



CICTERRÁNEA

- Revista de Comunicación de las Ciencias de la Tierra -

ISSN 2618-2122

Yacimientos de Litio

El fin del reinado de los
combustibles fósiles

Viaje al interior de la Tierra

Conociendo los secretos de las
Sierras de Córdoba

Lo que el mar se llevó...
¡y dejó!

Más que adornos en la playa



COMITÉ EDITORIAL

Editoras responsables

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

Comité editor

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

Diagramación y diseño gráfico

Paula Benedetto

Corrección de estilo

Dr. Alberto M. Díaz Añel

Foto de Tapa: bajando desde la cima del cerro Champaquí, hacia Villa Alpina, en la Sierra Grande de Córdoba (Autor: Matías M. Morales Cámara).

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
www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/

Seguinos en:  



C I C T E R R A



Director: Dr. Edgardo Baldo
Vicedirector: Dr. N. Emilio Vaccari

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

El cuarto número de Cicterránea sale a la luz en un nuevo escenario para la comunidad científica. Luego de cuatro años de un grave y deliberado deterioro del sistema, el reciente cambio en la conducción del Estado ha comenzado a mostrar señales positivas.

En un contexto de crisis económica y de emergencia social, la recuperación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y algunas mejoras para el sector como la recomposición salarial en las becas o el aumento del número de cargos en CONICET, son acciones concretas que ponen de manifiesto la voluntad de reconstruir el sistema de Ciencia y Técnica. Pero, fundamentalmente, transmiten un mensaje, simbólico y potente, que la ciencia vuelve a ser una política de estado en Argentina.

Aún más, en línea con el nuevo clima de época, las políticas públicas comenzaron a incorporar la perspectiva de género a través del impulso de un Programa Nacional de Equidad de Género y Diversidades en el sistema científico y tecnológico para garantizar condiciones de igualdad de derechos, recursos y oportunidades. Al igual que en el resto de los ámbitos, el sistema científico no es la excepción en cuanto a desigualdades de género. Según datos oficiales el 59% del plantel científico son mujeres, sin embargo, los puestos jerárquicos tanto en ciencia como en otras dependencias del Estado siguen siendo en su gran mayoría para los varones. Si bien se espera que esta tendencia se revierta con el tiempo, esto no será posible sin las diferentes iniciativas que se están poniendo en marcha en el sector. Las mismas ponen en evidencia distintas formas de desigualdad y violencia cotidiana hacia las mujeres y disidencias, invitando a la reflexión e implementando medidas de prevención y protección.

Porque nos sentimos interpeladas por esta problemática y dado que marzo es un mes emblemático para la lucha de las mujeres trabajadoras y para el reclamo por igualdad de derechos en todas las esferas, los contenidos de este número de Cicterránea son, en su mayoría, producidos por investigadoras y becarias de nuestro Instituto. Como protagonistas y como un reflejo de nuestra labor científica, hacemos de esta edición un pequeño aporte en pos de visibilizar los desafíos de la mujer en nuestro ámbito, con la esperanza de que los caminos hacia la igualdad real de oportunidades al fin se abran.

Beatriz Waisfeld, Emilia Sferco y Gisela Morán



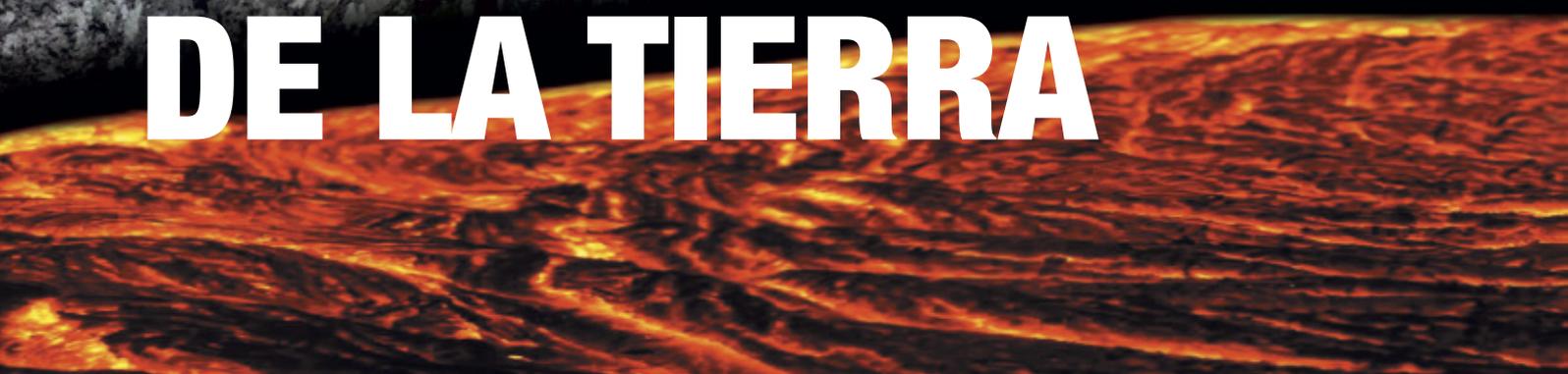
Carlos D. Ramacciotti
Dr. en Geología
Becario Posdoctoral FONCyT
Docente de la Escuela de
Geología, FCEFyN, Universi-
dad Nacional de Córdoba



Matías M. Morales
Cámara
Dr. en Geología
Becario Posdoctoral de
CONICET



VIAJE AL INTERIOR DE LA TIERRA





Imagina adentrarte en las entrañas de la Tierra a una profundidad de 25.000 metros. Allí, la temperatura alcanzaría los 800°C y las presiones serían tan elevadas que podrían deformar una roca como si fuera una plastilina. Este viaje que emprenderemos juntos no solo nos llevará al interior terrestre, sino que además será un viaje en el tiempo, 540 millones de años al pasado. En aquel tiempo remoto y a esa profundidad se han formado la mayoría de las rocas sobre las que tantas veces tomamos sol a la orilla de un río cordobés.

