



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/

<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

Presentamos 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.

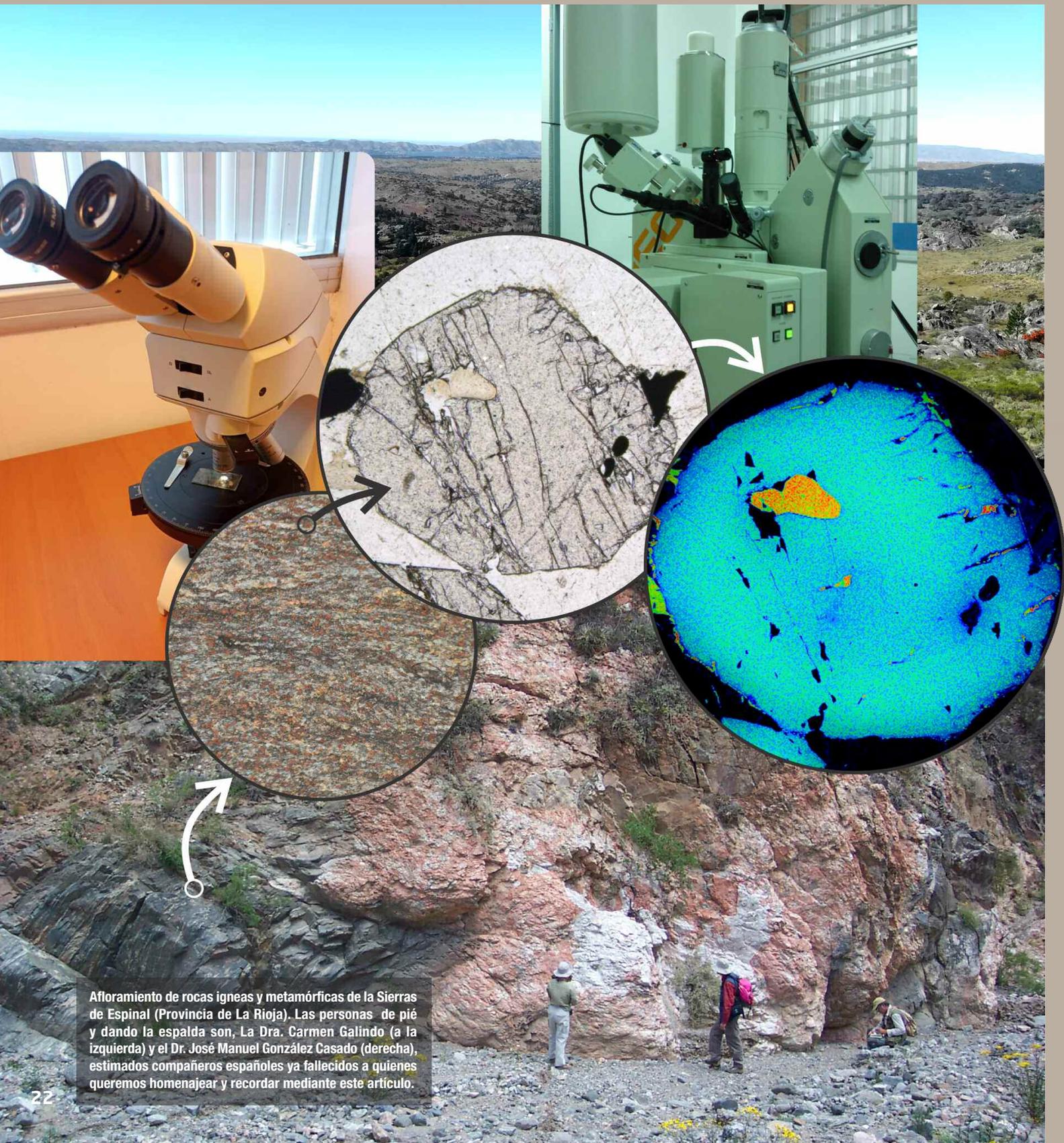
Por eso, en estos tiempos de bombardeo de información, muchas veces de dudosa calidad y veracidad, este número es nuestro humilde aporte a llevar nuestras investigaciones, procesos y resultados a sus casas, y mostrarles, desde lo que hacemos cotidianamente, cómo se trabaja hoy en ciencia en Argentina.

¡Esperamos que lo disfruten!

Emilia Sferco, Gisela Morán y Beatriz Waisfeld

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.

