

El microscopio petrográfico: una herramienta indispensable en Ciencias de la Tierra

The petrographic microscope: an essential tool in Earth Sciences

IDAEL FRANCISCO BLANCO-QUINTERO¹, DAVID BENAVENTE¹, MARÍA CONCEPCIÓN MUÑOZ-CERVERA¹, SARA GIL-OLCINA¹, JAIME CUEVAS-GONZALEZ¹ Y JUAN CARLOS CAÑEVERAS¹

¹Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante, Alicante. if.blanco@ua.es

Resumen En este artículo, se introducen y explican los componentes del microscopio petrográfico, así como su función principal durante el análisis de los minerales y rocas. Esto permite, entre otras cosas, la correcta clasificación de las rocas, no solo dentro de los tres grandes grupos que existen (ie., ígneas, sedimentarias y metamórficas), sino darle el nombre apropiado. La rama de las Ciencias de la Tierra que se dedica a este estudio (rocas bajo el microscopio) es la Petrografía. El microscopio petrográfico o de polarización presenta algunas diferencias respecto a otros microscopios que se usan en otras ciencias (p.ej. Medicina, Ciencias Biológicas): (i) dispone de un sistema de polarización de la luz (presenta dos polarizadores); (ii) la platina portamuestras es giratoria; (iii) utiliza accesorios específicos como los compensadores (lambda y cuña de cuarzo) y la lente de Bertrand. En este trabajo se describe cómo adaptar de una manera sencilla y económica los microscopios “biológicos”, más comunes y habituales en los centros educativos, añadiendo un polarizador que se puede complementar con el analizador. Además, se ofrece una actividad práctica sencilla para que el alumnado de enseñanza secundaria pueda diferenciar los principales tipos de rocas. Uno de los objetivos principales de la utilización de este recurso educativo es que los estudiantes comprendan el método científico que se utiliza en la clasificación de las rocas.

Palabras clave: Clasificación de rocas, lámina delgada, microscopio petrográfico.

Abstract *In this article, the components of the petrographic microscope are introduced and explained, as well as its main function during the analysis of minerals and rocks. This allows, among other things, the correct classification of rocks, not only within the three large groups that exist (ie., igneous, sedimentary and metamorphic), but also to give them the appropriate name. The branch of Earth Sciences that is dedicated to this study (rocks under the microscope) is Petrography. The petrographic or polarized light microscope has some differences compared to other microscopes used in other sciences (ie., Medicine, Biological Sciences): (i) it has a light polarization system (two polarizers); (ii) the sample holder stage is rotatable; (iii) uses specific accessories such as compensators (lambda and quartz wedge) and the Bertrand lens. This work describes how to adapt in a simple and economical way the “biological” microscopes, more common and usual in High Schools, adding a polarizer that can be complemented with the analyzer. In addition, a simple practical activity is offered so that secondary school students can differentiate the main types of rocks. One of the main objectives of using this educational resource is for students to understand the scientific method used in rock classification.*

Keywords: *Classification of rocks, petrographic microscope, thin section.*

INTRODUCCIÓN

El planeta Tierra es un planeta rocoso, constituido por una gran variedad de rocas. Estas a su vez están constituidas por minerales, donde predomi-

nan los silicatos. Para el completo estudio de las rocas y minerales en Ciencias de la Tierra se emplean los microscopios compuestos. Estos microscopios emplean las propiedades ópticas de los minerales, resultado de la interacción de estos con la luz. Estas

propiedades son características para cada mineral lo que permite su identificación. Entre los microscopios más utilizados se encuentra la lupa binocular y los microscopios ópticos de luz polarizada tanto transmitida (o petrográfico) como reflejada (o mine-ragráfico).

La lupa es sin duda elemental, alcanza pocos aumentos de trabajo, aunque no por sencillo deja de ser útil en la caracterización de las rocas y minerales. Las lupas binoculares o microscopios estereoscópicos permiten, entre otras cosas, determinar las características morfológicas de granos minerales individuales o especímenes fósiles principalmente en sedimentos (Arenillas *et al.*, 2000; Calonge *et al.*, 2001; Corbí *et al.*, 2012). El microscopio de luz polarizada reflejada, conocido como mineragráfico (en inglés *Ore Microscope*; Craig and Vaughan, 1994), se utiliza en la determinación de los minerales que absorben la luz (principalmente elementos nativos, óxidos y sulfuros). Esta versatilidad hace que su uso sea extendido en investigaciones geológicas, sobre todo en el estudio y prospección de yacimientos minerales metálicos. Mientras que el microscopio de luz polarizada transmitida (petrográfico) es utilizado en la identificación de los minerales que permiten el paso de la luz a través de ellos (ej. silicatos, carbonatos, sulfatos, fosfatos, etc.). Estos microscopios permiten la identificación de los minerales mediante la determinación de sus propiedades ópticas, así como el estudio de texturas y relaciones entre los granos minerales (Franco y Gonzalo, 2000; Jiménez y Velilla, 2004; Donaire y Pascual, 2012; Abad y Velilla, 2018). Esto permite la clasificación de las rocas, así como establecer sus condiciones de formación o evolución. Igualmente permite identificar restos de organismos fósiles que estén en ellas presentes (microfósiles). El tamaño límite para que los cristales sean visibles en este microscopio es de aproximadamente 10 micras.

Se han publicado numerosos libros y artículos sobre el microscopio petrográfico para la descripción y correcta clasificación (nomenclatura) de las rocas. A continuación, se describen brevemente algunos que han sido publicados en la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, que son material de consulta indispensable para el uso del microscopio petrográfico.

