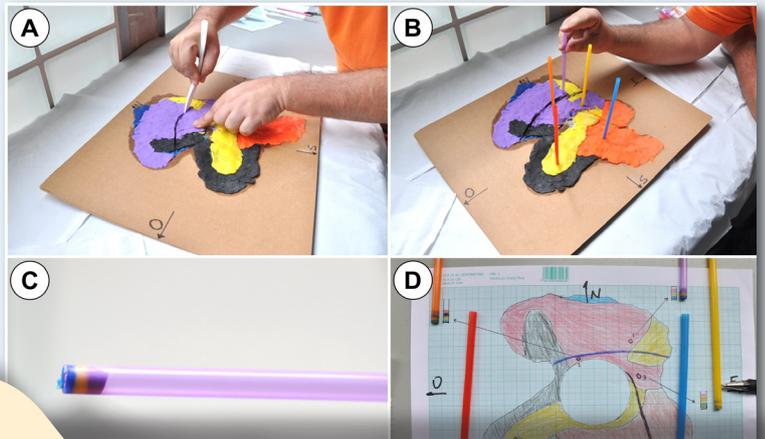


Cuaderno de actividades

compartiendo ideas, experiencias
y prácticas educativas

VOLCANES MARCIANOS VERSUS TERRESTRES

*Ángel Ortiz-García
Francisco José Perez-Torrado*



ANALOGÍA DIDÁCTICA ENTRE LA CRISTALIZACIÓN DEL FOSFATO MONOAMÓNICO Y LA TEXTURA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

Una sencilla visión en un laboratorio de educación secundaria

*José Pedro López Pérez
Raquel Boronat Gil
Margarita Gómez Tena*



ANALOGÍA DIDÁCTICA ENTRE LA CRISTALIZACIÓN DEL FOSFATO MONOAMÓNICO Y LA TEXTURA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

Una sencilla visión en un laboratorio de educación secundaria

OBJETIVOS

1. Acercar a los docentes nuevas prácticas de laboratorio, sencillas en cuanto a materiales y metodología de trabajo.
2. Comprobar cómo la velocidad diferente de enfriamiento aplicada a una disolución concentrada de una sal, el fosfato monoamónico [(NH₄)H₂PO₄], nos puede acercar a discutir la analogía de la textura final de una roca magmática.
3. Fomentar la participación del discente.
4. Ayudar a la comprensión de conceptos puramente teóricos y alejar las ideas previas erróneas sobre concepciones de la textura de las rocas magmáticas, favoreciendo con ello un fomento del procedimiento de laboratorio y el aprendizaje significativo final en el alumnado.

CONTEXTO EDUCATIVO

- La actividad práctica ha sido propuesta para alumnos que cursan 3º y 4º de ESO (materia de Biología y Geología), 1º Bachillerato (Biología y Geología) y 2º Bachillerato (optativa Geología).

DURACIÓN

- La práctica educativa se ha planteado en dos sesiones de 55 minutos, con un período intermedio entre ellas de 7 días (que determinará el crecimiento final de los cristales).

MATERIALES

Generales

- Fosfato monoamónico (MAP 12-61-0, comercial Fertinagro¹)
- Matraz Erlenmeyer
- Rejilla termodifusora
- Trípode
- Mechero Bunsen
- Espátula
- Balanza
- Vasos de plástico de 1 L.

Construcción Cámara magmática didáctica

- Nevera de poliestireno. Dimensiones: 33.5×25×27 cm.
- Vasos de plástico de 1 L.
- Papel de aluminio
- Cúter
- Espuma de poliuretano
- Plancha de poliestireno. Dimensiones: 28.5×21×4 cm.

¹ Se han probado tres comerciales que suministran fosfato monoamónico en las concentraciones descritas en la experiencia, obteniendo resultados satisfactorios –exclusivamente– con el que se indica en esta metodología.