Antoine 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. Explicemos 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: SiO_2 . Aunque otros elementos pueden estar presentes en proporciones muy bajas, el silicio y el oxígeno son los componentes que definen la fórmula (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 H_2O , y el hielo, al igual que el cuarzo, cristaliza según el sistema llamado hexagonal.

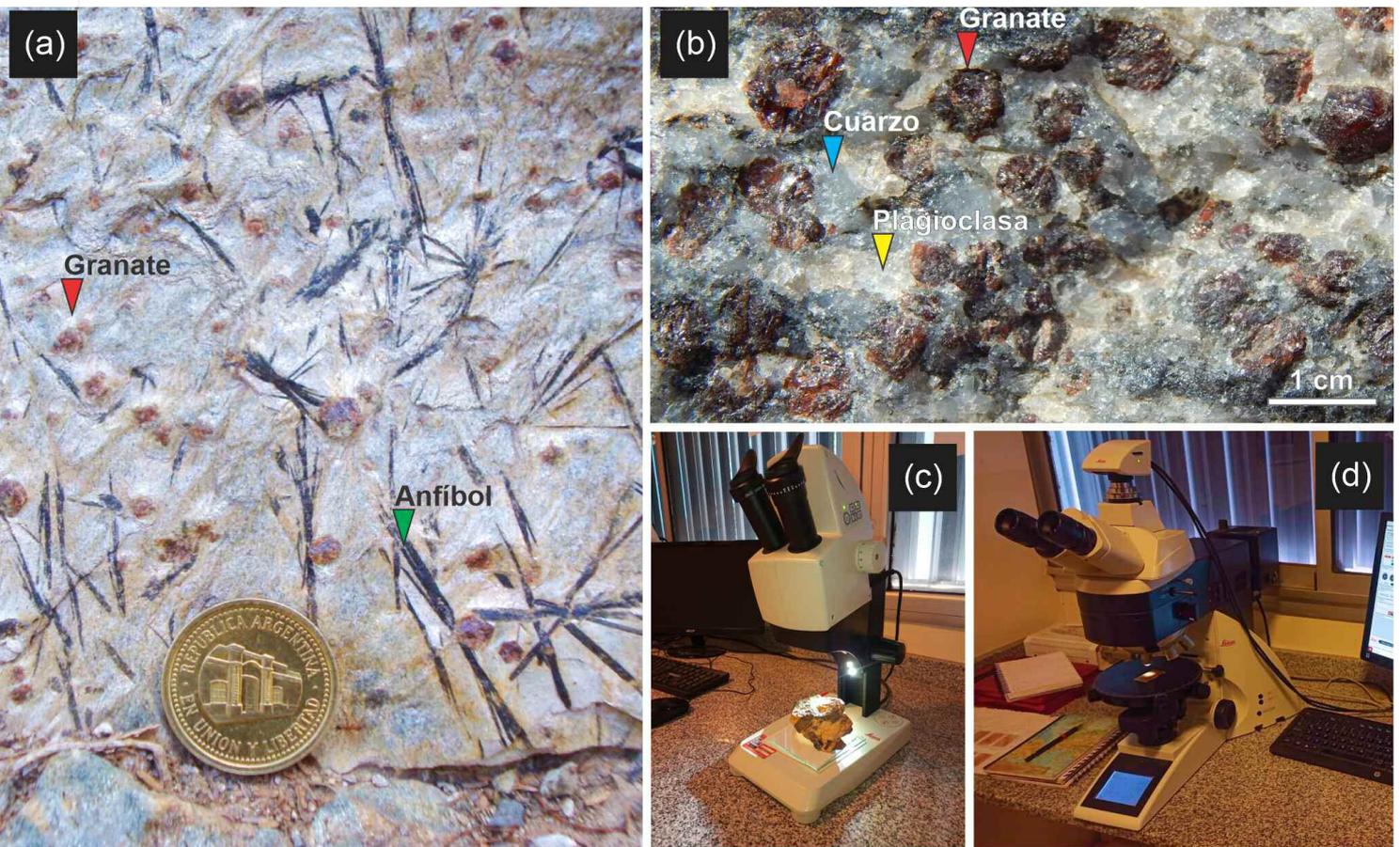


Figura 1. (a) Vista general de un esquist (roca metamórfica) de la sierra de Pie de Palo, San Juan.