Conociendo los secretos de las Sierras de Córdoba

Fotomontaje: Los granitos del batolito de Achala en Los Gigantes (Cerro La Cruz) como resultado de los procesos profundos del interior de la corteza terrestre. Foto: Gonzalo García (John)

Las rocas de las Sierras de Córdoba esconden un magnífico registro geológico que precede a la existencia de los dinosaurios en la Tierra. Aunque no parezca, las rocas pueden “hablar” y somos los geólogos los encargados de “escuchar” la apasionante historia que tienen para contarnos. Esta historia abarca cientos de millones de años y comprende eventos de formación de montañas similares a los Andes, fusión de rocas y generación de magmas, erupciones volcánicas y terremotos.

Explorar de forma directa las capas más profundas de la Tierra para estudiarlas no es una tarea sencilla. Hasta ahora no hemos sido capaces de avanzar más allá de los 12 kilómetros de profundidad, distancia alcanzada por una perforación en la península de Kola (Rusia). Sin embargo, esto representa apenas el 0,2% de la distancia al centro de la Tierra, que alcanza aproximadamente los 6.370 kilómetros, distancia equivalente a un viaje desde Córdoba a Ushuaia ida y vuelta. Nuestro viaje imaginario nos llevará al doble de la

profundidad alcanzada por la perforación rusa, para lo cual necesitaremos una nave capaz de atravesar kilómetros de rocas tal como ocurre en la película *The Core* (El Núcleo). En ella sus protagonistas deben adentrarse en las entrañas del planeta para reactivar la rotación del núcleo terrestre y así evitar la extinción de toda forma de vida. Solo que, además, nuestra nave deberá tener la tecnología del DeLorean DMC-12 de la película *Back to the future* (Volver al Futuro) ya que este viaje al interior terrestre no lo realizaremos hoy, sino que deberemos transportarnos cientos de millones de años al pasado.

¿Qué hay debajo del suelo que pisamos?

Antes de comenzar nuestro viaje debemos conocer nuestra hoja de ruta, es decir, tener una idea que cómo es la Tierra en su interior. Nuestro planeta se encuentra formado por

3 capas concéntricas, como las de una cebolla, de composiciones diferentes: corteza, manto y núcleo (Figura 1). La corteza es la capa más externa y delgada cuyo espesor varía entre 3 kilómetros en los océanos y 70 kilómetros en algunas cordilleras montañosas como los Andes o el Himalaya. Esta capa será el destino de nuestro viaje. El manto es una capa de roca sólida, que se encuentra inmediatamente por debajo de la corteza y se extiende hasta una profundidad aproximada de 2.900 kilómetros. Finalmente se encuentra el núcleo, una esfera rica en hierro con un radio de 3.486 kilómetros.

La zona más externa del manto, junto con la corteza forman una capa rígida que se denomina litósfera (Figura 1), que significa esfera de roca, la cual se encuentra dividida en pedazos o placas. Dichas placas se denominan placas tectónicas y se ensamblan como un rompecabezas para cubrir toda la superficie terrestre (Figura 2). Tal

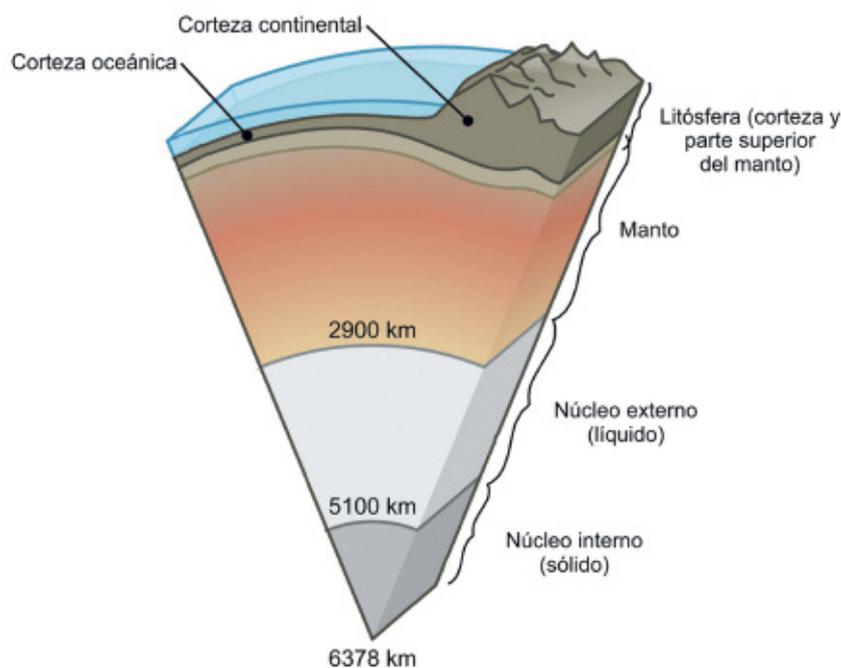
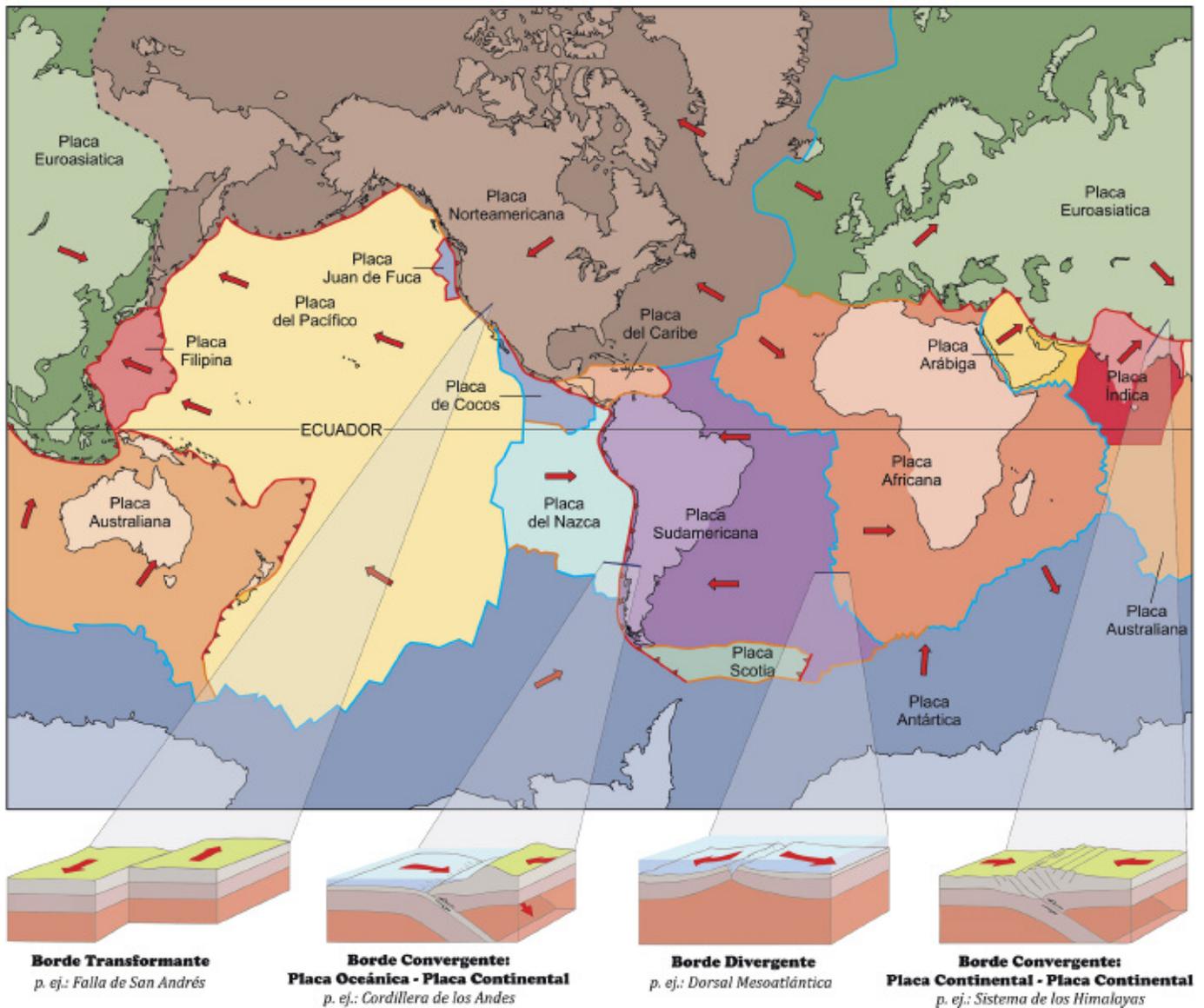


Figura 1

Capas internas de la Tierra.
Modificada de Wikimedia (ver link en Referencias).



Nuestro planeta se encuentra formado por 3 capas concéntricas, como las de una cebolla, de composiciones diferentes: corteza, manto y núcleo

como un niño inquieto, estas placas se están moviendo constantemente e interactuando entre sí. Cuando dos placas se ponen en contacto puede ocurrir que una se “sumerja” bajo la otra (fenómeno llamado subducción; por ejemplo, la placa de Nazca se hunde bajo la placa Sudamericana, dando lugar

a la formación de la cordillera de los Andes). Otra posibilidad es que las placas se deslicen lateralmente una respecto de la otra (por ejemplo, la famosa falla de San Andrés en el oeste de Estados Unidos). También pueden moverse en direcciones opuestas, separándose y generando nueva corteza (por ejemplo, la dorsal centro-Atlántica) (Figura 2). Dichas interacciones entre las placas son las responsables de los terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, formación de montañas y cordilleras submarinas (ver Cicterránea 1: ¿Se mueven los continentes?).

Los movimientos de las placas tectónicas a lo largo del

Figura 3

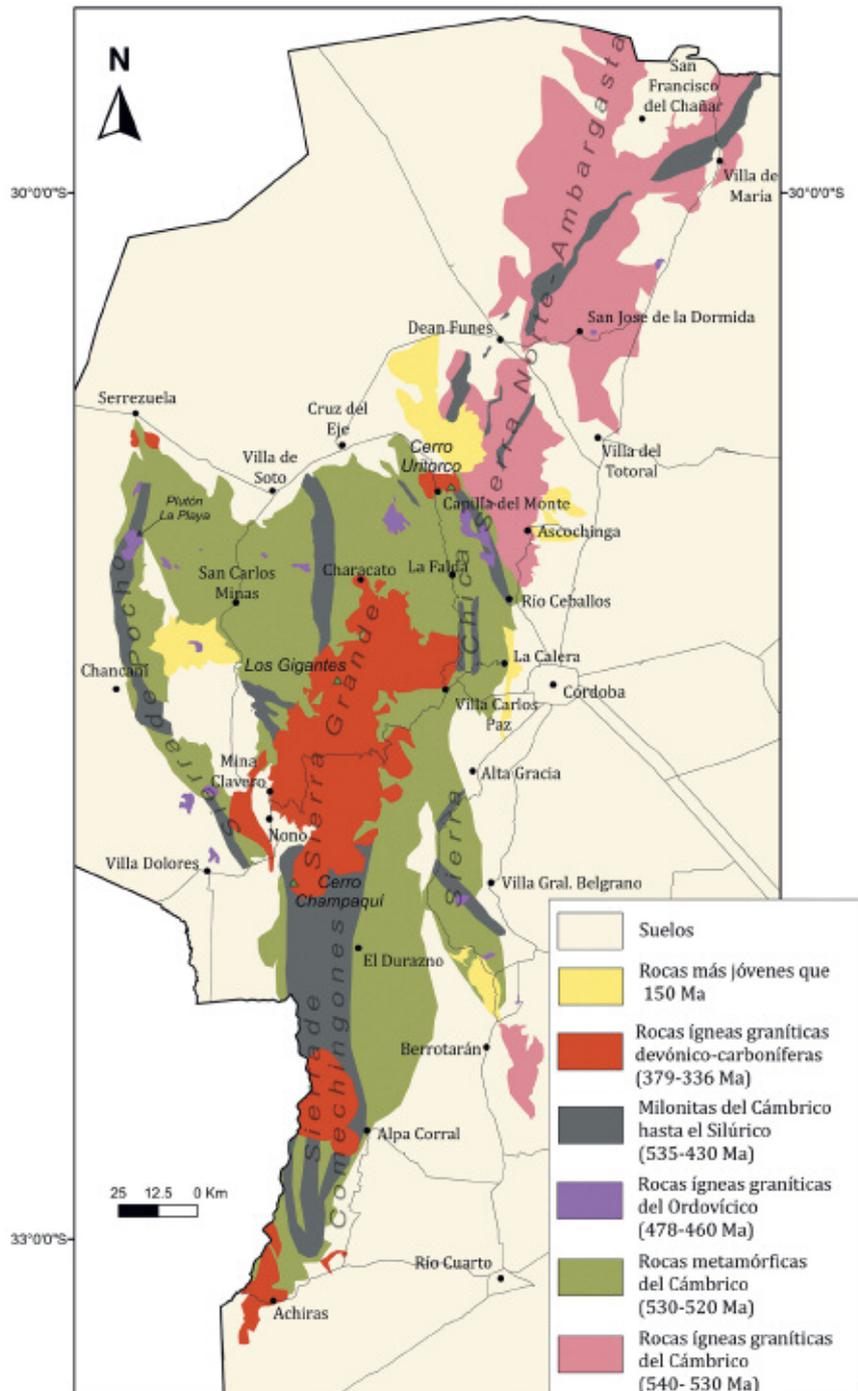
Mapa geológico simplificado de las Sierras de Córdoba

tiempo geológico explican porqué la configuración actual de continentes y océanos no siempre fue de la forma en que la conocemos hoy, sino que por el contrario ha ido cambiando, formando y desmembrando continentes muchas veces. El estudio de estos cambios en la superficie terrestre a lo largo del tiempo se denomina Paleogeografía.

Las cordobesas más viejas

Aproximadamente el 90% de las rocas de las Sierras de Córdoba se formaron entre los 540 y 330 millones de años (Figura 4). Comencemos nuestro viaje en el tiempo yéndonos 540 millones de años al pasado. Nos encontramos en el período Cámbrico y la geografía es muy diferente a la que conocemos. No existe América, Europa, Asia, África, Oceanía ni Antártida, sino que la mayor parte de las masas continentales se encuentran agrupadas formando un supercontinente llamado Gondwana (Figura 5). Por debajo de dicho supercontinente se sumerge una placa oceánica de manera similar a lo que ocurre actualmente en el margen oeste de Sudamérica. Se desarrolla una cadena montañosa parecida a los Andes, se produce la fusión de rocas en profundidad, y se desencadenan erupciones volcánicas y terremotos.

A unos 10.000 metros de profundidad de esta cadena montañosa se encuentran cavidades gigantes rellenas de magma, llamadas cámaras magmáticas, las cuales “alimentan” a los volcanes. Dichos magmas acaban solidificándose (cris-



Aproximadamente el 90% de las rocas de las Sierras de Córdoba se formaron entre los 540 y 330 millones de años

talizando), en profundidad, a una temperatura aproximada de 700°C dando como resultado la formación de rocas ígneas graníticas. Estas rocas podemos observarlas hoy, debido al levantamiento de las Sierras de Córdoba (formadas al mismo tiempo que se levantaban los Andes) y a la erosión, en las

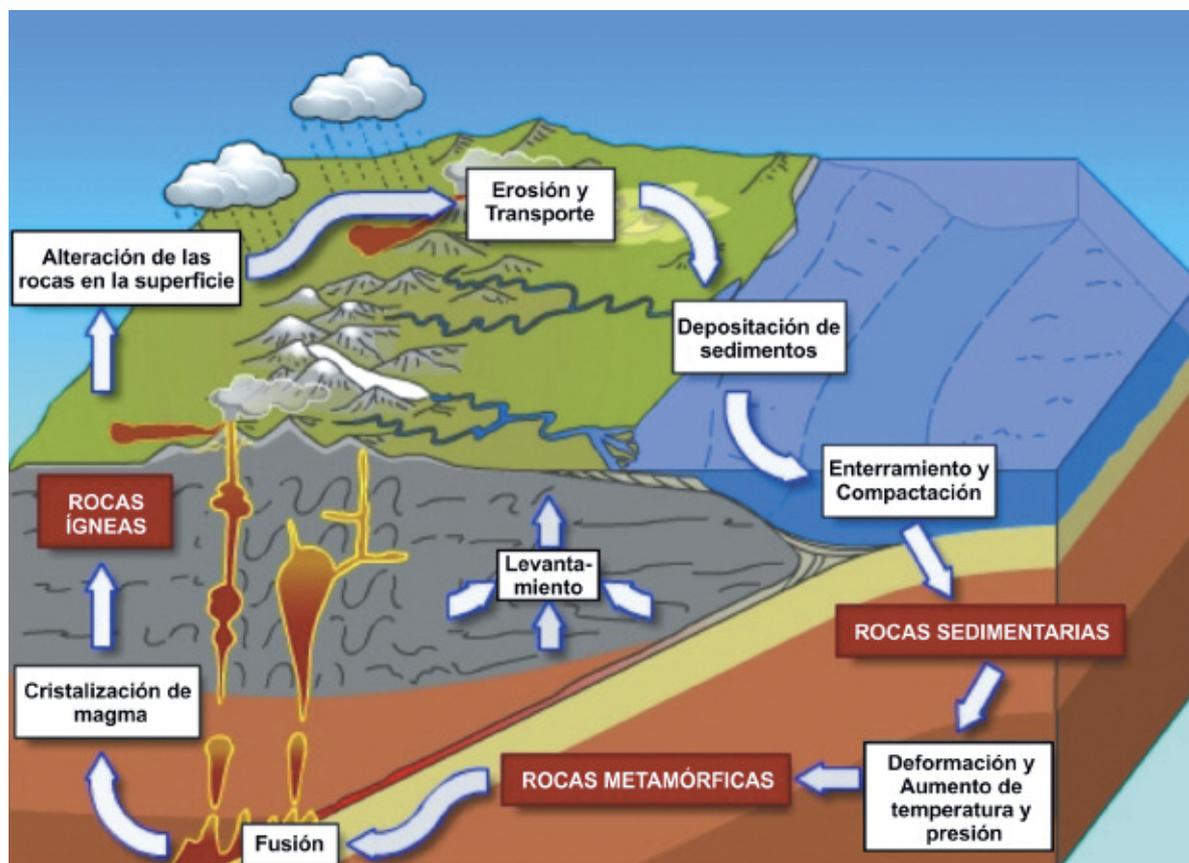
¿Qué es una roca?