Planteamiento del problema

Los volcanes son resultado de la acumulación en la superficie terrestre del material fundido procedente del interior de la litosfera. Para muchos, un atractivo didáctico y científico tan bello que debe protegerse (Callis et al., 2007; López et al., 2010; Fig. 1). Su estudio en el currículo de Educación Secundaria y Bachillerato es muy extenso, abarcando la formación, el análisis en profundidad del magma, composición y tipos, las rocas resultantes de la actividad volcánica, así como la relación entre magmatismo y tectónica de placas (BOE, 2015; BORM, 2015 a y b). Un apartado que puede favorecer el trabajo en grupo entre



Fig.1. Grupo de alumnos de 2º de ESO del IES "Ricardo Ortega" de Fuente Álamo en lo alto del Cabezo Negro de Tallante (Cartagena-Murcia) en una visita didáctica. Curso académico 2013-2014.

los alumnos de enseñanza media es el análisis de la textura de la rocas magmáticas (ver Tabla 1). Se denomina textura a la relación que existe entre los distintos elementos y estructuras finas que determinan una roca ígnea (formas minerales, tamaño, presencia de poros...). Su importancia es vital, ya que nos ofrece una valiosa información sobre el proceso de formación de la

TEXTURA	CARACTERÍSTICAS	ASOCIACIÓN
GRANUDA	Roca constituida por cristales homogéneos en tamaño, observables a simple vista. Constitución de rocas faneríticas.	Se asocia a magmas que han enfriado lentamente dentro de la litosfera, de manera que en las distintas fases de la cristalización han dado lugar a grandes masas cristalinas. Típica de rocas PLUTÓNICAS
MICROGRANUDA O APLÍTICA	Rocas que presentan cristales homogéneos, si bien de menor tamaño que las anteriores.	Rocas que se han formado como consecuencia de un enfriamiento más rápido del magma que el anterior caso. Se da en rocas PLUTÓNICAS.
PORFÍDICA	Roca que presenta grandes cristales o fenocristales inmersos en una matriz microcristalina o vítrea.	Se asocia con magmas que han sufrido una primera fase de enfriamiento lento, mientras que las posteriores lo han acelerado. Típica de rocas SUBVOLCÁNICAS O VOLCÁNICAS.
VÍTREA	Roca donde no se aprecia la formación de cristales.	Se relaciona con enfriamiento del magma muy rápido, típico de LAVAS que salen a superficie.
PEGMATÍTICA	Roca formada por cristales muy grandes formados bajo condiciones especiales de temperatura y presión.	Las rocas con esta textura se dice que son las PEGMATITAS (presentes en los márgenes de localización de rocas plutónicas).

Tabla 1. Tipos de textura, características y asociación con una roca ígnea. Fuente: Elaboración propia a partir de: García et al (2008), Meléndez y Fuster (2003) y Tarbuck y Lutgens (2008).

roca. Basándonos en la textura encontramos dos tipos de rocas: (1) faneríticas y (2) afaníticas, donde se puede o no distinguir la masa mineral constituyente a simple vista, respectivamente (Tarbuck y Lutgens, 2008; Castro, 2015). Cuando en el aula intentamos debatir la formación de una roca magmática, el análisis de la textura macroscópica de algunas rocas da bastante juego y comentarios (Fig. 2); si bien quedan siempre preguntas difíciles de abordar, como se especificará más abajo. Este debate de pruebas macroscópicas se puede compaginar, en aquellos centros de enseñanza media que tienen la suerte de disponer de un microscopio petrográfico, con la observación de cortes finos de rocas, aportando un mayor y más completo estudio del origen y la formación de las rocas magmáticas basado en el análisis de la textura. Sin ir más lejos, la Fig. 3 muestra unas imágenes al microscopio petrográfico de dos preparaciones comerciales de rocas, granito y basalto, tomadas mediante la cámara que dispone el teléfono inteligente de algunos alumnos. En el caso del granito se puede apreciar la homogeneidad y gran tamaño de los cristales frente al basalto, donde se aprecia una riqueza de materia microcristalina, casi vítrea, envolviendo a un reducido número de fenocristales o macrocristales

