor a partir de la reutilización y reciclado de materiales bajo la filosofía de Economía Circular.

## ¿Qué podemos hacer desde casa?

¡Más del 40% de los residuos domésticos son reciclables! Modificando pequeños hábitos podemos lograr entre tod@s un gran cambio: Reducir, compremos sólo lo realmente necesario; Rechazar, no compremos plásticos de un solo uso; Reutilizar, aumentemos la vida útil de los productos, y a los residuos los Reciclemos! La separación en origen se trata de separar los elementos reciclables de los que no lo son. El primer paso es tener en nuestras casas dos contenedores, uno para orgánicos (utilizable para compost) y otro para inorgánicos. De estos últimos, el plástico, metal, cartón, papel y vidrio sirven para hacer nuevos productos. Acordate que tienen que estar limpios y secos.

¡Hay much@s emprendedores haciendo cosas maravillosas!

Te dejamos algunos links para que puedas vistiral@s:

**@3.c.construcciones** El proyecto 3C construye casas ecológicas y sostenibles de calidad.

**@iki.\_gai** Gris y Fede crean indumentaria a partir del reciclaje de prendas, generando una vestimenta única y ecológica

**@marielagiuini** Mariela es arquitecta y realiza talleres de arte con materiales reciclados en el Centro de día Krüppal

**@onduleof:** elaboran juguetes con cartón reciclado, reduciendo así la generación de basura

Si querés saber que se está haciendo en Córdoba podés visitar: <https://ambiente.cba.gov.ar>  
<https://cordoba.gob.ar/areas-de-gobierno/secretaria-de-ambiente-sustentable-y-economia-circular/>  
<https://biocordoba.cordoba.gob.ar>

¡Sumate a la Economía Circular!

La sequía extraordinaria  
del Paraná



¿Sabés qué le  
paso'?

Se quedó esperando  
que pase La Niña

# 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?

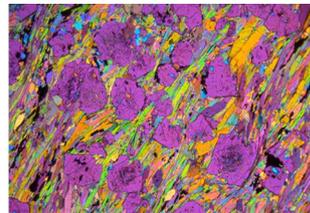
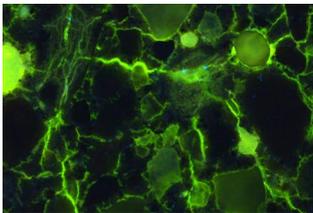
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas vinculados con las Ciencias de la Tierra en general, incluyendo Geología Endógena y Exógena, Geoquímica, Geofísica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión, comunicación pública de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

## ¿Quiénes somos?

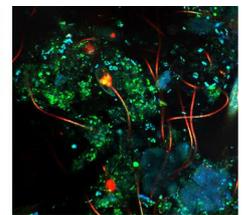
Somos miembros de la Carrera del Investigador Científico y del Personal de Apoyo de CONICET, Profesores e Investigadores de la UNC, Becarios Doctorales y Posdoctorales del CONICET o FONCYT y Personal Administrativo. En la actualidad el CICTERRA cuenta con una planta de más de 100 integrantes. El Centro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

## Líneas de Investigación

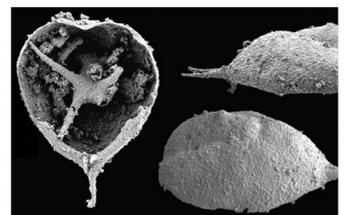
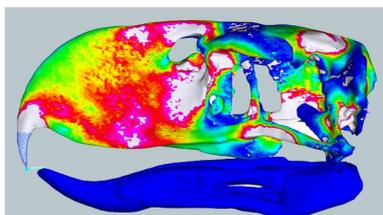
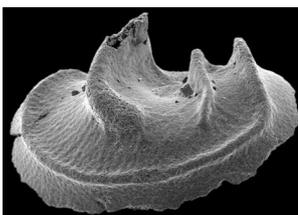
### Dinámica de la litósfera – astenósfera



### 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.



# CICTERRÁNEA

- Revista de Comunicación de las Ciencias de la Tierra -

Nuestro planeta es un sistema dinámico sorprendente. Desentrañar su pasado, entender los procesos actuales y predecir qué podría suceder en el futuro son algunos de los grandes desafíos de las Ciencias de la Tierra. Numerosos fenómenos que ocurren en el planeta tienen una influencia directa en nuestra vida cotidiana. Hoy la sociedad es testigo de controvertidos debates acerca de los cuales las Ciencias de la Tierra tienen mucho que decir. Es nuestra intención ofrecer al lector elementos que contribuyan a reflexionar y forjar una opinión sobre estos temas. Además, comprender cómo funciona este complejo planeta es, simplemente, un placer que esperamos poder transmitir a través de estas páginas.

Ediciones anteriores:



<https://cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/>  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cicterranea>

Seguinos en:

