



CUESTIONES PARA EL LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL PARA GEÓLOGOS

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

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



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0

Nº de registro 2005184038885 (18 Mayo 2020)



Índice

Introducción.....	1
Purificación de sólidos por cristalización	3
Justificación de la propuesta.....	3
Modificación de la práctica	4
Estudio de equilibrios de oxidación-reducción	10
Justificación de la propuesta.....	10
Modificación de la práctica	12



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 el Grado en Geología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) 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 práctico de la asignatura comprende 4 sesiones, de 3 horas cada una, con los siguientes contenidos:

- Primera sesión: Seguridad en el laboratorio. Conocimiento del material de laboratorio. Preparación de disoluciones.
- Segunda sesión: Solubilidad y precipitación. Purificación de sólidos por recristalización.
- Tercera sesión: Equilibrios ácido-base.
- Cuarta sesión: Equilibrios redox.

Las prácticas realizadas por los alumnos del Grado en Geología son muy similares a las impartidas en grados tan dispares como los de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Ingeniería de Materiales o Física. Adaptar los contenidos del laboratorio de forma específica a cada Grado podría redundar en una formación más adecuada del alumnado. Así mismo, la adaptación de los contenidos de las prácticas a cada grado ofrece nuevos recursos docentes para introducir o reforzar algunos **conceptos específicos** que no puedan abarcarse con la profundidad deseable en los programas de teoría.

En el caso del Grado en Geología, 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. Con esta filosofía, el presente trabajo propone una serie de adaptaciones de las prácticas de Química General de cara a su especialización en el ámbito de la Geología. Estas propuestas



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

no pretenden sustituir a las prácticas tradicionales, si no completar la formación del alumno en ciertos aspectos específicos y críticos de su área de conocimiento. Algunas de las propuestas, que implican interrelacionar química y geología, pueden introducirse durante el propio desarrollo de las prácticas, no siendo necesario que se recojan en el guión de prácticas. No obstante, plasmar por escrito las ideas geológicas en el guión de química que se proporciona al alumno, facilitará su asimilación y consulta fuera del propio laboratorio.

Las modificaciones sugeridas en este trabajo se han probado en algunos grupos de prácticas durante el curso académico 2019/20. Cabe destacar que la alarma sanitaria debida a la enfermedad Covid-19, exigió la impartición de las prácticas on-line. Para ello, fue necesario elaborar material docente y adaptar el guión de prácticas para que el alumno pudiese trabajar en casa de forma autónoma. Este marco obligó a descartar la opción de introducir los conceptos geológicos a lo largo del desarrollo de las prácticas. Así, se completó el guión -que contiene las explicaciones propias de un laboratorio tradicional- incorporando aquellos conceptos propios de la geología que no podían abordarse en explicaciones paralelas. Como punto de partida, en este trabajo se presentan algunas de las propuestas para las prácticas que en los guiones de la Universidad Complutense de Madrid se recogen bajo los nombres de "Purificación de sólidos por recristalización" (sesión 2) y "Equilibrios de oxidación-reducción" (sesión 4). En trabajos futuros se abordarán modificaciones que puedan incorporarse en otras prácticas.



PURIFICACIÓN DE SÓLIDOS POR RECRISTALIZACIÓN

a) Justificación de la propuesta

En el guión de la UCM esta práctica se centra en la purificación de sólidos, tomando en algunos casos ejemplos propios de la química orgánica (como la recristalización de acetanilida). No obstante, el caso más general es realizar la purificación del sulfato de cobre (II) pentahidratado. La figura 1 muestra la introducción de esta práctica y las cuestiones en un guión de laboratorio para geólogos de la UCM, y que es común para otros Grados.

Introducción

Un aspecto crucial a la hora de obtener compuestos químicos es la pureza de los mismos. Generalmente, las sustancias aisladas en un proceso de síntesis están acompañadas por diferentes impurezas, procedentes de las que contienen los productos de partida o incluso pequeñas porciones de reactivos sin reaccionar, lo que exige la utilización de diferentes métodos de purificación. La mayor parte de las sustancias sólidas son purificadas utilizando procesos de cristalización.

Cálculos y cuestiones

1. Calcule el rendimiento del proceso de purificación.
2. Explique cuál es el objeto de lavar los cristales o los precipitados después de la filtración. ¿Supone esto un menor rendimiento en la cristalización?
3. Explique por qué los cristalizadores deben presentar una gran superficie.
4. Explique qué ventajas presenta la filtración a presión reducida a la hora de aislar un sólido precipitado o cristalizado.
5. La solubilidad en agua de cierta sal a 25°C es de 20 g/L, valor que sube hasta 150 g/L a 100°C. Sabiendo que dicha sal suele ir acompañada de las impurezas X (muy insoluble) e Y, Z (muy solubles), proponga un método de purificación de la sal (pureza inicial de 99%).

Figura 1.- Introducción, cálculos y cuestiones de la práctica de "Purificación de sólidos por recristalización" de un guión de prácticas de Química para geólogos de la UCM.



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

Esta práctica podría fácilmente reenfocarse hacia contenidos geológicos, por ejemplo, presentando la relación entre precipitación-cristalización-rocas evaporíticas en los fundamentos. En definitiva, se trata de acercar los conceptos Químicos a los Geológicos. Se muestran a continuación las modificaciones introducidas en esta práctica, que se incorporaron en el guión de algunos grupos del laboratorio on-line en mayo del curso 2019/20. El primer cambio significativo es el nombre de la práctica, hacia el término más general "Cristalización", puesto que en definitiva esta es el mecanismo fisicoquímico implicado en la génesis mineral, ya sea a partir de un magma o de una disolución acuosa. El interés del geólogo puede no radicar tanto en purificar sólidos, como en cristalizarlos en condiciones controladas (pH, temperatura, impurezas), ya sea a partir de una mezcla de reactivos, o del mismo producto (recristalización). Parece lógico introducir el concepto de cristalización a partir del producto iónico y de la precipitación (como de hecho aparece en los guiones tradicionales), pero, es esencial incluir en el fundamento de la práctica un ejemplo geológico de los muchos posibles (carbonatos, sulfatos, cloruros...). Finalmente, después del procedimiento seguido en el guión tradicional, pueden incorporarse preguntas que ayuden al alumno a reflexionar e interiorizar la estrecha relación existente entre los conceptos químicos que está aprendiendo y los geológicos que ya conoce.

b) Modificación de la práctica

II. CRISTALIZACIÓN

Objetivos

Entender los principios químicos que gobiernan los procesos de cristalización en disolución y la importancia de los factores ambientales (superficie, temperatura, tiempo, impurezas) en la formación de cristales.

Introducción

En el apartado anterior se ha estudiado la solubilidad de un sólido en un líquido. Como se ha observado en la cuestión 1, cuando la concentración de un producto comienza a exceder su solubilidad, éste precipita. Cuando un proceso de **precipitación** es suficientemente lento se



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

habla de **crystalización**. Muchos productos agroquímicos y farmacéuticos se preparan mediante técnicas de cristalización. En los laboratorios químicos, además la cristalización es un importante método de separación y una técnica de purificación de sustancias sólidas. En un marco geológico, los procesos de cristalización son de suma importancia en génesis mineral.

Fundamento.

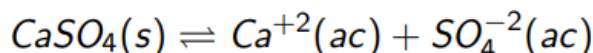
Hay dos magnitudes que dan idea de lo soluble que es un compuesto en un determinado disolvente, la solubilidad y el producto de solubilidad. La solubilidad viene dada por la masa de soluto, expresada en gramos, que es capaz de disolverse en 100 mL de disolvente. El producto de solubilidad, por su parte, se refiere a compuestos iónicos, y viene dado, para un compuesto genérico A_aB_b , que disocia según el equilibrio:



por la expresión:

$$K_{ps} = [A^{b+}]^a [B^{a-}]^b$$

Por ejemplo, considere el equilibrio de precipitación del sulfato de calcio (yeso, $CaSO_4$, $K_{ps} = 2,16 \cdot 10^{-4}$).