Cruz (1998), en su trabajo "Etapas para el aprendizaje de las rocas con el uso del microscopio" utiliza como ejemplo las rocas sedimentarias, aunque menciona los tres grupos de rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas). Se basa en la secuenciación de las habilidades a lograr y la sistematización de los contenidos, con la resolución de situaciones análogas a las observadas en las rocas.

Franco y Gonzalo (2000), en su artículo "Taller de petrología: enseñanza de la petrología con el microscopio petrográfico" realizan una introducción a la descripción, clasificación y nomenclatura de los distintos tipos de rocas. Recomiendan que, para hacerlo de manera precisa y rigurosa, se deben utilizar criterios texturales y/o composicionales que sólo son observables al microscopio, sin desestimar aquellos aspectos que puedan observarse a simple vista o con la ayuda de una lupa. En este trabajo se introducen los tres grupos de rocas (ígneas, sedi-

mentarias y metamórficas). Inicialmente introducen el concepto de roca y las principales características texturales que presentan.

Jiménez y Velilla (2004), en su trabajo "*Óptica mineral: una herramienta informática para el estudio de los minerales en el microscopio petrográfico*" presentan una herramienta muy importante para el estudio de los minerales al microscopio petrográfico. En él se presenta el sitio web "Óptica Mineral" con el objetivo de facilitar el aprendizaje de las propiedades ópticas de los minerales al microscopio y su empleo en la caracterización e identificación de minerales en lámina delgada. Además, se resumen los fundamentos de las principales propiedades ópticas y se realiza una descripción del funcionamiento del sitio web.

Donaire y Pascual (2012), en su artículo "*Propiedades básicas de petrografía óptica aplicadas a la clasificación y estudio de las rocas ígneas*", describen un taller cuyo objetivo principal es ofrecer una guía práctica para clasificar rocas ígneas de acuerdo con su composición mineralógica e inferir algunos aspectos elementales de su génesis a partir de su textura. El trabajo se centra en un número reducido de rocas que puedan ser inequívocamente clasificadas y muestren una historia geológica de interés (ej., granitoides, dacitas, basaltos y rocas ultramáficas). Este trabajo explica de forma sencilla cómo construir un dispositivo casero que permita observar con luz polarizada láminas delgadas.

Abad y Velilla (2018), explican en su artículo "¿De qué está hecho este material? Una introducción al uso e interpretación de las técnicas básicas de caracterización de los minerales" tres técnicas para la identificación de los minerales: microscopía óptica, la difracción de rayos X y la microscopía electrónica. Cada una de estas técnicas requiere una preparación previa de las muestras, permitiendo a través de la interacción de distintas radiaciones electromagnéticas con la materia, establecer su composición mineralógica. La microscopía óptica (estudia la interacción de la luz con el material cristalino) permite la descripción morfológica de los cristales y determinar las propiedades ópticas para identificar los minerales. La difracción de rayos X (basada en la interacción de estos rayos con la materia) se emplea cuando el material (que presenta estructura cristalina) es poco coherente o de grano muy fino. Mientras que la composición química exacta de los minerales y/o sus relaciones texturales puede determinarse con la microscopía electrónica (basada en la interacción de los electrones con la materia).

Este trabajo describe algunas de las particularidades del microscopio petrográfico y cómo se utiliza en los estudios petrográficos. Además, se plantea una sencilla actividad para que el alumnado pueda identificar algunas características que ayudan a describir e identificar las rocas y los minerales que la forman. Es un recurso muy interesante para que los estudiantes comprendan el trabajo científico que se desarrolla para la clasificación de las rocas. Queremos destacar, que, aunque hoy en día se cuenta con técnicas analíticas muy precisas, el microscopio de luz polarizada tiene la ventaja de ser un método relativamente barato y de fácil uso comparado con otras técnicas capaces de determinar las fases y sus composiciones.

EL MICROSCOPIO PETROGRÁFICO

Un poco de historia

El origen de los microscopios se atribuye al holandés Zacharias Janssen en el año 1590. Otros autores le atribuyen este invento al italiano Galileo Galilei a principios del siglo XVII. Durante las primeras décadas del siglo XVII se comenzaron a utilizar los primeros microscopios compuestos formados por dos lentes de forma paralela al telescopio. Una sucesión de descubrimientos permitió la incorporación de estos microscopios como herramientas para el estudio de las rocas. Aunque no fue hasta el siglo XIX cuando se desarrolló la petrografía como rama dentro de la Geología. El descubrimiento del polarizador fue sin duda el aporte más significativo, lo que permitió el desarrollo del microscopio de polarización. Fue el físico y cristalógrafo escocés William Nicol (1768-1851) quien en 1828 desarrolló un pris-

Fig. 1. Microscopio con revólver fabricado por Leitz en 1909 (Imagen tomada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leitz_117298_frei.jpg)



ma que permitía obtener luz polarizada a partir de luz natural. Como resultado de este descubrimiento, hoy se conoce como “nicol” al polarizador que llevan los microscopios. Con el avance tecnológico, los microscopios han ido ganando en confort y precisión en las observaciones (Figs. 1 y 3).

No solo el incremento del conocimiento científico sobre las propiedades de la luz y las propiedades ópticas de los materiales permitió el estudio de las rocas a través del microscopio petrográfico. Igualmente importante fue la preparación de las muestras de rocas para hacerlas “transparentes”. El científico inglés Henry Clifton Sorby (1826-1908), ideó en 1849 preparar las rocas en láminas delgadas. El grosor propuesto de 30 micras (casi la tercera parte de las 80 micras del grosor del pelo humano), permite que la luz atraviese los minerales y su observación con un microscopio óptico de luz transmitida. Así fue el nacimiento de la Petrografía, rama de la Geología que se ocupa del estudio de las rocas, especialmente a escala microscópica. Posteriormente se desarrolló el conocimiento de las propiedades ópticas de los minerales permitiendo su identificación.

