



PRIMER CUADERNO DE ACTIVIDADES DE “QUÍMICA DE CAMPO” PARA GEÓLOGOS

propuestas para la enseñanza de la
Química General en Grados en Geología y afines

Autora: Dra. M^a Elena Arroyo y de Dompablo
Departamento de Química Inorgánica
Universidad Complutense de Madrid (UCM)





Índice

<i>Notas al Cuaderno</i>	1
Introducción.....	2
Actividad 1. Cuestionario de Campo	4
Actividad 2. Determinación del pH de aguas naturales.....	6
Actividad 3. Tratamiento de Minerales en el laboratorio	11
Referencias	15



Primer Cuaderno de Actividades de “Química de Campo” para Geólogos

Dra. Elena Arroyo y de Dompablo, Facultad de Ciencias Químicas, UCM

La elaboración y puesta a punto de las actividades *Cuestionario de Campo* y *Determinación del pH de aguas naturales* de este cuadernillo no hubiesen sido posibles sin la inestimable colaboración de la Prof. Pilar Andonaegui del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. La autora agradece a la Prof. M^a José Varas (Cc. Geológicas) su amable acogida así como las explicaciones en la salida de rocas sedimentarias. Los comentarios y sugerencias de los Profs. F. Javier Luque del Villar (Cc. Geológicas) e Inmaculada Álvarez (Cc. Químicas) han contribuido a la elaboración de este cuadernillo.

Primera versión: Madrid, noviembre de 2014

Versión final: Madrid, abril 2020

Información de registro

Identificador 2005023844967

Fecha de registro 02-may-2020 10:35 UTC

Licencia Todos los derechos reservados





INTRODUCCIÓN

La Química es una materia básica en muchos Grados Universitarios de Ciencias e Ingenierías, que se aborda en primer curso en la asignatura denominada Química Básica, General o Fundamental. En Grados propios de la Química, y otros afines, las competencias y conocimientos adquiridos en esta asignatura son esenciales para cursar exitosamente asignaturas de cursos superiores. Así, en el Grado en Geología de la Universidad Complutense de Madrid se imparte la asignatura Química en primer curso, siendo anual de carácter troncal/básico y con una carga docente de 6 créditos ECTS. El programa de la asignatura se resume en la figura 1.

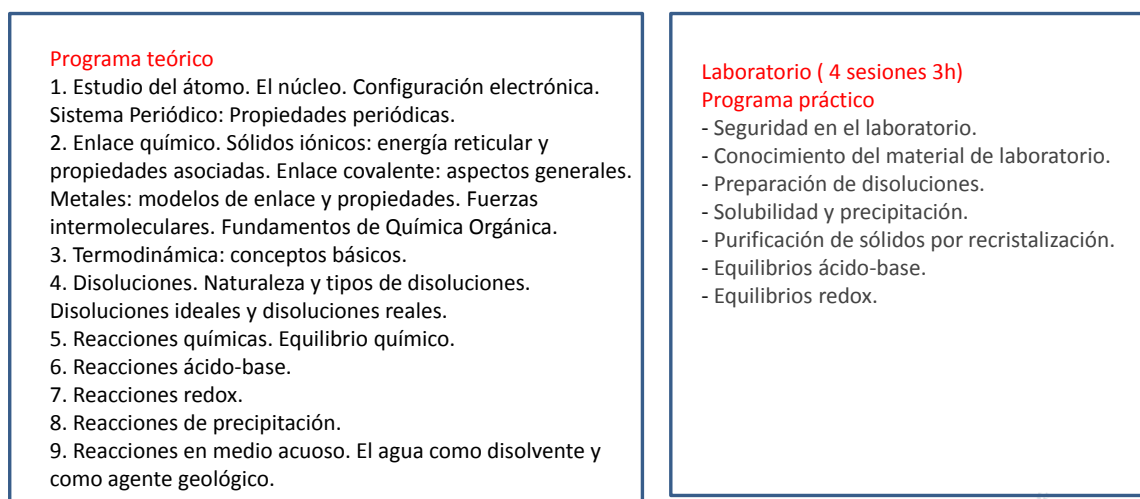


Figura 1. Resumen de los contenidos del programa de la asignatura Química del Grado de Geología de la UCM