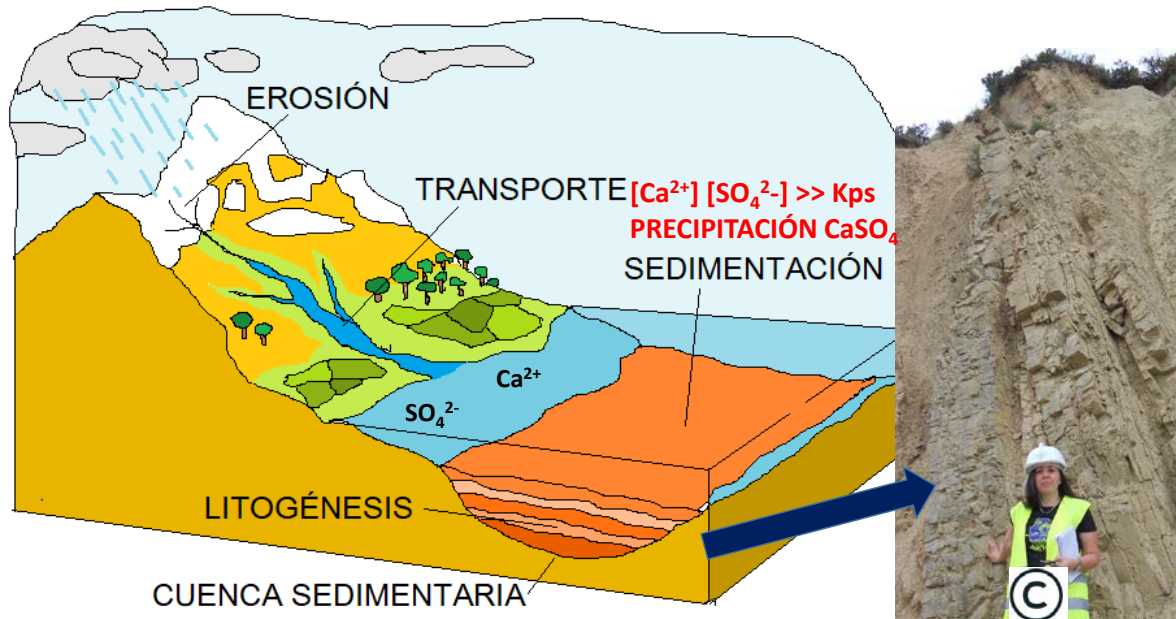
Como $K_{ps} = 2,16 \cdot 10^{-4}$, en una disolución saturada la concentración de cada uno de los iones Ca^{2+} y SO_4^{2-} es de $1,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. O lo que es lo mismo, pueden disolverse 0.2 g de yeso en 100 mL (recuerde que la concentración molar puede expresarse en g/100 mL usando el peso fórmula). Cuando la concentración de un producto comienza a exceder su solubilidad, éste precipita.

A modo de ejemplo, la siguiente figura muestra una cuenca sedimentaria, donde hay una cierta concentración de cationes Ca^{2+} y aniones SO_4^{2-} . Si las aguas de la cuenca están saturadas, las concentraciones de Ca^{2+} y de SO_4^{2-} son sólo $1,47 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ cada una. Si por cualquier causa aumenta esta concentración, la disolución se sobresatura y de inmediato se iniciará la precipitación del yeso (en este momento el coeficiente de reacción Q es mayor que K_{ps}). El $CaSO_4$ continuará precipitando hasta que las concentraciones de Ca^{2+} y de SO_4^{2-} hayan sido reducidas hasta $1,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, punto en el cual la disolución es nuevamente saturada ($Q = K_{ps}$).



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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



Precipitación de yeso en una cuenca sedimentaria cuando $Q > K_{ps}$. Adaptado de <http://kurioidadescientifiks.blogspot.com/2018/11/sedimentacion-y-formacion-de-rocas.html>

El inicio de la precipitación tiene lugar como consecuencia de una disminución en la solubilidad (o aumento de la concentración molar) de la sustancia disuelta, que puede ocurrir por modificación de la temperatura, del pH del medio, evaporación del disolvente, adición de iones comunes... Es fácil imaginar que en la cuenca sedimentaria de la figura anterior, el yeso podría precipitar al ir evaporándose el agua, o como consecuencia de un brusco enfriamiento.