Una roca es un material sólido de origen natural formado por un conjunto de minerales, aunque ocasionalmente puede estar constituida de un solo mineral. En la naturaleza pueden hallarse tres tipos de rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Las rocas ígneas son aquellas que se forman por la cristalización (solidificación) de un magma. Las rocas metamórficas se originan por la modificación de otras preexistentes en el interior de la Tierra (pero todavía en estado sólido) mediante calor, presión y/o fluidos químicamente activos. Las rocas sedimentarias pueden generarse por la destrucción de rocas previas en la superficie terrestre, formando sedimentos que se transportan, se depositan y luego son enterrados y compactados (rocas sedimentarias detríticas); o también pueden originarse por procesos químicos o biológicos. Así como existe el ciclo del agua, existe el ciclo de las rocas (Figura 3), en el que un tipo de roca se transforma en otro mediante cambios físico-químicos. De esta manera, cuando hablamos de la **edad de una roca**, hacemos referencia al momento en el cual ocurrió la última transformación.

localidades de Ascochinga, Dean Funes, Villa del Totoral o Villa de Ojo de Agua, entre otras (Figura 4).

Continuando nuestro viaje en el tiempo a bordo del DeLorean DMC-12, avanzamos unos 20 millones de años hacia el presente. En ese momento se produce, debido al constante movimiento de las placas tectónicas, la colisión de un gran bloque continental contra el margen de Gondwana.

Este evento ocurrido hace 520 millones de años provoca un engrosamiento de la corteza terrestre, enterrando rocas a 25 kilómetros de profundidad, donde la temperatura alcanza cerca de 800°C. Por ejemplo, el Himalaya, actual cordillera más alta del mundo, es el resultado de una colisión continental similar, en otro período geológico, entre las placas Euroasiática y la de la India (Figura 2).



Ciclo de las rocas.
Modificado de London Geological Society Education Committee (ver link en Referencias).

Figura 4

A profundidades de 25 kilómetros la presión alcanza los 7 kilobares, presión equivalente a la que sufriría un buzo a 70.000 metros bajo el mar, aunque el récord mundial sea de solo 332 metros y los mares terrestres solo alcancen los 11.000 metros de profundidad. En estas condiciones se produce el “nacimiento” de las que constituyen el tipo más abundante de roca de las Sierras de Córdoba, las rocas metamórficas. Estas rocas son el resultado de la transformación de rocas sedimentarias más antiguas (de aproximadamente 620 millones de años), debido a los cambios físicos que se producen al ser enterradas en la corteza.

Las rocas metamórficas de Córdoba pueden tener aspectos muy variables de acuerdo a su composición química y estructura, adquiriendo diferentes nombres como mármol, migmatita o gneis, entre otros. Los gneises y migmatitas son los más abundantes en nuestras sierras y podemos observarlos en muchos de los hermosos ríos en los que tantas veces nos

hemos refrescado (Figura 6a). Las migmatitas son rocas que han alcanzado tanta temperatura que han comenzado a “derretirse” (fundirse), dándole un aspecto muy atractivo, hecho que ha llevado a que sean muy comercializadas para revestimientos de edificios o en mesadas domésticas (Figura 6b). El mármol por su lado adquiere una importancia particular dado que es utilizado en la elaboración de cales y cementos para la construcción, además de utilizarse como piedra de construcción (por ejemplo, el Arco de Córdoba o La Cañada), o como mesadas domésticas, entre otros usos (ver Cicterránea 1: Mármoles. Rocas con mucha historia).

Derritiendo piedras

Siguiendo el viaje a tiempos remotos en nuestra región, luego de la colisión continental del Cámbrico, hace aproximadamente 490 millones de años comenzó un nuevo proceso