A todos estos estudios basados en la observación se les puede unir explicaciones docentes que abarcan multitud de contenidos conceptuales, en una clase puramente transmisora de conocimientos, alejando con ello a los alumnos del estudio de la geología. Por lo tanto, es necesario el debate en el aula y el impulso del método científico entre el discente, para lo que el laboratorio puede ser de gran ayuda y motivación (López y Boronat, 2016; 2018), necesario para nuevos cambios en la didáctica y enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

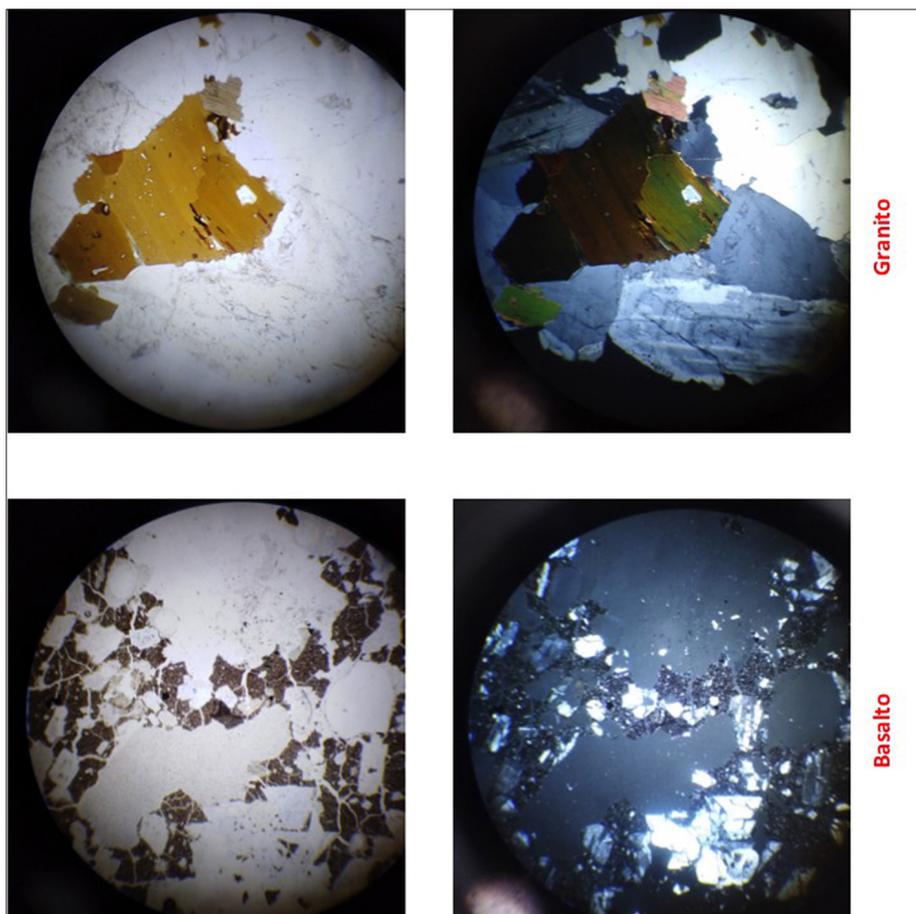
Metodología de trabajo

Construcción de una cámara magmática didáctica

El magma se define como una masa fundida de roca que puede acompañarse de una fase fluida. Los componentes volátiles del mismo están a alta presión por estar sometidos a elevada temperatura en un volumen determinado confinado, con lo que si su presión supera a la litostática pueden apartar a las rocas encajantes y ascender con ello a la superficie (del Rosario y Rossis, 2018). Este ascenso no es muy rápido en el tiempo, dependiendo además de la viscosidad, mayor cuanto mayor es la concentración de sílice, que puede determinar un aumento del índice de rozamiento de la masa como consecuencia de la facilidad