Como puede verse en la figura 2, los resultados académicos de esta asignatura son bastante mejorables. La tasa de éxito y rendimiento está de modo general por debajo del 50%. Excepcionalmente, en el curso 2018/2019 la tasa de éxito se sitúa en el 62% (Facultad de Ciencias Geológicas 2019). Varios factores confluyen en estos resultados, entre ellos, el bajo nivel académico con el que muchos alumnos inician sus estudios universitarios, y que ha intentado mitigarse mediante la implantación de Cursos de Nivelación (Campo et al., 2015, Arroyo-de Dompablo et al., 2018). Por otro lado, en general los estudiantes encuentran la Química difícil de entender, percibiendo sus conceptos como “abstractos” y lejanos a la Geología, lo que origina escasa motivación e interés. Se necesitan nuevos



enfoques que promuevan la participación del alumno, ayudándolo a interrelacionar Química y Geología. En última instancia, se pretende que el alumno adopte una actitud positiva hacia la Química, que en cursos superiores puede ser fundamental para afrontar nuevos retos como la identificación y comprensión de los procesos químicos que ocurren en los medios geológicos y su importancia. Una vía para alcanzar estos objetivos es incluir aspectos de Química en las salidas de campo. Así, por ejemplo, diversos estudios demuestran la conveniencia de la toma de muestras por parte de los estudiantes en el campo para ser luego examinadas en el laboratorio de Química (Bopegedera et al., 2016; Pezaro et al., 1978). La implementación de este tipo de actividades en la UCM es compleja, dada la falta de tiempo en los programas académicos y el elevado número de alumnos por grupo. Como alternativa, se pueden proponer actividades sencillas, y con esta idea surgen las actividades recogidas en este *Primer Cuadernillo de Actividades de “Química de Campo” para Geólogos*, y que abordan importantes conceptos del temario de Química General como son el enlace, la termodinámica de sólidos, y el equilibrio químico.

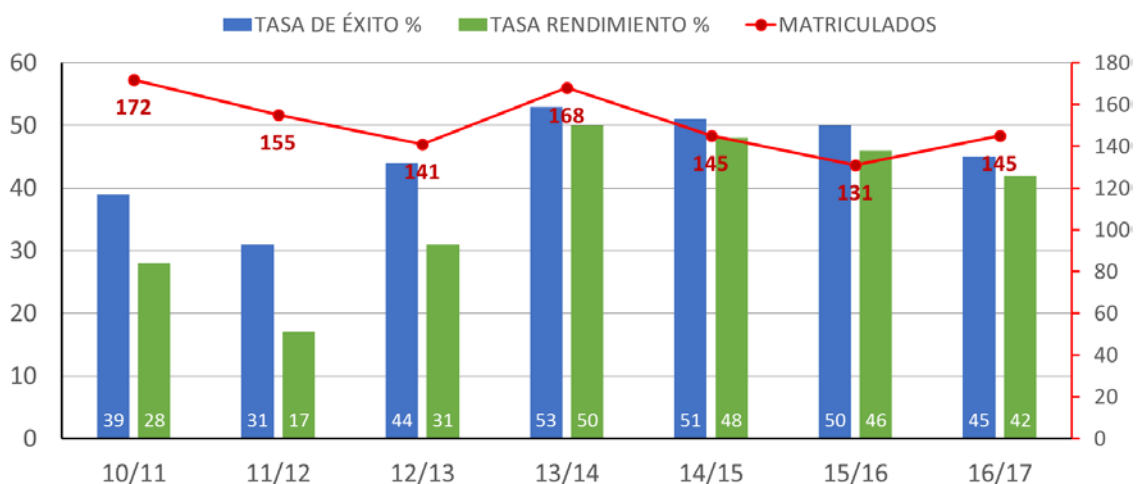


Figura 2. Resultados académicos de la asignatura Química del Grado en Geología de la Universidad Complutense de Madrid. Tomados de las memorias de seguimiento del Grado elaboradas por la Facultad de Ciencias Geológicas <https://www.ucm.es/grado-en-geologia>.