540 MILLONES DE AÑOS

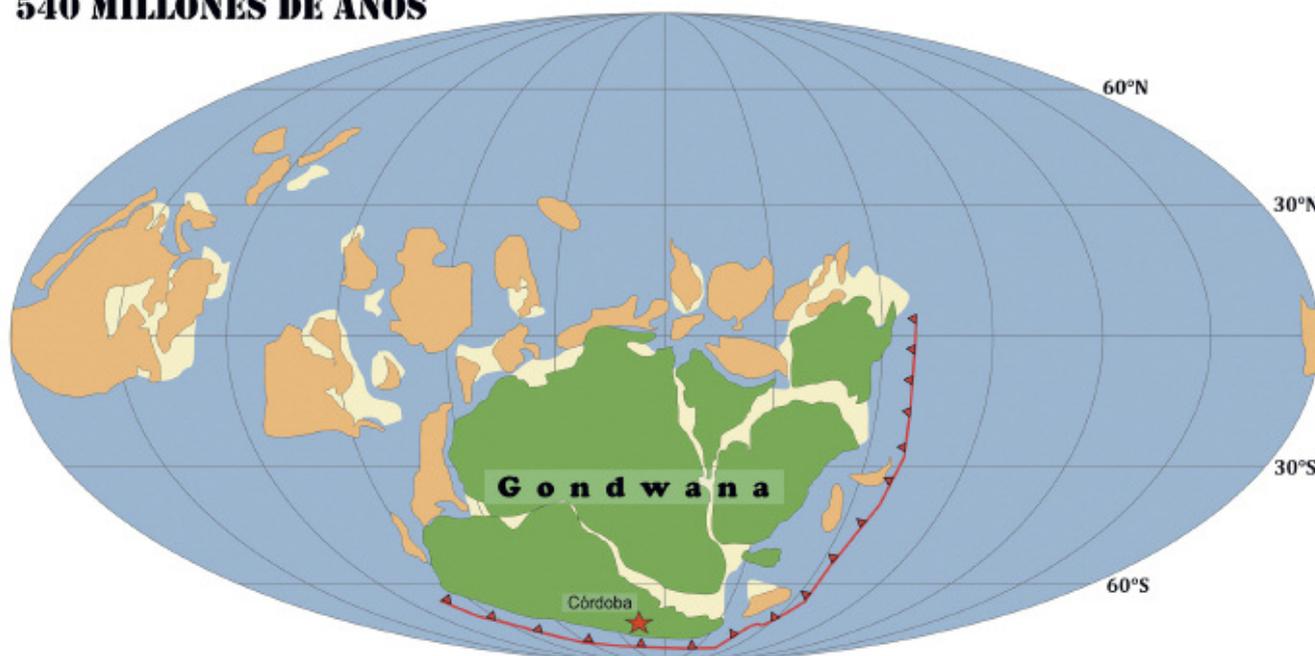
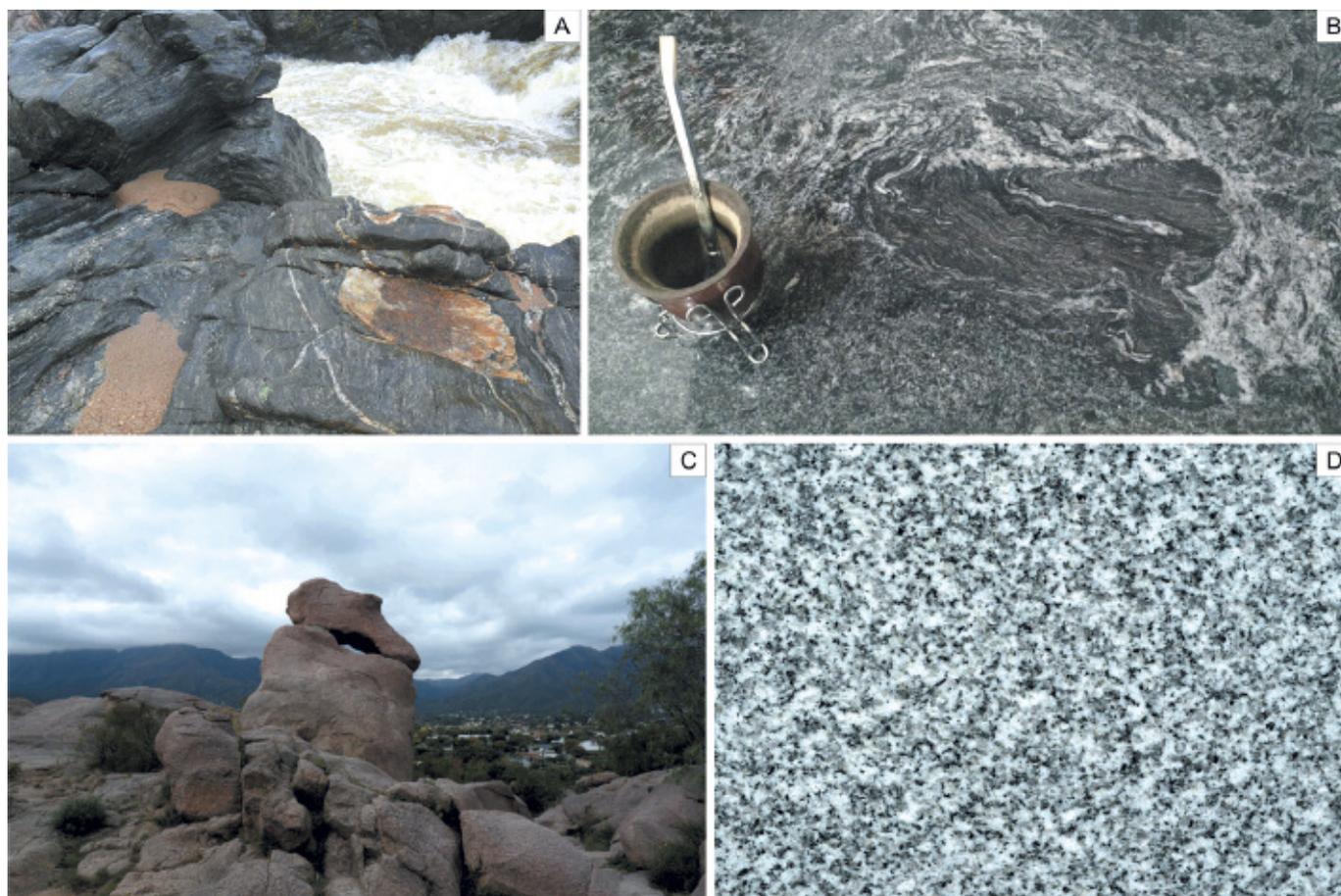


Figura 5

Reconstrucción de la paleogeografía para el período Cámbrico. La línea roja marca el antiguo margen de subducción. Modificado de Torsvik y Cocks, 2013.

a) Migmatitas de 520 millones de años a la orilla del río San Antonio, cerca de la localidad de Cuesta Blanca. b) Mesada de migmatita comercialmente llamada “Negro Boreal” o mal llamada “granito Rumi Huasi” dado que no es un granito. c) Geoforma “El Zapato” formada por el granito de Capilla del Monte de 336 millones de años (ver link en Referencias). d) Mesada de granito de 478 millones de años extraída del Plutón La Playa, comercialmente llamado granito Gris Mara (ver link en Referencias).