Fig. 2. Aspecto macroscópico de dos rocas que, aún manteniendo la misma composición química teórica, presentan diferentes texturas. Granito procedente del Parque Nacional de Aigüestortes (izquierda) y Riolita del Parque Natural de Cabo Gata-Níjar (derecha).



para polimerizar. Conforme asciende, el magma se consolida y da lugar a una roca ígnea. Dependiendo del lugar de consolidación, cercano o alejado del interior de la litosfera, tenemos varios tipos de rocas (Tarbuck y Lutgens, 2008). Para modelar la formación de rocas plutónicas, aquellas que consolidan en el interior de la corteza terrestre y que, según lo indicado en la Tabla 1, presentan grandes cristales, se ha procedido a construir una cámara magmática de consolidación a partir de una nevera de poliestireno (“corcho blanco”). Su interior fue forrado con papel de aluminio, disponiendo además de dos vasos de plástico de 1 L de capacidad. El volumen vacío que dejaban los mismos se rellenó con espuma de poliuretano. Tras dejar secar, se cortó el sobrante, quedando la cámara magmática didáctica tal y como se aprecia en la Fig. 4. Para impedir más aún la pérdida de calor en un corto período de tiempo en el interior, se tapó el hueco que dejaba la cámara con la tapadera de la nevera con otra placa de poliestireno de igual grosor.

Fig. 3. Imágenes de cortes finos de dos rocas ígneas (granito y basalto) al microscopio petrográfico tomadas por alumnos con las cámaras que portan sus Smartphone. Las de la izquierda corresponden a una exposición con nicols paralelos. Las de la derecha están realizadas con nicols cruzados. Se denota en el granito la homogeneidad de la preparación en cuanto al tamaño cristalino. Por el contrario, en el basalto hay una disparidad en cuanto a tamaños de los cristales, si bien hay un espacio grisáceo, vítreo, indicativo de falta de ordenación interna de la material mineral. (Objetivos 4x).

Preparación de la disolución de sal

350 gramos de fosfato monoamónico, en su forma comercial de abono MAP 12-61-0 (comercial Fertinagro), se disolvieron en 500 ml de agua en el interior de un matraz Erlenmeyer de 1 L de capacidad (Fig. 4). La disolución se calentó hasta los 80°C, manteniendo la exactitud de este valor térmico con la ayuda de un termómetro. Tras la homogeneización y disolución de la mezcla de la sal amoniacal con el agua y alcanzar la temperatura marcada, se vertió el contenido del matraz en un vaso de plástico de 1 L de capacidad disponiéndolo en el interior de la análoga cámara magmática construida. De igual modo, se preparó otra disolución de sal pero, en esta ocasión, la solución resultante se dejaba enfriar a temperatura ambiente, fuera de la cámara. La experiencia se realizó por triplicado.

Desarrollo de la actividad

En la propia definición de mineral viene implícita la concepción de cristal. La ordenación interna de la materia cristalina se puede lograr mediante tres procedimientos: (1) a partir de un fundido rocoso, (2) a partir de un sublimado o (3) mediante una disolución salina en agua. Ésta última es la que se ha utilizado en esta experiencia para demostrar el primer procedimiento, que se llevaría a cabo a partir de un fundido rocoso, jugando con la variable velocidad de enfriamiento, con el fin de observar