Cuando un proceso de **precipitación** es suficientemente lento se habla de **crystalización** y, en este caso, hay tiempo para que las partículas que originan la fase sólida se dispongan de un modo ordenado formando cristales de tamaño apreciable. El tamaño de los cristales depende de factores como el tiempo, el reposo y el espacio disponible. La primera etapa en un **proceso de crystalización** de una sustancia (o recristalización si ya se parte del mismo sólido), a partir de una disolución, es lograr la sobresaturación de dicha disolución. A continuación, y dado que la sobresaturación es un estado metaestable, el paso siguiente es provocar la aparición del exceso de sólido bajo la forma de cristales.



Básicamente pueden utilizarse dos técnicas para lograr la sobresaturación:

1) Evaporación del disolvente. Suele procederse a temperatura ambiente, disolviendo la muestra en la menor cantidad posible de disolvente, filtrando¹ para eliminar impurezas no solubles y dejando evaporar lentamente al aire. Para la evaporación se utiliza un recipiente de gran superficie (cristalizador) que se cubre con un papel de filtro para evitar la contaminación con polvo ambiental. Se procura dejar la disolución en completo reposo hasta que los cristales formados sean de tamaño suficiente (1 a 10 mm), lo que puede requerir varios días. En ese momento se procede a la filtración².

Con esta técnica, el control de la cristalización estriba, por tanto, en la velocidad de la evaporación. Una evaporación demasiado rápida provocará la formación de un número grande de cristales muy pequeños, mientras que una evaporación lenta producirá el efecto contrario.

2) Descenso de la temperatura². Esta técnica se basa en la variación que, habitualmente, experimenta la solubilidad con la misma. Para llevarla a cabo se disuelve la sustancia en el disolvente adecuado a la temperatura de ebullición, de modo que la disolución esté prácticamente saturada. Dicha disolución se filtra en caliente y, puesto que los sólidos son normalmente más solubles en caliente que en frío, al enfriarse el líquido filtrado se alcanza muy pronto la saturación, con lo que desde ese momento hasta que se alcance la temperatura ambiente se separará el exceso de sólido correspondiente a la diferencia de solubilidad.

En este caso, el control de la velocidad de crecimiento de los cristales radica en el control de la velocidad de enfriamiento. Un enfriamiento rápido producirá cristales más pequeños que uno lento.

Procedimiento

Visione en el campus virtual los dos vídeos, donde se muestra la recristalización del $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

¹ Recuerde lo aprendido sobre técnicas de filtración.

² En la mayor parte de los casos, la solubilidad de un sólido en un líquido aumenta con la temperatura, aunque hay algunas excepciones en las que se observa un comportamiento contrario.

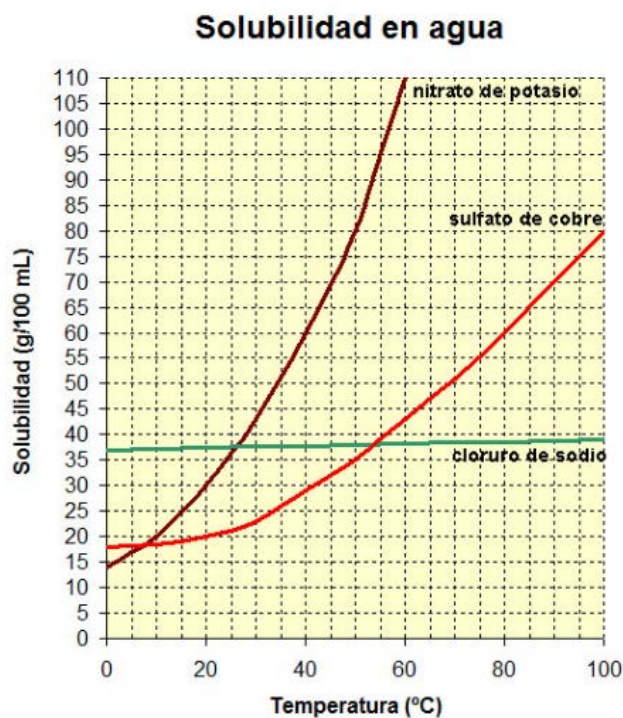


Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

Cuestiones

- 1.- Comente brevemente los videos. ¿Cuál le ha gustado más? ¿Por qué?
- 2.- La siguiente figura muestra la variación de la solubilidad de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ con la temperatura. Fíjese en los valores de solubilidad en el intervalo de temperatura utilizado en el proceso de recristalización (agua caliente $\sim 100^\circ\text{C}$ y temperatura ambiente). Teniendo en cuenta estos datos, ¿cuál de las dos técnicas descritas en los fundamentos -evaporación del disolvente y descenso de la temperatura- se ha utilizado para recristalizar $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$? Justifique su respuesta.



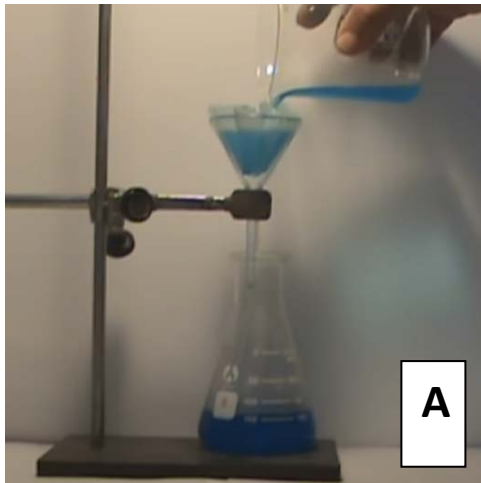
Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//1000/1174/html/5_solubilidad_y_temperatura.html

- 3.- La gráfica anterior muestra también la variación de la solubilidad con la temperatura para NaCl y KNO_3 . Discuta si podría purificar por recristalización alguna de estas dos sustancias, utilizando un procedimiento similar al seguido para $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- 4.- Las siguientes imágenes corresponden al paso de la filtración en caliente de la disolución de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ para eliminar las impurezas insolubles. Observe las diferencias. ¿Qué imagen le parece más correcta? ¿Por qué?



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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



5.- Indique justificadamente qué tipo de filtración usaría para recuperar y secar parcialmente los cristales de la siguiente figura



6.- En el laboratorio los cristales de sulfato de cobre (II) pentahidratado se han obtenido en unos días. Busque información sobre el tiempo asociado a algún proceso de precipitación/cristalización geológico, como por ejemplo el crecimiento anual de estalactitas, o la formación de cristales de yeso gigantes de la cueva de Naica. ¿Qué conclusiones puede extraer? ¿Cree que los cristales de “calcantita” vendidos en muchos mercadillos son realmente del mineral, o quizás de origen sintético?



ESTUDIO DE EQUILIBRIOS DE ÓXIDACIÓN-REDUCCIÓN

a) Justificación de la propuesta

En el laboratorio de química la práctica de equilibrios redox se inicia, típicamente, realizando ensayos redox en tubos de ensayo. El alumno observa los cambios y ajusta las reacciones, justificando su carácter espontáneo. En estos ensayos se utilizan distintas sustancias con carácter oxidante o reductor (etanol, $K_2Cr_2O_7$, KI , $KMnO_4$, Na_2SO_3 , $NaClO_3$...). La figura 2 muestra los objetivos, la introducción y las dos cuestiones de un guión de laboratorio para geólogos de la UCM.

Equilibrios Redox

I. Estudio de equilibrios de oxidación-reducción.

Objetivos

Estudio de reacciones de oxidación-reducción con distintas especies oxidantes y reductoras.

Introducción

Una gran parte de los elementos químicos pueden presentarse en diferentes estados de oxidación, de forma que muchas de sus reacciones consisten en transformaciones en las que se modifica dicho estado de oxidación. Estos procesos son conocidos como reacciones redox o reacciones de oxidación-reducción, puesto que la oxidación de una determinada especie siempre va acompañada de la reducción de otra, y viceversa.

Cálculos y cuestiones

1. Escriba y ajuste todas las reacciones de oxidación-reducción que hayan tenido lugar en los experimentos 1 a 4, indicando cuál es el oxidante, cuál el reductor, la semirreacción de oxidación y la de reducción. Indique si serán favorables termodinámicamente.
2. Interprete todos los cambios de coloración y/o formación de precipitados observados en los ensayos 1 a 4.