Figura 6



de subducción de placa oceánica por debajo del continente. Este proceso continúa hasta la actualidad y da como último resultado el levantamiento de la cordillera de los Andes. Entre los 480 y 460 millones de años antes del presente (período Ordovícico), se formaron algunos pequeños cuerpos ígneos graníticos (Figura 4), aunque es en el Devónico-Carbonífero (380-330 millones de años) cuando se produce la fusión de volúmenes enormes de roca en la corteza, que junto a magmas provenientes del manto, dan lugar a la formación de gigantes cámaras magmáticas.

Las rocas que se “derriten” son justamente aquellas que hemos descrito anteriormente: las rocas ígneas cámbricas y ordovícicas, y las rocas metamórficas de 520 millones de años de edad, mostrando otro ejemplo del ciclo de las rocas

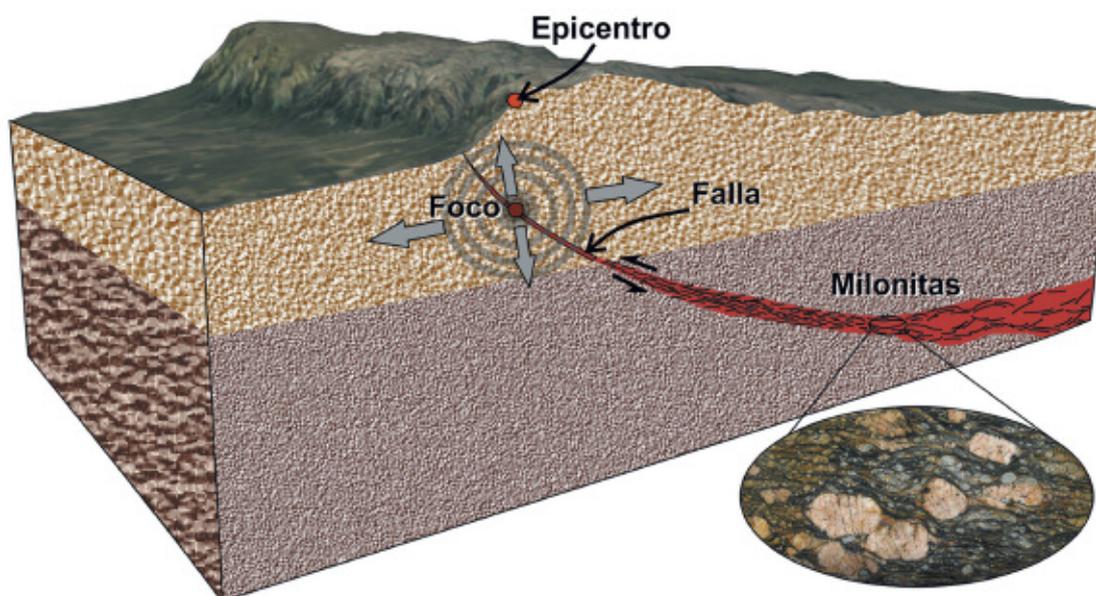
Muchos de nosotros tenemos en nuestras cocinas una mesada hecha con un trozo de estas cámaras magmáticas, siendo el más conocido el granito gris mara de 478 millones de años, el cual se extrae del Plutón de La Playa

(Figura 3), en las que un tipo de roca se transforma en otro. Las temperaturas requeridas para fundir estas rocas rondan los 800-900°C y se consiguen a una profundidad aproximada de 20-25 kilómetros.

Una vez que las rocas se han fundido, se transforman en

Figura 7

Diagrama mostrando el origen de los terremotos y la formación de las rocas miloníticas. Fotografía tomada de Wikimedia (ver link en Referencias).



un magma capaz de moverse dentro de la corteza. Este magma asciende hasta los 10 kilómetros de profundidad, en donde se inmoviliza, se enfría y termina solidificándose (cristalizando). En Córdoba el registro más imponente de estas cámaras magmáticas es el llamado Batolito de Achala, de aproximadamente 100 kilómetros de largo por 30 kilómetros de ancho. Esta enorme cámara magmática se encuentra representada por los granitos expuestos desde el Cerro Champaquí al sur, pasando por Los Gigantes, hasta la hermosa localidad de Characato al norte (Figura 4). El Cerro Uritorco, en la ciudad de Capilla del Monte, también está formado por granitos de este evento geológico, al igual que la famosa geoforma de “El Zapato” (Figura 6c).

Muchos de nosotros tenemos en nuestras cocinas una mesada hecha con un trozo de estas cámaras magmáticas, siendo el más conocido el granito Gris Mara de 478 millones de años, el cual se extrae del Plutón de La Playa (Figura 4 y 6d).

Terremotos profundos

Llegando ya al final de nuestro viaje, puede que hayas notado en el mapa de las Sierras de Córdoba (Figura 4) que abundan unas rocas que no hemos mencionado aún, las denominadas milonitas. No las hemos tratado hasta ahora debido a que ellas se han desarrollado en varios períodos geológicos.

Cuando se somete una gran masa de roca a esfuerzos (de compresión o tensión, por ejemplo, la misma se puede romper por un plano, provocando que un bloque se deslice respecto del otro. Esto da como resultado un terremoto en la superficie terrestre (Figura 7). El plano que separa ambos bloques se denomina falla y se transforma, en profundidad, en una zona o faja debido a un cambio en el comportamiento mecánico de las rocas por el aumento de la temperatura y la presión. En dichas zonas o fajas es donde se forman las milonitas. Estas zonas de deformación pueden afectar a cualquier tipo de roca (granito, migmatita, etc) y por ende pueden tener aspectos muy variables.