ACTIVIDAD 1. CUESTIONARIO DE QUÍMICA DE CAMPO

Se trata de un cuestionario de 8 preguntas sobre conceptos de química general desde un enfoque geológico, y referidas a las observaciones que el alumno puede realizar en una salida de campo. El alumno debe contestar el cuadernillo individualmente, o en grupo reducidos, preferentemente en el transcurso de la salida de campo. Alternativamente, puede contestar a posteriori, para evitar interferencias con el desarrollo de la salida de campo. Considerando el elevado número de alumnos repetidores que cursan la asignatura en la UCM, la salida de campo a la que se refiere el cuestionario puede dejarse a elección del alumno. Será importante que el alumno indique para la salida de campo elegida la fecha, asignatura, y profesor de campo. Las figuras 3 y 4 muestran respectivamente las instrucciones facilitadas al alumno y las preguntas del cuestionario utilizado durante el curso 2014/15.

Asignatura Química para Geólogos
Facultad de Ciencias Geológicas UCM

Instrucciones

El siguiente Cuestionario de Química se refiere a una salida de campo, realizada previamente, y debe responderse en grupos de máximo cinco alumnos. **En el campo sólo hay que observar, no se debe trabajar en el cuestionario.** Es necesario indicar a qué salida (o salidas) de campo se refieren las respuestas, señalando la asignatura y el profesor con quién se realizó la salida. La fecha de entrega será el 22 de Enero de 2015. No se admiten trabajos realizados con el ordenador. Se pueden incluir fotografías, esquemas, gráficos... Importante indicar las fuentes bibliográficas, al menos hace falta una tabla de potenciales normales de óxido-reducción. La calificación obtenida se considerará dentro de la calificación del trabajo personal de la asignatura. En caso de dudas, consultar con la profesora de química Elena Arroyo.

Nombre.....Grupo.....

Salida de Campo.....

Asignatura.....Profesor.....

Figura 3. Instrucciones de un modelo de Cuestionario de Química de Campo



Donde hay materia hay química.- “Cuestionario de Química de Campo”

1. Piensa si en tu zona de campo hay alguna sustancia que se encuentre en varios estados de agregación. Dibuja su diagrama de fases y marca las coordenadas P, T que corresponden a la zona de campo. Señala los puntos singulares del diagrama de fases y nombra los cambios de estado.
2. Observa una roca cualquiera. Discute si desde el punto de vista termodinámico es un sistema abierto, cerrado o aislado. Explica si la fusión de la roca sería un proceso termodinámicamente espontáneo a temperatura ambiente, ¿se trata de un proceso endotérmico o exotérmico? ¿Puede ser un proceso espontáneo en otras condiciones P, T?
3. Busca agua superficial (río, lago, charco...). Identifica el tipo de rocas con las que está en contacto. Justifica, mediante las reacciones químicas necesarias, qué pH podría tener el agua encontrada. ¿Se te ocurre alguna manera de verificar sobre el terreno el pH esperado?
4. Suponiendo que en tu zona de campo haya minerales solubles, o parcialmente solubles, ¿qué propiedades del H₂O se modificarán con respecto al agua pura? Si lo consideras pertinente utiliza el diagrama P-T dibujado en 2. Discute si la disolución formada puede considerarse como una disolución ideal. ¿Y si el agua se filtrase formando una corriente subterránea?
5. El hierro es un elemento de transición frecuente en ciertas rocas. ¿Puedes observar alguna en tu zona de campo? ¿Cómo sabes que tiene hierro? Escribe la configuración electrónica del Fe y la de sus posibles cationes ¿Qué estado de oxidación se favorece en contacto con el oxígeno atmosférico? Ajusta la reacción de oxidación del hierro metal con oxígeno en medio ácido (sulfúrico diluido). Consulta una tabla de potenciales estándar. ¿Es termodinámicamente favorable? Calcula, en calorías, el valor de la variación de energía libre correspondiente a la oxidación de 10 g de Fe, suponiendo que la reacción tiene un rendimiento del 80%.
6. Observa posibles procesos de meteorización química en las rocas. Escribe y explica las reacciones correspondientes. ¿De qué tipo son? ¿Qué ácido se obtiene por hidrólisis de un silicato? ¿Y de un carbonato? Aplica el principio de Le Chatelier para razonar cómo puede favorecerse la meteorización.
7. Infórmate de la cercanía de actividades industriales (fábricas, minas, vertederos...) o autopistas. Indica si estas actividades introducirían modificaciones químicas en la zona. ¿Qué consecuencias geológicas tienen las posibles alteraciones químicas?
8. Una disolución acuosa de HCl 10% es un reactivo útil para diferenciar en el campo una caliza de una dolomía. Indica cómo prepararías 250 g de dicha disolución a partir de HCl comercial del 35% de riqueza y $d = 1,18 \text{ g/cc}$.