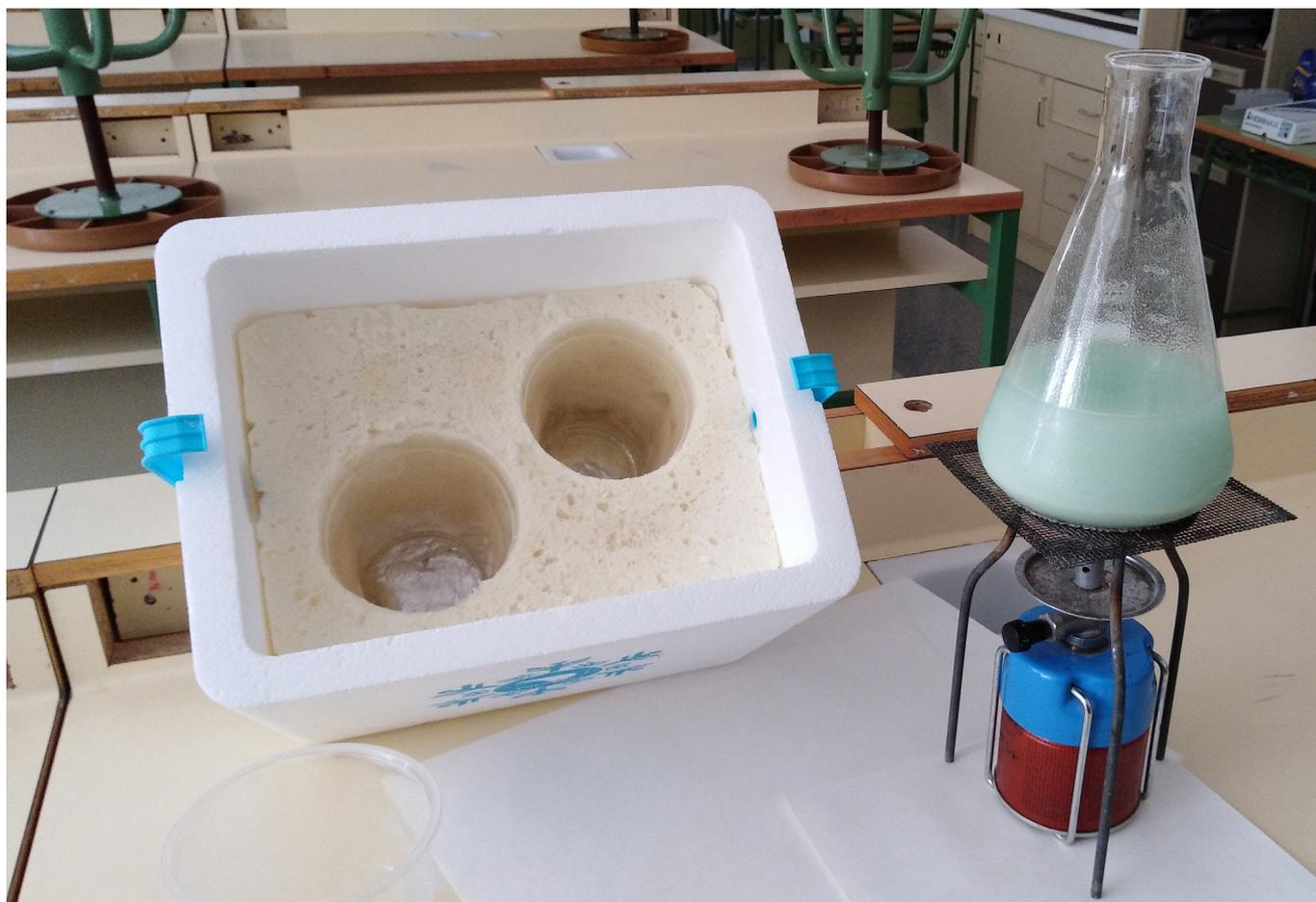


Fig. 4. Detalle de la cámara magmática didáctica diseñada para esta experiencia de laboratorio, fabricada a partir de una nevera de poliestireno y un relleno interno de espuma de poliuretano para evitar la pérdida rápida de calor. A la derecha, aspecto de los matraces con la disolución de fosfato monoamónico, calentándose con la ayuda de mecheros Bunsen de laboratorio y tripodes provistos de rejillas termodifusoras.