Figura 2.- Objetivos, introducción, cálculos y cuestiones de la práctica de "Estudio de equilibrios de oxidación-reducción" de un guión de prácticas de Química para geólogos de la UCM



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

Esta práctica proporciona un marco idóneo para introducir el concepto de estabilidad mineral, de manera que el alumno sea consciente de que una sustancia será estable en la naturaleza (es decir, el mineral podrá existir) en un rango determinado de potencial y pH (véase ejemplo en la figura 3). Fuera de ese rango de estabilidad, el sólido sufrirá reacciones de meteorización con el agua, bien por transferencia de protones (equilibrios ácido-base) o de electrones (equilibrio redox). Estos conceptos se estudian en la asignatura de geoquímica de segundo cursos, por lo que en estas prácticas será suficiente con llamar la atención del alumno sobre la estabilidad mineral con cuestiones sencillas.

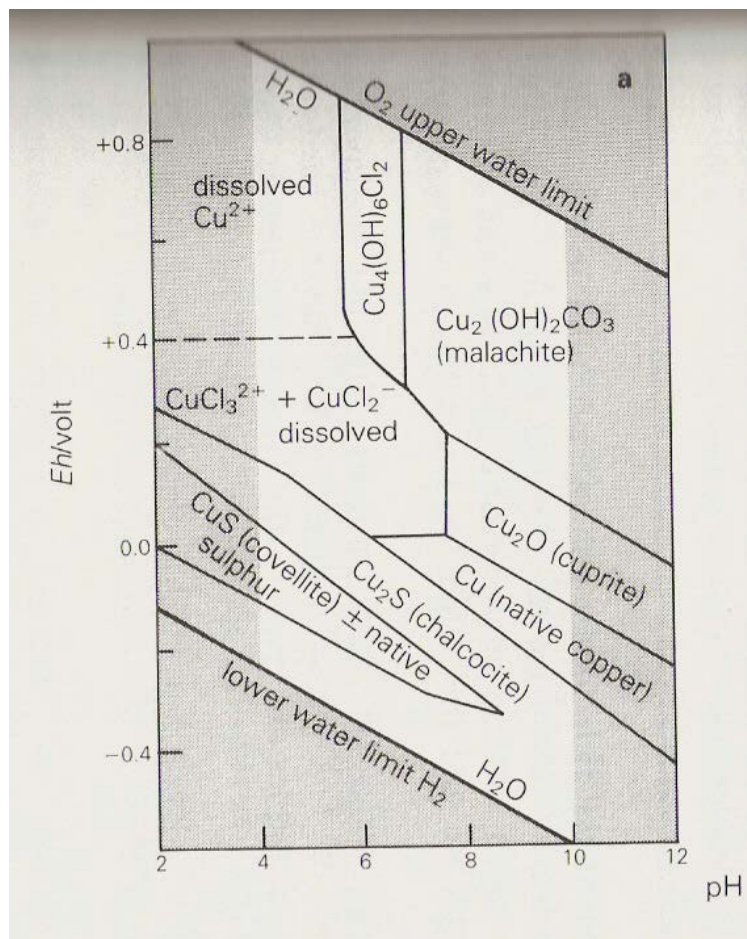


Figura 3. Diagrama E-pH mostrando el rango de estabilidad aproximado para los minerales de Cu en equilibrio acuoso (tomado de Chemical Fundamentals of Geology, R. Gill, Springer 1995)



En esta misma práctica, pueden proponerse cuestiones para que el alumno asimile que a cada nombre mineral le corresponde una composición química. Aunque este hecho parece trivial, en las asignaturas de mineralogía de segundo curso del Grado en Geología, es frecuente encontrar alumnos con dificultades para asignar fórmulas químicas a minerales comunes. Como curiosidad, la dificultad para relacionar nombre-fórmula es recíproca; ante una misma imagen de la sal común el alumno de química piensa en la composición (NaCl), y el alumno de geología en el nombre mineral (halita).

Otra limitación que presentan algunos alumnos de segundo curso es la determinar el estado de oxidación de los metales de transición en los minerales, y las importantes implicaciones que éste puede tener en su meteorización química. Por ejemplo, el alumno asimila la alteración del olivino para formar serpentina, que tiene la oportunidad de observar en las muestras de minerales durante las prácticas del microscopio óptico en la asignatura de mineralogía. Incluso cuando el alumno se ha familiarizado con esta alteración mineral, tiene dificultades para asociarla con el concepto de estabilidad mineral en un determinado ambiente.