Figura 4. Preguntas de un modelo de Cuestionario de Química de Campo

ACTIVIDAD 2. DETERMINACIÓN DEL pH DE AGUAS NATURALES

Esta actividad se centra en la toma de muestras de aguas naturales durante una salida de campo. El pH de estas muestras se determina utilizando un pH-metro durante las prácticas que realizan los alumnos en el laboratorio de Química. Las medidas de pH obtenidas se discutirán posteriormente en el aula dentro del tema de equilibrio ácido-base. A diferencia de las muestras de rocas (Bopegedera et al., 2016; Pezaro et al., 1978), las muestras de agua son fáciles de tratar en el laboratorio, y una simple medida de pH puede ser muy significativa para enlazar contenidos químicos con contenidos geológicos (Lunsford et al., 2006; Atkins et al., 2010), como se deduce de la figura 5. En prácticas más avanzadas se podría acometer la determinación de la dureza del agua. Frente al planteamiento tradicional de una práctica de determinación de pH de Química General -donde se utilizan sustancias “ajenas a los geólogos” (CH_3COOH , NH_4Cl , CH_3COONa ...)- esta actividad despierta el interés en los alumnos. A pesar de que la justificación del pH obtenido en función de la litología es en algunos casos ciertamente compleja, esta actividad cumple con el objetivo de ilustrar el equilibrio-ácido base en contextos geológicos (Shaw et al., 2016).

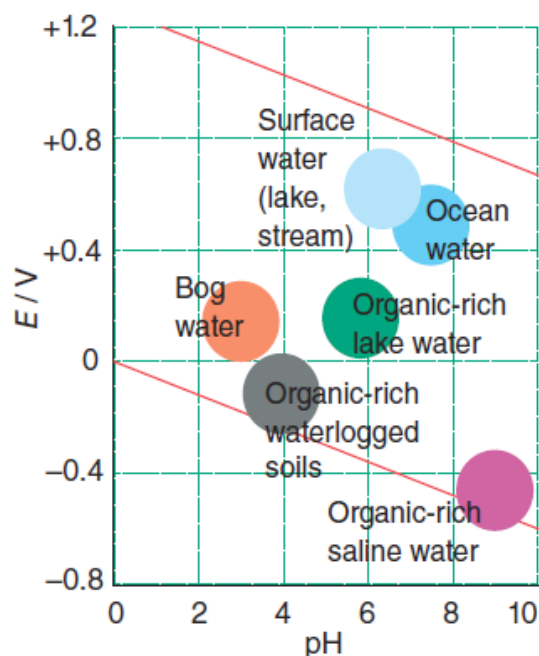


Figura 5. Campo de estabilidad del agua, mostrando regiones típicas de entornos naturales. Tomada de Atkins et al., 2010.



Esta actividad puede plantearse como colectiva, de forma que todo el grupo trabaja con el conjunto de muestras tomadas. Por ello, es recomendable realizar la toma de muestras en una salida de Campo a la que asista la mayor parte del alumnado. En el caso del Grado en Geología de la UCM, las salidas de campo de la asignatura de Principios de Geología (1^{er} curso) son idóneas para esta actividad. Esta asignatura comprende dos salidas de campo, una para rocas sedimentarias y otra para rocas metamórficas e ígneas. Entre estas dos salidas, durante el curso 2014/15 -que tomamos como ejemplo- se consiguió un interesante conjunto de datos del pH del agua presente en los distintos entornos geológicos visitados por los estudiantes. Estos resultados se recogen en las figuras 6-9. En estas salidas de campo, los resultados obtenidos en la zona de las rocas sedimentarias son más interesantes que los de la zona ígnea, con el aliciente de que las lluvias recientes presentes en la zona sedimentaria ofrecieron la oportunidad de incorporar explicaciones en clase sobre la lluvia ácida.