variaciones en el tamaño de los cristales que pudieran correlacionarse con la localización de la consolidación de un magma en la litosfera y el tipo de roca ígnea final definitiva. La Fig. 5 muestra el aspecto y tamaño de los cristales de fosfato monoamónico (sistema tetragonal) tras dejar la disolución dentro de la cámara didáctica construida, o en el exterior, a temperatura ambiente, una semana en el laboratorio del instituto. Llama la atención en primer lugar que el abono tiene una importante facilidad para ofrecer espectaculares cristales aciculares de color verde (puede comprobarse esta propiedad a las 6 horas de enfriar la disolución a temperatura ambiente), que bien llaman la atención de los discentes. No obstante, y ofreciendo a los alumnos una regla de medición, se ponen de manifiesto dos peculiaridades en el tamaño: en (1) longitud y (2) grosor de los cristales. Cuando la disolución de la sal amoniacal enfría lentamente dentro de la cámara, igual que lo haría en el interior de la litosfera, ofrece cristales de mayor tamaño y de número reducido, como consecuencia de una menor tasa de nucleación y formación de pocos núcleos de condensación (Castro, 2015). Al hacerlo rápidamente, como lo haría en el exterior de la litosfera, los cristales son de mayor tamaño y numerosos. La analogía didáctica presentada en esta experiencia concuerda con las aportaciones científicas y evidencias recogidas en la bibliografía de este trabajo. Las rocas plutónicas, caso del granito, cristalizan poco a poco en el interior de la corteza terrestre, caracterizándose por la homogeneidad y el gran tamaño de los cristales. Por el contrario, cuando el magma enfría rápidamente, tal es el caso del responsable de las rocas volcánicas, el grado de cristalización es menor que en el anterior ejemplo (Meléndez y Fuster, 2003); observándose en muchos casos una reducción drástica del tamaño (que puede compaginarse con un aumento importante en el número de posibles cristales) que incluso no es considerada como cristalización, pasando a llamarse vidrio volcánico. Estos resultados también confirman las imágenes obtenidas bajo el microscopio petrográfico mostradas en la Fig. 3.