Con estos objetivos en mente, el profesor de química puede incitar y orientar el aprendizaje del futuro geólogo mediante cuestiones sencillas, y fácilmente incorporables al guión de prácticas.

b) Modificación de la práctica

I. ESTUDIO DE EQUILIBRIOS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN.

Objetivos

Estudio de reacciones de oxidación-reducción con distintas especies oxidantes y reductoras. Relacionar la estabilidad mineral con la capacidad redox de los elementos constituyentes.

Introducción

Una gran parte de los elementos químicos pueden presentarse en diferentes estados de oxidación, de forma que muchas de sus reacciones consisten en transformaciones en las que se modifica dicho estado de oxidación. Estos procesos son conocidos como reacciones redox o



Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

reacciones de oxidación-reducción, puesto que la oxidación de una determinada especie siempre va acompañada de la reducción de otra, y viceversa. La tendencia de un mineral a oxidarse o reducirse marcará su campo de estabilidad y las posibles reacciones de meteorización química que sufrirá en distintos ambientes.

Fundamento

Puede mantenerse el del guión tradicional, con las definiciones de oxidante, reductor, y el ajuste de reacciones siguiendo el “método del ion-electrón”, adecuado cuando la reacción tiene lugar en disolución. Como ejemplo del ajuste, mejor una reacción de importancia geológica.

Procedimiento

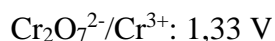
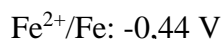
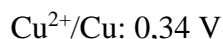
Visione los vídeos, que se encuentran en el Campus Virtual, de los experimentos siguientes:

1. Reacción de sulfato de cobre (II) y hierro.
2. Reacción de dicromato potásico y etanol en medio ácido (H_2SO_4).

Cuestiones

1. Interprete los cambios observados en los experimentos 1 y 2 (cambios de coloración y/o formación de precipitados).
2. Teniendo en cuenta el punto 1, escriba y ajuste las reacciones de oxidación-reducción que hayan tenido lugar en cada experimento, indicando cuál es el oxidante, cuál el reductor, la semirreacción de oxidación y la de reducción. Utilizando los potenciales normales de reducción que puede encontrar más abajo, indique si dichas reacciones serían favorables termodinámicamente en condiciones estándar.

Datos: Potenciales normales de reducción (en medio ácido):



- 3.- En la primera reacción se ha formado sulfato de hierro. Indague si existe algún mineral con esa composición.

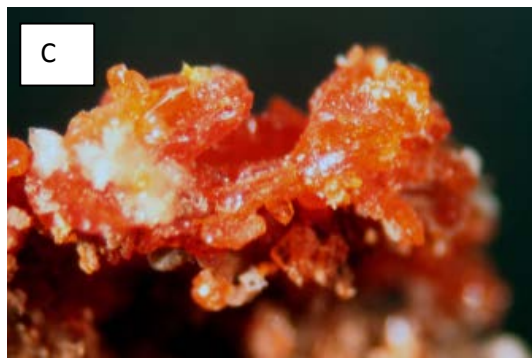


Cuestiones para el Laboratorio de Química General de geólogos

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

4.- En la primera reacción se ha utilizado como oxidante $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, que existe como mineral calcantita. Con la fórmula $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ existe el mineral lopezita, siendo éste menos habitual que la tarapacaíta (K_2CrO_4). ¿Cuál es el estado de oxidación del Cr en la tarapacaíta? Busque información sobre la abundancia y el ambiente de formación de los tres minerales. Discuta esta información a la vista de los potenciales redox.

5.- De entre las siguientes listas, asigne a cada foto a) la composición correspondiente y b) el nombre mineral correspondiente. Lista a: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, K_2CrO_4 . Lista b: melanterita, lopezita, calcantita, tarapacaíta. Discuta cuáles cree que podrían tener capacidad reductora y cuales oxidante.



Imágenes tomadas de <https://www.mineralesweb.es/sulfatos/melanter.htm>,
<https://www.mindat.org/min-959.html>, <https://www.mindat.org/min-2433.html>,
<https://e-rocks.com/item/sky588651/tarapac%C3%A1ite>,

6.- El permanganato potásico es un fuerte agente oxidante que se utilizará en la siguiente experiencia. Sabiendo que el potencial normal de reducción $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ es 1,49 V. ¿Cree que podría existir un mineral con esa fórmula?