Para evitar posibles interferencias de esta actividad con los contenidos geológicos propios de la salida de campo, es recomendable que el profesor de Química participe en las salidas de campo, encargándose de la toma de muestras, anotaciones de las condiciones del muestreo y meteorológicas, fotografiado de los entornos poniendo especial interés en las litologías, y siempre bajo la observación de los alumnos. La experiencia desaconseja que la toma de muestras la realice el propio alumno, ya que a veces coge cantidades insuficientes, olvida anotar las condiciones del muestreo y lo más importante, se distrae de los contenidos propios de la Salida de Campo.

Salida Rocas Sedimentarias: Pontón de la Oliva

Principios de Geología I, Curso 2014/2015, 17 de Noviembre

Profesora Geología: M^a José Varas, Dpto. de Petrología UCM

Toma muestras: Elena Arroyo, Dpto. Química Inorgánica UCM

Salida Rocas Ígneas y Metamórficas: El Vellón

Principios de Geología I, Curso 2014/2015, 16 de Diciembre

Profesora Geología: M^a Pilar Andonaegui, Dpto. de Petrología

Toma muestras: Alumno

Figura 6. Detalles de la toma de muestras de aguas naturales que se muestran en las figuras 7-9.

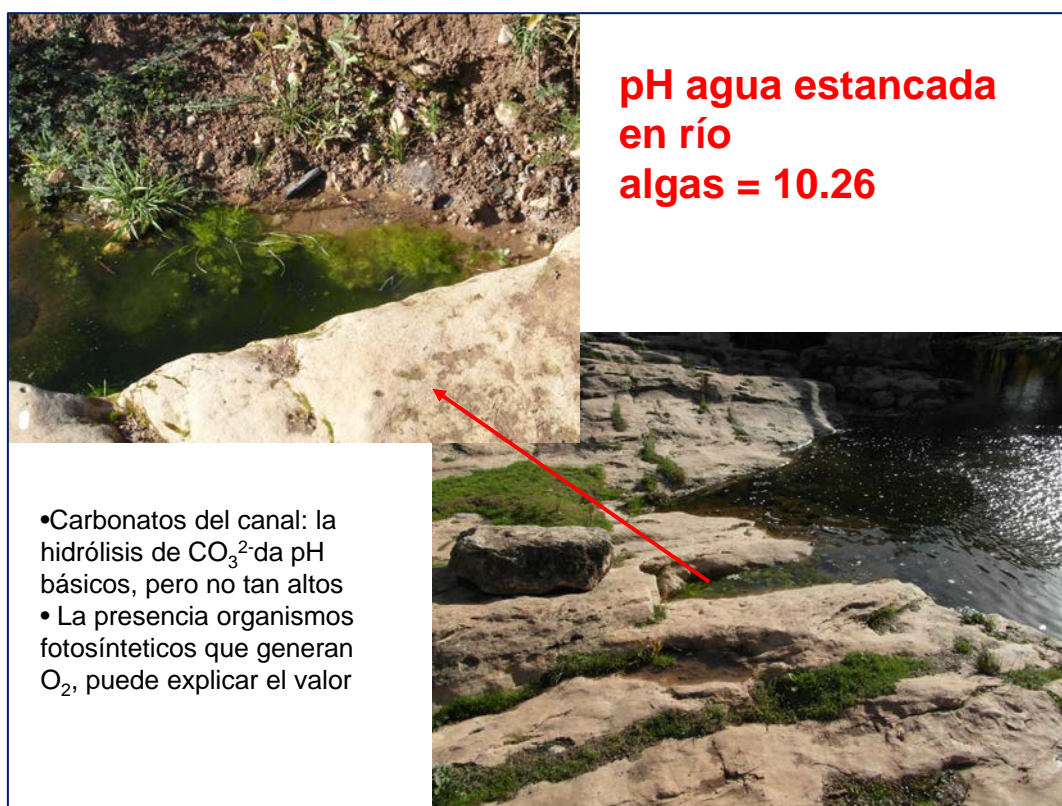
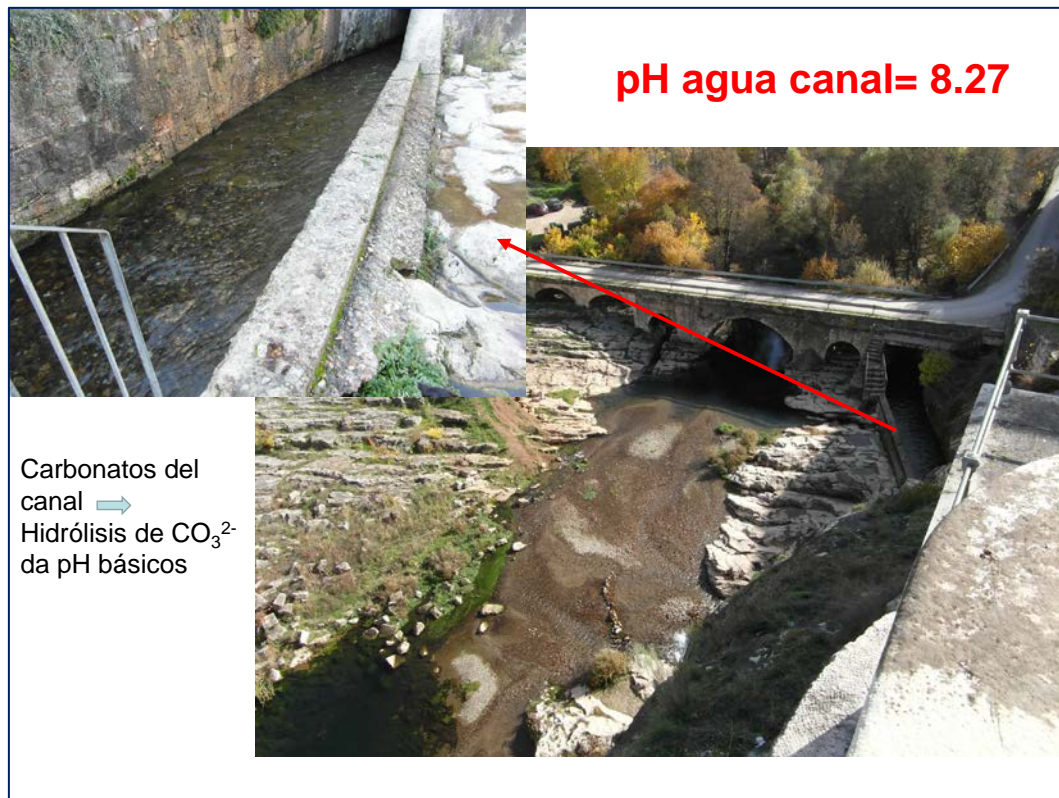