Aspectos didácticos

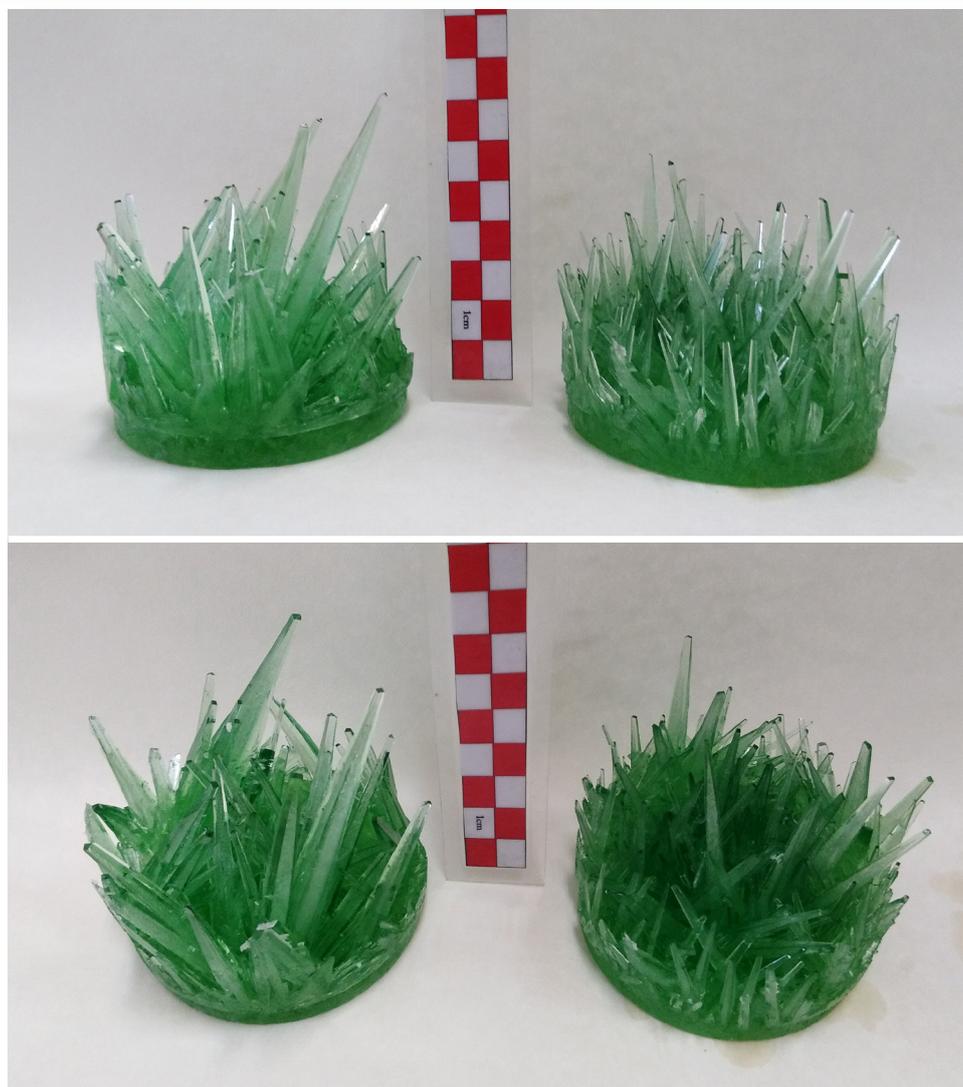


Fig. 5. Aspecto de la cristalización del fosfato monoamónico. Derecha: cristalización tras un descenso rápido de la temperatura. Izquierda: cristalización en el interior de la cámara magmática didáctica diseñada en esta experiencia. Imagen superior (visión lateral). Imagen inferior (visión desde arriba). Se denota un aumento del tamaño de los cristales cuando no se produce un descenso brusco en el tiempo en la temperatura de cristalización, ofreciendo un mayor ordenamiento de las partículas en las reducidas semillas que iniciarán una nucleación y posterior crecimiento de las estructuras. Por el contrario, cuando la temperatura desciende rápidamente, se produce un aumento en el número de cristales y de menor tamaño.

La enseñanza de la geología necesita profundos cambios en nuestros días. Es necesario pasar de la clásica metodología donde el profesor es un mero transmisor de conocimientos y, el alumno, el oyente final de los mismos. Para nosotros, este posible cambio puede iniciarse con una metodología activa de trabajo, haciendo ver al discente que la aplicación del método científico a un hecho o a una pregunta que se está comprobando en el aula, es más que suficiente como mecanismo de atracción a su estudio y que su aprendizaje final sea significativo. Esta comunicación expone la comprobación en el aula de cómo presentando a los alumnos dos tipos de rocas ígneas, crecía el debate cuándo se les decía que mostraban la misma composición química teórica, observando un distinto aspecto en presencia y distribución de los cristales. Se completaban estos hechos con la observación de cortes finos de rocas similares al microscopio petrográfico y su correlación con el posible origen y localización en la columna litosférica. Pero, si dejamos esta clase sin más, no es posible que el hecho significativo de aprendizaje sea el correcto.

¡Creemos necesario una experimentación en el laboratorio más profunda! El fosfato monoamónico muestra una excelente cristalización en un corto espacio de tiempo y, siguiendo las pinceladas generales de su empleo en la cristalografía en la escuela (García, 2010), se aplicó en esta analogía didáctica. El resultado, como se ha podido comprobar con la lectura de esta comunicación, fue todo un éxito entre el alumnado y se aconseja su puesta en práctica al resto de docentes interesados en mejorar la visión de una ciencia, que tanto aportó en los siglos XIX (Pelayo, 1991) y XX (con la visión integral de síntesis aportada con la Teoría de la Tectónica de Placas) y que tan presente está en nuestro día a día a día con noticias impactantes de volcanes que entran en actividad o terremotos que intimidan a una sociedad que cree ser muy superior.