El microscopio petrográfico: particularidades

Los microscopios ópticos en general se basan en hacer pasar un haz de luz a través de un material y recoger la radiación resultante de la interacción entre el haz de luz y la muestra. La imagen es ampliada por los objetivos y oculares de forma que aumentamos la resolución a la vez que disminuimos la escala de estudio. Los objetivos de los microscopios forman una imagen real del objeto estudiado situada a menor distancia del ocular que la distancia focal de este, de manera que el ocular forma una imagen virtual, aún más aumentada, en una posición por debajo de la platina del microscopio (Gil-Crespo, 2009). Cuando se emplea luz no-polarizada la radiación de iluminación vibra en cualquier dirección, sin embargo, cuando empleamos un microscopio petrográfico la luz no vibra aleatoriamente, sino que el haz de iluminación posee un plano de vibración único (polarizado) (Fig. 2).

La polarización se consigue mediante un polarizador que se añade al microscopio óptico convencional ubicado entre la fuente de luz y la muestra (Fig. 3). El polarizador es un prisma de calcita o una lámina polaroide que deja pasar únicamente la luz que

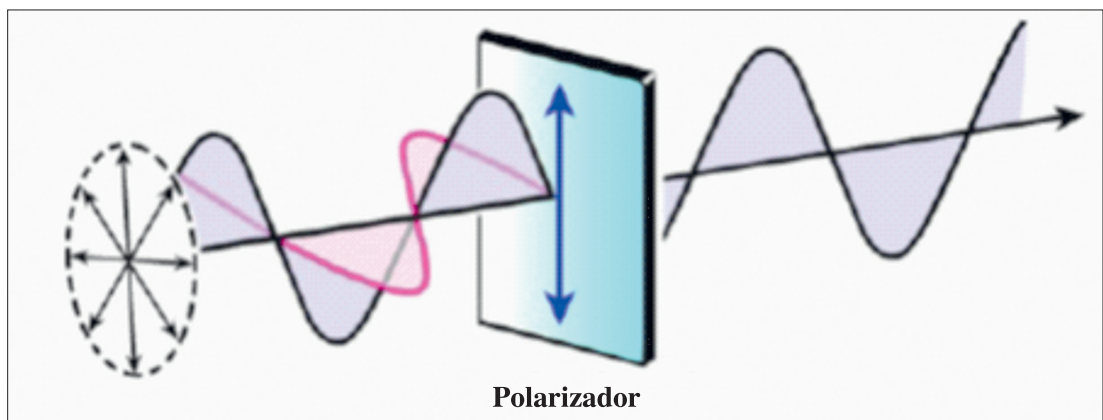


Fig. 2. Efecto de un polarizador sobre la luz (Tomado de Raith et al., 2012).

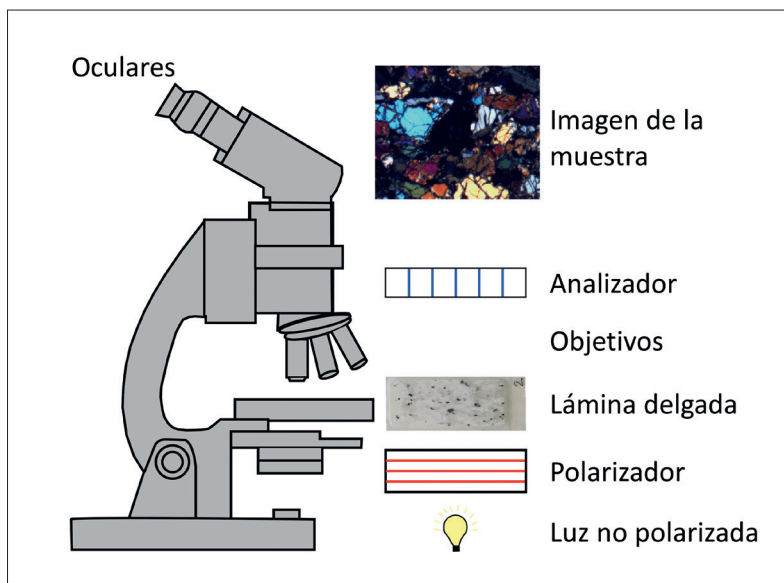
vibra en un único plano. El sistema de análisis de luz polarizada se completa con un segundo polarizador (llamado analizador), ubicado encima de los objetivos y antes de los oculares (Fig. 3). El analizador puede insertarse o retirarse. Cuando el polarizador superior (analizador) se inserta, decimos que la muestra se observa bajo nicoles cruzados, cuando se retira, la muestra se observa con nicoles paralelos.

La estructura del microscopio está basada en la combinación de dos sistemas de lentes convergentes (ocular y objetivo). El objetivo produce una imagen ampliada del objeto (muestra), mientras que el ocular aumenta adicionalmente la imagen producida. Los microscopios son muy utilizados en distintas ciencias (ej. Medicina, Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra), no obstante, el microscopio petrográfico o de polarización presenta algunas diferencias respecto a otros microscopios: (i) dispone de un sistema de polarización de la luz (presenta dos polarizadores); (ii) la platina portamuestras es giratoria; (iii) utiliza accesorios específicos como los compensadores (lambda y cuña de cuarzo) y la lente de Bertrand.