La próxima vez que vayas al río, a subir un cerro, o simplemente a dar un paseo por nuestras hermosas sierras podrás recordar este viaje e imaginar que estás caminando por una cámara magmática, o por las raíces de una gran cordillera montañosa a profundidades de 25 kilómetros y temperaturas de 800°C

Las milonitas de las Sierras de Córdoba pueden tener edades que van desde los 535 (Cámbrico) a los 430 millones de años (Silúrico) debido a que el margen de Gondwana ha sido el lugar de múltiples eventos de deformación a lo largo del tiempo geológico. Podemos observar muy buenos ejemplos de milonitas en el pintoresco camino de Los Túneles, que atraviesa la Sierra de Pocho, entre las localidades de Tanninga

G Glosario

Granito o roca granítica: roca ígnea plutónica (enfriada y cristalizada en profundidad) compuesta fundamentalmente por cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa y micas.

Magma: material completa o parcialmente fundido compuesto de una fracción líquida, una sólida (cristales) y una gaseosa, capaz de moverse en el interior de la corteza terrestre.

Migmatita: roca metamórfica con algunas características de roca ígnea debido a que se encuentra parcialmente fundida.

Batolito: gran masa de rocas ígneas que se forma cuando el magma se emplaza en profundidad, cristaliza y posteriormente queda expuesto como consecuencia de la erosión. Generalmente es la suma de muchos plutones.

Plutón: estructura que se produce como consecuencia del emplazamiento y cristalización del magma bajo la superficie terrestre.

y Chancaní, o sobre el camino al cerro Los linderos pasando El Durazno, en la Sierra Grande (Figura 4). Estas rocas adquieren un aspecto de “ojos” muy particular, lo que las hace atractivas y es por esto que se utilizan mucho como roca de ornamentación (Figura 7).

De esta manera concluye nuestro viaje hacia el interior terrestre y en el tiempo geológico por las Sierras de Córdoba. La próxima vez que vayas al río, a subir un cerro, o simplemente a dar un paseo por nuestras hermosas sierras podrás recordar este viaje e imaginar que estás caminando por una cámara magmática, o por las raíces de una gran cordillera montañosa a profundidades de 25 kilómetros y temperaturas de 800°C. Esto último hará parecer poco los 38°C del verano cordobés.

L Lecturas sugeridas

Baldo, E.G., Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Galindo, C., Casquet, C., Verdecchia, S.O. y Murra, J. 2014. Geocronología de las Sierras de Córdoba: revisión y comentarios. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Editores Roberto Martino y Alina Guerreschi: 845–870.

<https://www.infobae.com/salud/ciencia/2017/06/27/el-mar-de-cordoba-y-otras-sorprendentes-historias-de-la-geologia-argentina/>

Dirección de Geología de la Provincia de Córdoba, 2016. Rocas ornamentales de la Provincia de Córdoba.

Tarback, E.J. y Lutgens, F.K., 2013. Ciencias de la Tierra (10Ed). Una introducción a la geología física. Ed. Pearson, 880 p.

Referencias de figuras

Figura 1: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Earth_cutaway_schematic-en.svg

Figura 2: https://es.wikipedia.org/wiki/Tect%C3%B3nica_de_placas

Figura 4: <https://www.geolsoc.org.uk/ks3/gsl/education/resources/rockcycle.html>

Figura 6: [c\) https://otroimanparalanevera.wordpress.com/2016/06/15/sierra-de-cordoba](https://otroimanparalanevera.wordpress.com/2016/06/15/sierra-de-cordoba). [d\) http://www.canteras-del-mundo.com/productodetalles/gris-mara/](http://www.canteras-del-mundo.com/productodetalles/gris-mara/)

Figura 7: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Augen_mylonite.jpg

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?

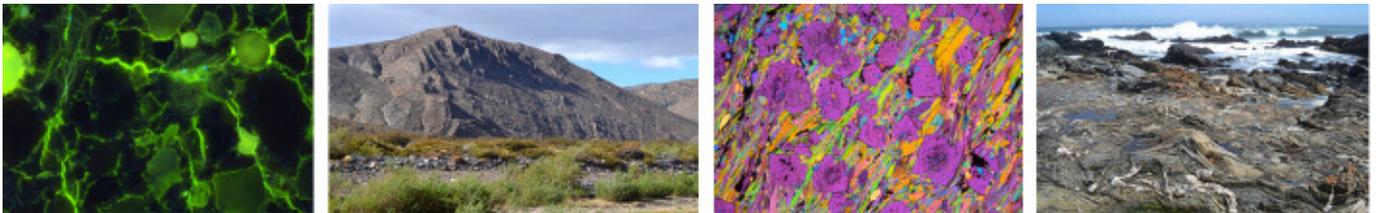
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas vinculados con las Ciencias de la Tierra en general, incluyendo Geología Endógena y Exógena, Geoquímica, Geofísica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión, comunicación pública de 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

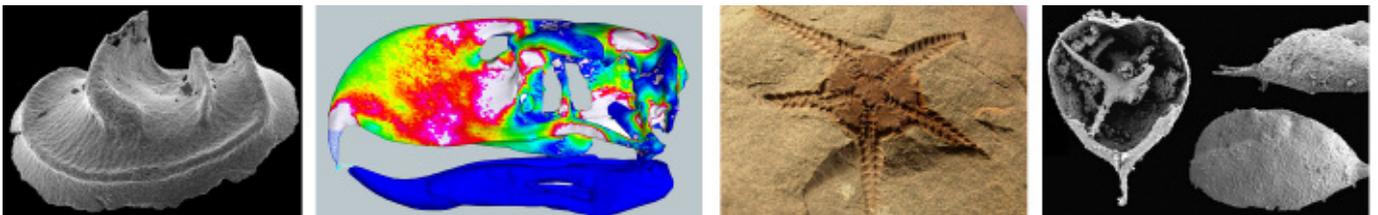
Dinámica de la litósfera – astenósfera



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.