Figura 7. pH de aguas naturales en el canal de Isabel II y sus inmediaciones a la altura del Pontón de la Oliva.



Corriente que baja de las cárcavas pH = 8.01

La presencia de cuarcitas no justifica un valor tan alto. El valor de pH podría justificarse por los conglomerados presentes en la base de las cárcavas.

Disolución de yeso, el SO_4^{2-} se hidroliza y modifica el pH que es ligeramente básico.
Kb sulfato < Kb carbonato
El contacto con el CO_2 atmosférico puede hacer que el pH haya bajado un poco.



Disolución : pH = 6.96-7.23

Figura 8. pH de aguas naturales en las inmediaciones de las Cárcavas del Pontón de la Oliva.



Varios componentes que hacen difícil la evaluación resultado. El pH básico podría explicarse por la presencia de calizas.

pH agua en abrevadero de ladrillo (silicatos + óxidos) debajo de calizas, con vegetación pH = 7.7



Agua de charco en roca meta-ígne (gneis) pH = 7.28

La presencia de cierta vegetación puede aumentar el pH. La cantidad de agua es escasa para asegurar la validez de la medida.



Corriente lenta sobre misma roca pH = 6.52

Valor de acuerdo con lo esperado.

El bote contiene arena, pero la cantidad de agua es escasa para asegurar la validez de la medida.