El microscopio petrográfico utiliza luz polarizada en su sistema de iluminación y la combinación de los dos polarizadores (Fig. 4). En la parte inferior justo encima del haz de luz se encuentra el polarizador, que se encarga que la luz que incide sobre la muestra vibre en una única dirección, normalmente E-W. La platina es circular y giratoria con un orificio central, donde se colocan las láminas delgadas que van a ser estudiadas. Los objetivos son lentes para ampliar la imagen de la muestra, normalmente se usan los objetivos 4x, 10x, 20x y 40x (aunque otros aumentos pueden ser encontrados). Los compensadores son cristales incoloros, anisótrpos con sus direcciones de vibración paralelas a los lados del soporte, utilizados para obtener el orden del color de interferencia y la elongación. El analizador está situado encima de los objetivos y de la ranura para introducir los compensadores, produce luz polarizada plana, similar al polarizador pero colocado con dirección de vibración perpendicular (generalmente N-S). El analizador no está siempre incorporado, se puede quitar según la propiedad que se esté observando. El analizador produce colores debido a la interferencia de la luz en los cristales anisótrpos, el color se debe a una absorción selectiva de la luz. La lente Bertrand se encuentra situada inmediatamente debajo de los oculares y sirve para observar las figuras de interferencia. La figura de interferencia también se puede observar sin la lente de Bertrand, quitando el ocular del microscopio. Los oculares son lentes, acopladas en la parte superior del tubo del microscopio y su función es formar una imagen ampliada de la imagen real. La mayoría de los oculares de los microscopios petrográficos son de 10x (aumentos).

LÁMINAS DELGADAS

Para poder estudiar una muestra en el microscopio petrográfico es necesario hacer previamente una preparación (lámina delgada). El procedimiento a seguir es distinto según del tipo de material que se trate, ya sea una muestra de material coherente (roca) o disgregado (suelo o arena). En la web se



pueden encontrar materiales e incluso videos sobre como es el procedimiento (por ejemplo, el desarrollado en el laboratorio de Petrología Aplicada de la Universidad de Alicante <https://vertice.cpd.ua.es/184679>; también en el canal AMiGEO titulado Making Rock Thin-Sections <https://www.youtube.com/watch?v=tA1XqcF7wPk>. En una roca el proceso incluye: corte, pulido de una cara, pegado, corte final, desbaste, pulido y cubrimiento (Tabla I).

Fig. 3. Esquema de un microscopio petrográfico. Se muestra la ubicación de los polarizadores con respecto a la lámina delgada, así como un ejemplo de una roca (Iherzolita) observada con nicoles cruzados.

CÓMO ADAPTAR UN MICROSCOPIO BIOLÓGICO

Ante la carencia de microscopio petrográficos en los centros de Educación Secundaria se pueden encontrar soluciones sencillas para adaptar los microscopios biológicos con un polarizador, de forma que la luz que incide sobre los minerales sea polari-

Fig. 4. Partes de un microscopio petrográfico

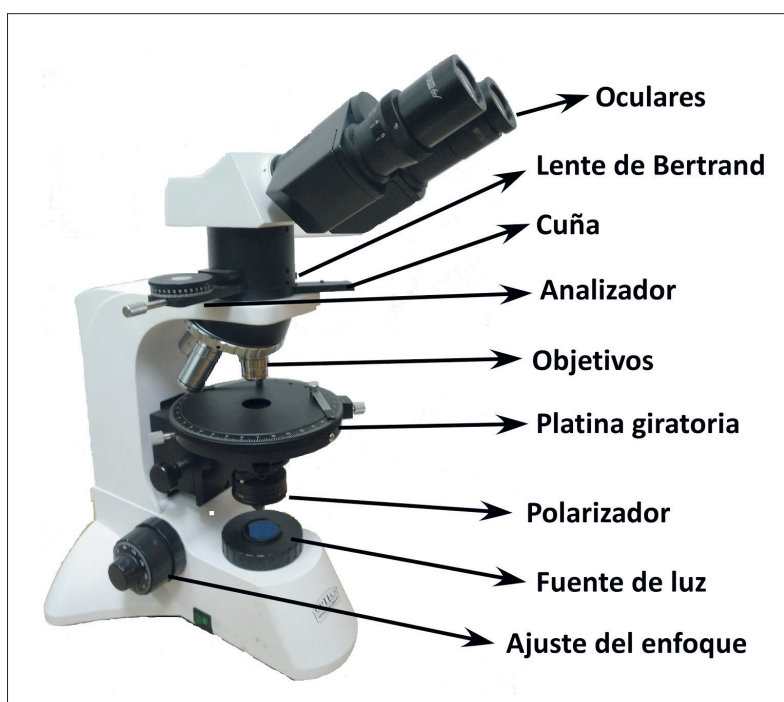

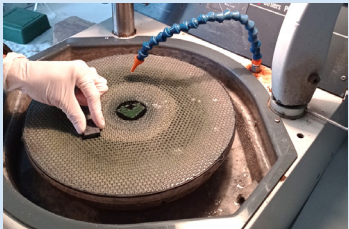

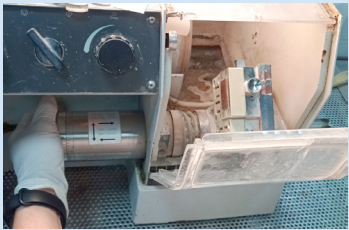
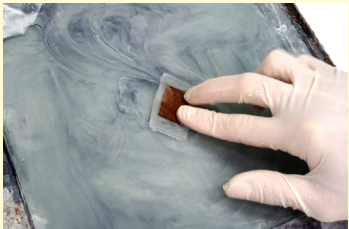
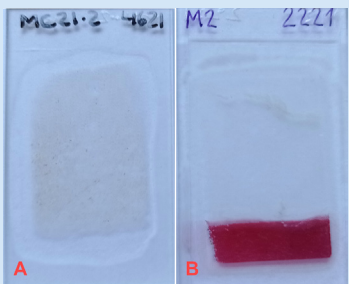


Tabla I. Partes del proceso de realización de una lamina delgada, con fotografías de cada parte del proceso.