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

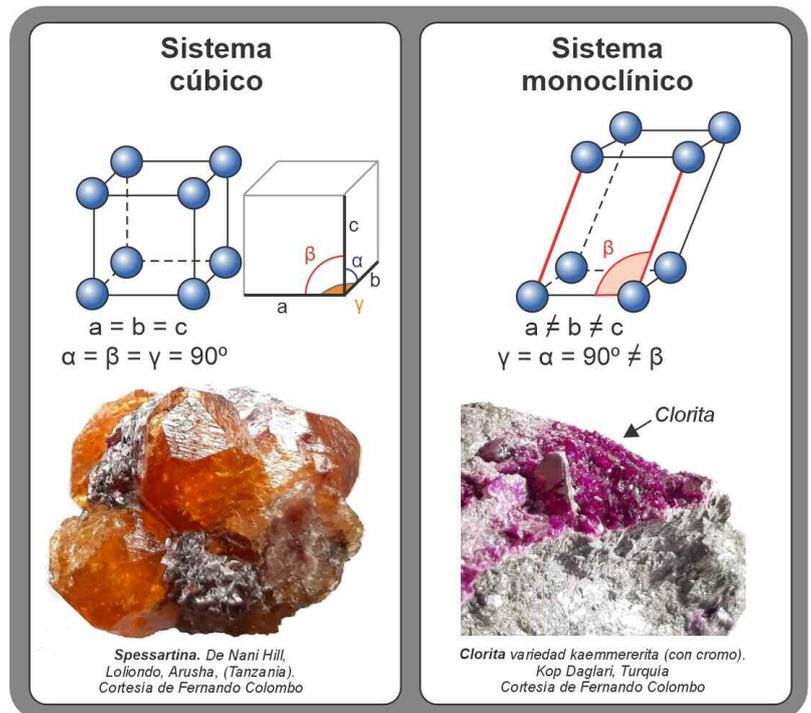


Figura 2. Ejemplos de sistemas cristalinos, en este caso los sistemas cúbico y monoclinico. En la parte superior se esquematiza la llamada "celda unidad", que representa la estructura base que se repite una y otra vez dentro de un cristal, como ladrillos en una pared. Los lados de esa celda unidad se conocen como a, b, c y los ángulos que forman entre sí se llaman α , β y γ . 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