Figura 9. pH de aguas naturales en las inmediaciones de El Vellón

ACTIVIDAD 3. TRATAMIENTO DE MINERALES EN EL LABORATORIO

Esta actividad se realiza en el Laboratorio de Alumnos de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM, durante el periodo de prácticas de los alumnos. El resumen de los contenidos de las prácticas de químicas –distribuidas en cuatro sesiones- se muestra en la figura 1. El primer día de laboratorio los estudiantes son invitados a traer muestras de minerales al laboratorio. Alternativamente, se puede disponer de algunas muestras de minerales (e incluso rocas) en el laboratorio de Química. Durante una sesión de prácticas se emplea un mínimo de media hora para investigar la reactividad del mineral elegido por los alumnos frente a reactivos que ya conocen (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HCl). La experiencia permite ilustrar la relación explicada en las clases de teoría: **equilibrios químicos (concepto químico) -> meteorización de minerales y rocas (concepto geológico)**. Preferentemente, la actividad se lleva a cabo el último día de laboratorio cuando los alumnos son capaces de realizar pequeñas operaciones: manejar el material de vidrio, filtrar, calentar... Esta “autonomía” fomenta el interés y la implicación del alumnado. Dentro del trabajo autónomo, los estudiantes también valoran como aspectos positivos que no se trate de una actividad incluida en el guión de prácticas, así como la posibilidad de repetir los ensayos y la puesta en común/discusión de los resultados

Durante el curso 2017/18 se trabajó con moscovita ($\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$), comparando su reactividad con la del mármol calcítico (CaCO_3), que el alumno ya ha utilizado en la práctica de disoluciones de gases en líquidos (figura 10). Los resultados se muestran en la figura 11.

En un tubo de ensayo grande, que contenga 10 mL de ácido clorhídrico concentrado, adicione algunos trozos pequeños de mármol (CaCO_3) hasta que se forme dióxido de carbono a una velocidad moderada. Adapte, inmediatamente, al tubo de ensayo un tapón de goma provisto de un tubo de desprendimiento.

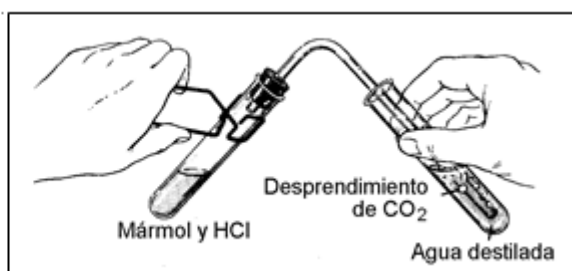


Figura 10. Esquema de la preparación de una disolución de CO_2 en agua, a partir de mármol calcítico tratado con HCl . Tomado del guión de Prácticas de Química del Grado en Geología de la UCM.



Figura 11. Tratamiento de moscovita y mármol con distintos reactivos químicos.



REFERENCIAS

Arroyo-de Dompablo, M. E., Ibáñez-González, M. J. (2018) Analysis of two Leveling Courses in Chemistry: objectives, methodology, assessments and future prospects. Proceedings of the 4th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'18), 177-184. DOI: 10.4995/HEAd18.2018.7929

Atkins, P.W. A, Overton T.L., Rourke, J.P., Weller, M.T. & Armstrong, F.A. (2010) Shiver and Atkins Inorganic Chemistry, Oxford University Press, Fifth Edition pag. 169. ISBN 978-1-42-921820-7

Bopegedera, A. M. R. P., Coughenour, C. L. & Oswalt, A. J. (2016). Quantitative determination of iron in limonite using spectroscopic methods with senior and general Chemistry students: Geology-inspired Chemistry Lab explorations. Journal of Chemical Education, 93(11), 1916-1922. DOI:10.1021/acs.jchemed.5b00776.

Campo, J.A. et al. (2015) Universidad Complutense de Madrid. Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente “Curso de nivelación de Química para los Grados en Geología e Ingeniería Geológica”-PIMCD230.

Facultad de Ciencias Geológicas, 2019, Memorias anuales de seguimiento del grado en geología, curso 2018/19. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2020-02-07-MM%20UCM%2018-19%20G.%20QU%C3%8DMICA.pdf>

Lunsford, S.K. Slattery, W. (2006) An Interactive Environmental Science Course for Education Science Majors, Journal Of Chemical Education, 83, 233-236. DOI: 10.1021/ed083p233

Pezaro, P., Mazor, E., Samuel, D. & Benzvi, N. (1978). Chemistry of rocks and minerals - New interdisciplinary curriculum for secondary-schools. Journal of Chemical Education, 55(6), 383-385. DOI:10.1021/ed055p383

Shaw, C.F., Webb, J.W. & Rothenberger, O. (2016). Using Demonstrations Involving Combustion and Acid-Base Chemistry To Show Hydration of Carbon Dioxide, Sulfur Dioxide, and Magnesium Oxide and Their Relevance for Environmental Climate Science. Journal of Chemical Education, 93, 2063-2067. DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00310