Corte	se corta un trozo de roca con una sierra de punta de diamante para obtener una superficie plana y formar un taco	
Pulido	una vez obtenida una superficie plana, ésta se desbasta y pule para eliminar las huellas del corte y obtener un plano liso	
Pegado	la superficie pulida se pega sobre un portaobjetos de vidrio con una resina epoxi o bálsamo de Canadá	
Corte final	ya pegado el trozo de roca al portaobjetos, se recorta para obtener una lámina lo más fina posible	
Desbaste	la muestra se desbasta hasta alcanzar un espesor de 30 micras	
Cubrimiento	finalmente, a la muestra se le coloca un cubreobjetos pegándolo con un cemento similar al usado para pegar la roca al portaobjetos (A). En ocasiones para realizar posteriores investigaciones sobre los minerales, la superficie es pulida, esto garantiza la calidad al observar las muestras al microscopio y la posibilidad posterior de utilizar microscopios electrónicos. También pueden utilizarse tinciones selectivas que permiten diferenciar minerales con propiedades ópticas similares como los feldespatos o los carbonatos. La imagen B, muestra en su parte inferior tinción para discriminar la calcita de la dolomita.	

zada. Esto permitirá observar las muestras a través de luz polarizada, observando las propiedades con luz plana (ej. color, forma, relieve). Al no poder girar la platina se puede girar el polarizador, de esta forma se puede observar algunas propiedades ópticas como el pleocroísmo que presentan los minerales. Si se pudiera adaptar otro polarizador entre los objetivos y los oculares, se podrían determinar las propiedades con nicols cruzados (ej. anisotropía, colores de interferencia, maclas). Si el micros-

copio no tiene ranura donde colocar el analizador y para evitar tener que realizar un corte en el armazón (pues el analizador se coloca entre los objetivos y los oculares), se puede colocar el analizador justo encima de la muestra, siempre que garanticemos que está perpendicular al polarizador. La forma de comprobar que el polarizador y analizador están en posición perpendicular, es ir girándolos sin muestra hasta que no pase luz (se oscurezca completamente el campo visual).

En el trabajo de Donaire y Pascual (2012) se puede ver el ejemplo de cómo crear un pequeño dispositivo que permita ver las láminas delgadas en el aula. En este ejemplo se utiliza un tubo de material rígido al que se le incorporan dos filtros de polarización a los lados de la ranura de colocación de la lámina delgada. Además, se ubica una lente en uno de sus extremos y un foco de luz en el otro. Los filtros polarizadores pueden ser comprados fácilmente tanto en tiendas especializadas como no especializadas de material científico e incluso se pueden adquirir en empresas habituales de venta *online*, pudiendo encontrarse láminas polarizadoras a precios muy económicos. Estas láminas pueden ser cortadas y adaptadas al tamaño deseado de forma que puede ser adaptado más de un microscopio con una de ellas.

¿QUÉ INFORMACIÓN APORTA EL MICROSCOPIO PETROGRÁFICO A LAS CIENCIAS DE LA TIERRA?

Con unos sencillos pasos el alumnado puede utilizar el microscopio petrográfico para identificar los minerales que forman una roca. Después de algunas sesiones los estudiantes suelen ir más rápido en la caracterización del material, sobre todo con los minerales comunes y que presentan características distintivas (ej., cuarzo, plagioclasa, biotita, granate).

Lo primero que debe hacer es familiarizarse con el microscopio. Para ello debe identificar sus componentes y ver cómo funcionan (Figs. 3 y 4). Se debe comprobar que los nícoles están perfectamente cruzados, el método más sencillo es cruzarlos sin lámina delgada, de esta forma no debe pasar luz (se oscurece el campo visual), sino es así debe corregirse la orientación de los polarizadores. Además, debe comprobarse que el microscopio este centrado, es decir al girar la platina el punto central debe mantenerse en su sitio, si vemos que hay un desplazamiento debe ser corregido.

Posteriormente se coloca la lámina en la platina. ¡Siempre con mucho cuidado!, puede romperse. Buscar el enfoque adecuado (girando los rodillos de enfoque; ver Fig. 4), en este procedimiento hay que tener cuidado, se puede romper la lámina y/o los objetivos si realiza un movimiento brusco. Realizar un recorrido por toda la lámina, observar si tiene grandes variaciones en la texturas o mineralogía.

Se identifican los minerales a través de sus propiedades ópticas (Tabla II) y se describen las texturas de las rocas. Esta descripción textural se centra en los tamaños de grano, grado de cristalización y relación mutua entre los diferentes granos.

Además de identificar los minerales y determinar su proporción volumétrica, para nombrar apropiadamente la roca, necesitamos describir su textura. Se conoce como textura al conjunto de relaciones espaciales intergranulares y de características morfológicas (tamaño y forma) de los componentes (granos y/o agregados minerales). Debido a la variabilidad de los componentes que forman una roca, existen muchos tipos de relaciones espaciales y morfológicas, es decir, texturas. Con respecto al tamaño absoluto de los cristales, existen distintas clasificaciones, McKenzie *et al.* (1996) emplean para las rocas ígneas los términos: Grano grueso (> 5 mm); Grano medio (1-5 mm); Grano fino (< 1 mm). Las rocas sedimentarias clásticas se clasifican igualmente dependiendo del tamaño de partícula, pudiendo encontrarse diferentes clasificaciones. La norma alemana DIN 4022 las separa en piedra/bloque (>63 mm); grava (2-63 mm); arena (0.06-2 mm) y; limo (0.002-0.6 mm) y arcilla (<0.002 mm). Mientras que las rocas metamórficas presentan como característica más distintiva la presencia de foliación. La foliación es la disposición en planos (láminas) que desarrolla las rocas cuando se ven sometidas a incrementos de presiones. Con el incremento progresivo de temperatura y presión, en las rocas metamórficas incrementa el grado metamórfico, lo que suele ir acompañado de incremento de tamaño de grano. Todas estas características son observables al microscopio petrográfico, permitiendo nombrar la roca de forma precisa.