Conclusiones

Las Ciencias de la Tierra necesitan de nuevas contribuciones para hacer más atractivo su estudio por parte de los discentes. Algunas concepciones pueden trabajarse en el laboratorio de Educación Secundaria aplicando los conceptos teóricos a las prácticas sencillas y recreativas. La cristalización del fosfato monoamónico ofrece una posibilidad notable como analogía didáctica para comprender la génesis de las rocas ígneas y su correlación con la textura.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento al alumnado que cursó las materias de Biología y Geología de 4º ESO y 1º Bachillerato (cursos 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018) del IES "Ricardo Ortega" de Fuente Álamo (Murcia, España), por el interesante trabajo realizado que ha culminado en la elaboración de esta comunicación. Este trabajo fue expuesto por los alumnos de 1º de Bachillerato del curso 2017-2018 al resto de la comunidad educativa del IES, en un espacio creado en el hall del centro de estudios llamado "El rincón de la ciencia". ¡La experiencia fue todo un éxito! De su tenacidad y como complemento a este trabajo, los alumnos ganaron el primer premio del II Concurso de Cristalización organizado por la Real Sociedad Española de Química, S.T. Región de Murcia (30 de mayo de 2018).

Bibliografía

- BOE. 2015. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado nº 3. 169-546.
- BORM. 2015a. Decreto nº 220/2015, de 2 de septiembre de 2015, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Boletín Oficial de la Región de Murcia número 203. 30729-31593.
- BORM. 2015b. BORM. 2015b. Decreto nº 221/2015, de 2 de septiembre de 2015, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Boletín Oficial de la Región de Murcia número 203. 31594-32545.
- Callis, P., Bejar, X., Browning, P., Cros, R., Fortià, R., Lockwood, M., Oliver, X., Montserrat, J., Palome, J., Plana, C., Pujolar, C., Trabalon, F., Prats, J.M. y Planagumà, Ll. 2007. Entre Volcanes. 1ª Edición. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. 141 pàgines.
- Castro, A. 2015. Petrografía de rocas ígneas y metamórficas. 1ª edición. Editorial Paraninfo. Madrid. 247 páginas + anexos.
- Del Rosario, V y Rossis, R. 2018. La geología en 100 preguntas. Todo lo imprescindible explicado con rigor. Editorial Nowtilus. Madrid. 352 páginas.
- García, J.M. 2010. El misterio de los cristales gigantes. Triana Sci & Tech. Madrid Scientific Films. DVD.
- García, M., Carrillo, L., Furió, J. y García, M.A. 2008. Biología y Geología. 1º Bachillerato. Editorial Ecir. Valencia. 323 páginas.
- López, J.P. y Boronat, R. 2016. Efectos de la acción microbiana en el color de algunos estratos. Estudio en un laboratorio de Educación Secundaria. Enseñanza de las Ciencias. (24.2).
- López, J.P. y Boronat, R. 2018. Prácticas de microbiología básica en el laboratorio de Educación Secundaria. Consejería de Educación, juventud y deportes. Región de Murcia. 183 páginas.
- López, M.T., Lécuyer, F., Martínez, M.C. y San Andrés, M.A. 2010. Volcanes. 1ª Edición. Ediciones Tikal. Madrid. 176 páginas.

- Meléndez, B. y Fuster, J.M. 2003. Geología. 9ª Edición. Editorial Paraninfo. Madrid. 911 páginas.
- Pelayo, F. 1991. Las teorías geológicas y paleontológicas durante el siglo XIX. En "Historia de la ciencia y de la Técnica", Volumen 40. Editorial Akal. Madrid. 55 páginas.
- Tarbuck, E.J. y Lutgens, F.K. 2008. Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. 8ª Edición. Editorial Pearson-Prentice Hall. Madrid. 686 páginas.

Autores



José Pedro López Pérez
IES "Ricardo Ortega". Fuente
Álamo. 30320. Murcia.



Raquel Boronat Gil
IES "Antonio Menárguez
Costa". 30310. Los Alcázares.
Murcia.



Margarita Gómez Tena
IES "Ricardo Ortega". Fuente
Álamo. 30320. Murcia.