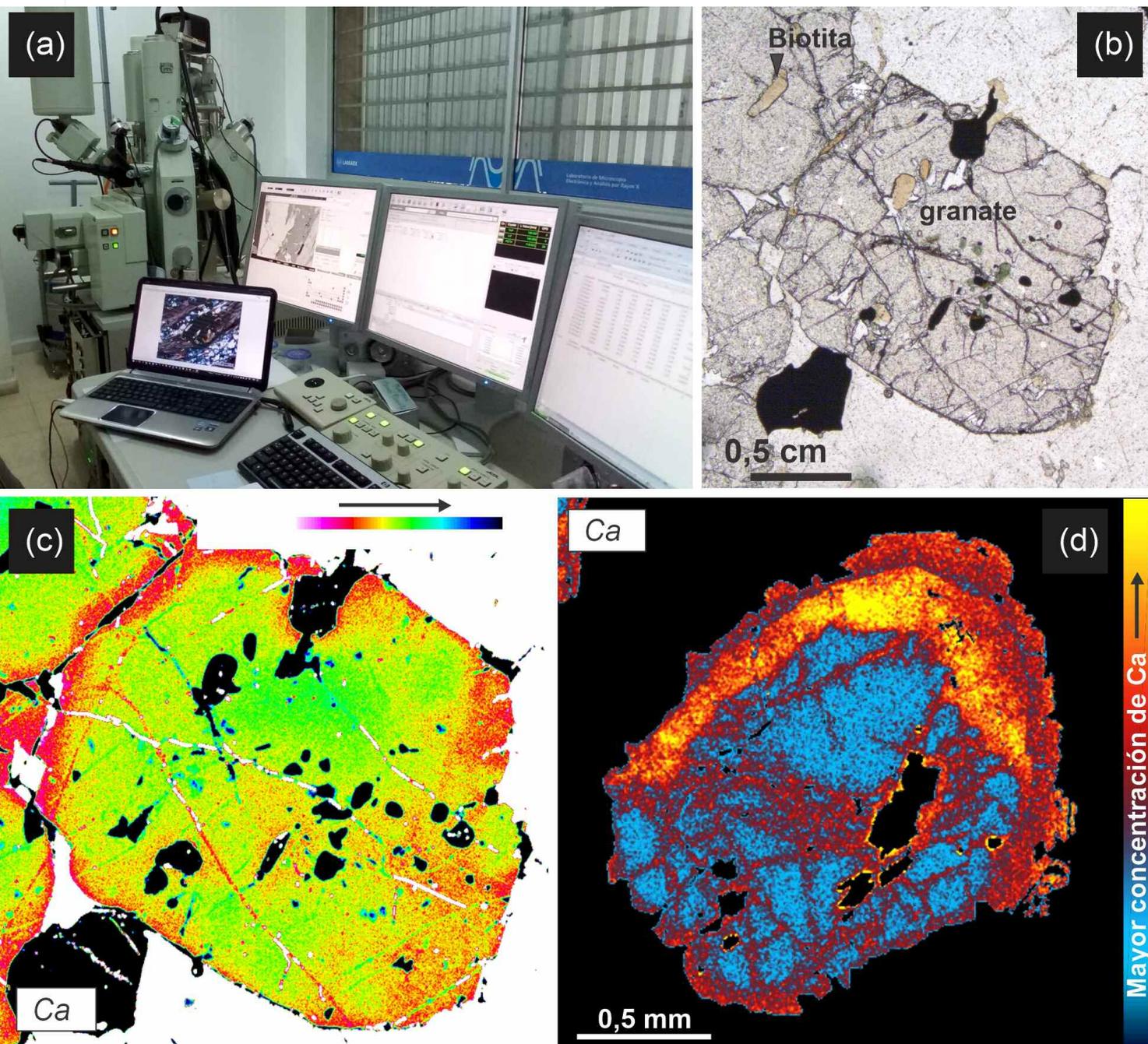


Figura 3. (a) Fotografía de la Microsonda de Electrones (equipo ubicado a la izquierda de la imagen). (b) Vista de un cristal de granate bajo el microscopio. Los minerales de color marrón se llaman biotita. Los minerales tales como biotita, cuarzo, plagioclasa suelen ser frecuentes de observar en las 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 concentran 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.

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?

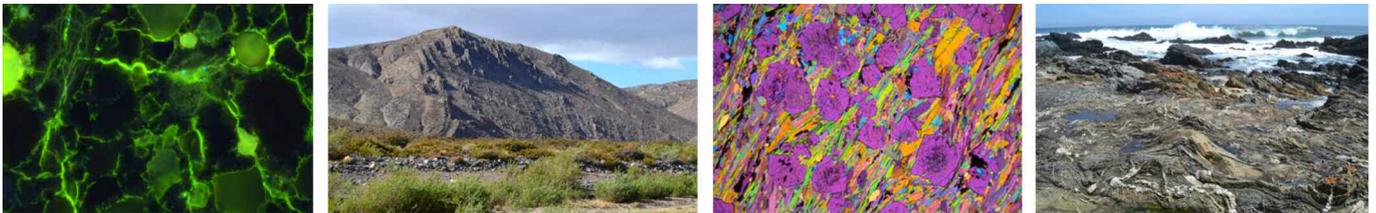
Desarrollamos proyectos de investigación en diferentes temas vinculados con las Ciencias de la Tierra en general, incluyendo Geología Endógena y Exógena, Geoquímica, Geofísica, Paleontología y Paleobiología. Realizamos docencia de grado y de posgrado, actividades de extensión, comunicación pública de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

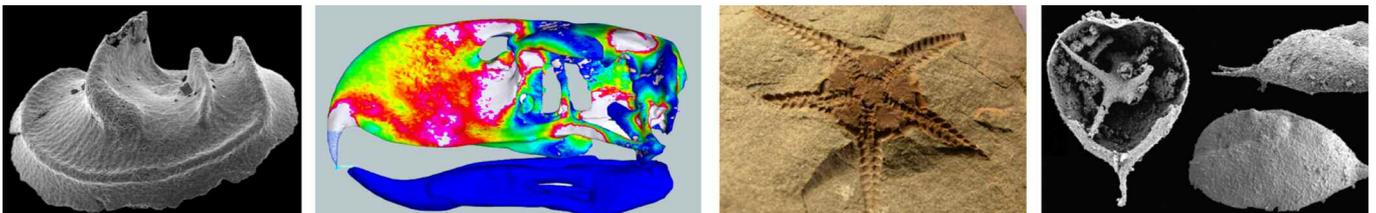
Dinámica de la litósfera – astenósfera



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.