EXPERIENCIA PARA EL AULA

El objetivo de identificar de forma precisa minerales con microscopio petrográfico y, a continuación, proceder a la clasificación de rocas por parte del alumnado de niveles educativos pre-universitarios puede ser poco realista. Sin embargo, creemos que es esencial transmitir al alumnado de Enseñanza Secundaria la metodología científica que hay detrás de estas clasificaciones de rocas.

A continuación, proponemos una actividad en la que hemos elegido dos rocas sedimentarias, dos rocas ígneas (una plutónica y una volcánica) y dos rocas metamórficas, con características muy diferentes que permiten al alumnado identificarlas y asignarlas a los grupos principales de rocas.

La figura 5A muestra una roca sedimentaria clástica. La roca está constituida principalmente por granos de cuarzo y escasos granos de moscovita. El tamaño de grano es de 0.12-0.14 mm, por lo que la roca puede ser clasificada como una arenisca de grano fino. Además, el grado de redondez de los granos nos indica cuanto transporte sufrieron los sedimentos, que a su vez nos habla de la dis-

Nícoles paralelos	Nícoles cruzados	
opacidad	Iluminación ortoscópica	Iluminación conosocópica
color y pleocroismo	isotropía/anisotropía	clase óptica: uniáxica/biáxica
forma y tamaño	colores de interferencia	
exfoliación	extinción	signo óptico: positivo/negativo
relieve	maclas	

Tabla II. Principales propiedades ópticas que se utilizan para identificar los minerales.

tancia con respecto al área fuente. En este caso se observan granos subredondeados.

En la figura 5B se reconoce una caliza, que está constituida casi exclusivamente por fragmentos de carbonato de calcio, cementados por el mismo mineral (calcita). Cabe destacar en la imagen que la mayoría de los fragmentos son bioclastos (restos de organismos). Entre estos organismos se observan foraminíferos, equinodermos, bivalvos, etc.

La figura 5C presenta un basalto, roca volcánica muy común, en este caso la muestra procede de la última erupción en la isla de La Palma. En la imagen se observan fenocristales (cristales de mayor tamaño respecto al resto de los componentes) de olivino y piroxeno (0.8-1 mm) englobados por una matriz de grano muy fino (microcristales) de plagioclasa, piroxeno y abundancia de vidrio volcánico. Estas características nos indican que el magma se enfrió en superficie y por tanto la roca es efusiva.

La figura 5D muestra un granito, roca intrusiva donde el magma se enfrió en profundidad. Se observa que la roca está formada totalmente por cristales, además los cristales son de tamaño medio (1-1.2 mm). Los minerales que constituyen la roca son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita.

En la figura 5E se reconoce una filita, que es una roca metamórfica, foliada y de grano fino. Los constituyentes de la roca son moscovita, clorita y cuarzo. La asociación mineral y el tamaño de granos indica que la roca es de bajo grado metamórfico.

La figura 5F presenta un esquisto, roca metamórfica, de grano grueso e igualmente foliada. La muestra está constituida por cuarzo, moscovita, biotita y granate. La asociación mineral y el tamaño grueso de los cristales nos indica un grado metamórfico medio.

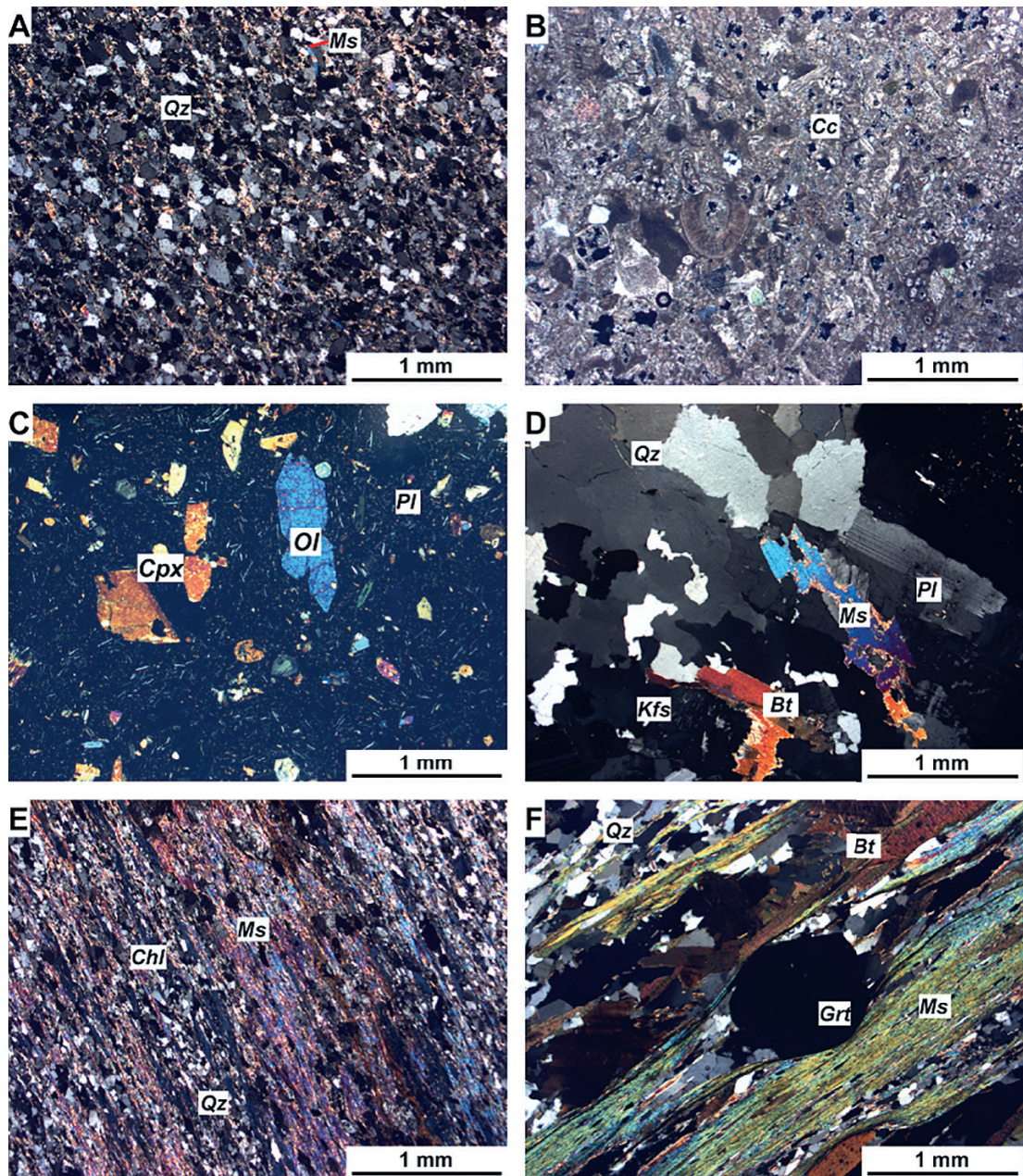


Fig. 5. Microfotografías de láminas delgadas. Todas las imágenes han sido tomadas con nicoles cruzados. Los minerales presentes son: Qz=cuarzo, Ms=moscovita, Cc=calcita, Pl=plagioclasa, Ol=olivino, Px=piroxeno, Kfs=feldespato potásico, Bt=biotita, Chl=clorita, Grt=granate. Para la descripción de cada lamina ver el texto.

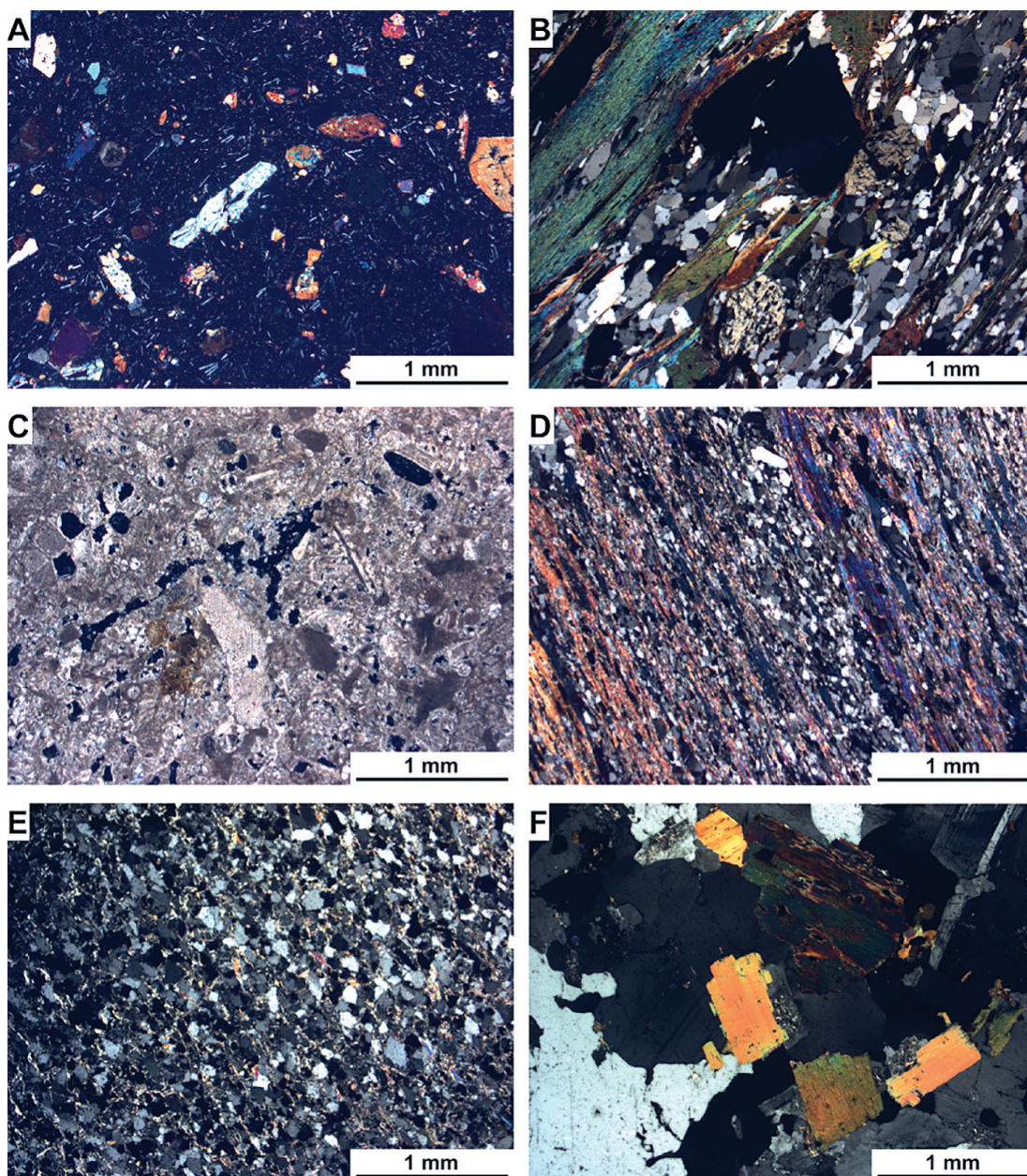


Fig. 6. Microfotografías de láminas delgadas. Todas las imágenes han sido tomadas con nícoles cruzados.

ACTIVIDAD

En la figura 6 se incluyen 6 fotos de láminas delgadas. La idea es con ayuda de los conocimientos alcanzados y el ejemplo anteriormente resuelto (Fig. 5), los estudiantes puedan ir estudiando las rocas y profundizando en la descripción.

El primer objetivo que se puede plantear al alumnado es que asignen estas seis rocas al grupo de roca al que pertenecen: sedimentaria, ígnea o metamórfica. Posteriormente, deben trabajar en cada una de las parejas de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas para hacer una clasificación algo más detallada.

En el caso de las rocas sedimentarias deben ser clasificadas en detríticas o clásticas (formadas por fragmentos de minerales o fósiles); químicas (resultado de la precipitación a partir de una solución, ej. yeso, halita) u orgánica (restos de animales y/o vegetales). Finalmente, siempre que sea posible, y con

ayuda del profesorado, se le puede dar el nombre apropiado. Si observamos las imágenes 6C y 6D pertenecen a este grupo, siendo la 6C una caliza con restos de organismos y la 6D una arenisca de grano fino.

Para las rocas ígneas el alumnado debe tener en cuenta si el magma se enfrió en superficie o en profundidad. El criterio utilizado para esta clasificación es el grado de cristalinidad. En el caso de las rocas plutónicas, el magma se enfría lentamente en profundidad, lo que permite que la roca cristalice totalmente y se observe tamaño de grano medio a grueso. En el caso de las rocas volcánicas o efusivas, cuando el enfriamiento ocurre en la superficie, las rocas son de grano fino, pudiendo aparecer vidrio volcánico. Las imágenes 6A y 6F pertenecen a este grupo, siendo la 6A un basalto y la 6F un granito.

Finalmente, para la pareja de rocas metamórficas se tiene en cuenta la presencia de foliación (aunque no todas lo presenta como los mármoles, por ejemplo). Como criterio muy general de clasificación

se puede tener en cuenta que el tamaño de grano es proporcional al grado metamórfico. Las imágenes 6B y 6D pertenecen a este grupo, siendo la 6B un esquistito y la 6D una filita.

CONSIDERACIONES FINALES

El microscopio petrográfico es una herramienta indispensable en el estudio de las rocas y de sus minerales. Por la facilidad y la inmediatez de la técnica, las rocas son clasificadas en los centros educativos “a visu”. Esa identificación puede generar incertidumbres en el alumnado y, especialmente, la falsa idea de que las rocas se clasifican de esta manera. Con una sencilla actividad, se puede transmitir al alumnado de Enseñanza Secundaria, la metodología científica para la clasificación de rocas. Para darle el nombre apropiado a las rocas, debemos basarnos en la identificación de los minerales presentes y su abundancia relativa, así como de la textura que presenta. Estas características son observables con el microscopio de luz polarizada transmitida o petrográfico. Ante la escasez de materiales en los centros de enseñanza secundaria (microscopios petrográficos, láminas delgadas), ofrecemos en este trabajo material gráfico sencillo que puede servir para que el alumnado realice una investigación sencilla y, al menos, diferencie los grandes grupos de rocas. Como complemento a esta actividad, el docente puede transmitir con posterioridad, algunas ideas generales de cómo los científicos identifican los minerales y las texturas de las rocas, clasificando con un nivel mucho más detallado los diferentes tipos de roca.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, I. y Velilla, N. (2018). ¿De qué está hecho este material? Una introducción al uso e interpretación de las técnicas básicas de caracterización de los minerales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26.3, 265-273.

Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J.A. y Molina, E. (2000). El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra: Su distribución paleoceanográfica en el tránsito Cretácico/Terciario. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.2, 108-118.

Calonge, A., Caus, E., García, J. (2001). Los foraminíferos: presente y pasado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.2, 144-150

Corbí, H., Giannetti, A., Baeza-Carratalá, J.F., Falces Delgado, S. (2012). Los microfósiles y la Crisis de Salinidad del Mediterráneo como recurso didáctico en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.3, 249-261.

Craig, J. R., Vaughan, D. J. (1994). *Ore microscopy and ore petrography* - 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. 448 p.

Cruz, E.M. (1998). Etapas para el aprendizaje de las rocas con el uso del microscopio. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6.2, 179-184.

Donaire, T., y Pascual, E. (2012). Propiedades básicas de petrografía óptica aplicadas a la clasificación y estudio de las rocas ígneas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.2, 188-197.

Franco, M.D. y Gonzalo, J.C. (2000). Taller de Petrología. Enseñanza de la Petrología con el microscopio petrográfico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.1, 38-47.

Gil-Crespo, P.P. 2009. Atlas de Mineralogía Óptica. <https://www.ehu.es/mineralogiaoptica/>

Jiménez, J. y Velilla, N. (2004). “Óptica Mineral”: una herramienta informática para el estudio de los minerales en el microscopio petrográfico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12.1, 57-61.

MacKenzie, W.S., Donalson, C.H., Guilford, C. (1996). *Atlas de rocas ígneas y sus texturas*. Masson, Barcelona. 160 p.

Raith, M.M., Raase, P., y Reinhardt, J. (2012). *Guía para la microscopía de minerales en lámina delgada*. ISBN 978-3-00-040623-2 (PDF). 134 p. ■

Este artículo fue recibido el día 02 de enero de 2021 y aceptado definitivamente para su publicación el 5 de marzo de 2021.