

Diseño de material didáctico para prácticas de Química en el laboratorio

Beatriz Sáez Pizarro, María Jesús Villa Hormaeche

beatriz.saez@uem.es; m_jesus.villa@uem.es

91-2115514

Dpto. de Ciencias; Escuela Superior Politécnica

Universidad Europea de Madrid; C/ Tajo s/n Villaviciosa de Odón, 28670 Madrid

En este trabajo se presenta material didáctico diseñado para la realización de prácticas de Química y es continuación del trabajo desarrollado en el curso 04-05 para la implementación de una metodología de aprendizaje autónomo aplicada a las prácticas de laboratorio. El material se ha diseñado específicamente para las prácticas de las asignaturas Fundamentos Químicos de la Ingeniería de primer curso de Ingeniería Industrial y Fundamentos del Análisis Químico de segundo curso de la Licenciatura en Ciencias Ambientales.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la Convergencia Europea las metodologías de enseñanza universitaria apuntan a una gran transformación orientada a que el alumno aprenda a aprender. Mediante las metodologías para el aprendizaje activo es el alumno quién construye el conocimiento a partir de unas pautas, actividades o escenarios diseñados por el profesor.

El conocimiento no puede ser transferido de una persona a otra, sino que debe ser construido activamente en la mente de cada estudiante (teoría constructivista) (Bodner, 1986). El proceso de construcción del conocimiento requiere, por tanto, un esfuerzo o actividad mental (Saunders, 1992), de tal manera que no se puede presentar simplemente un material al estudiante y pretender que aprenda de manera significativa (Driver, 1998). Exigir a los estudiantes un mayor esfuerzo mental significa que éstos deberían desarrollar aptitudes de mayor nivel cognitivo.

Una de las maneras que Shilan (1999) propone para incrementar la actividad cognitiva de los estudiantes es a través de las prácticas de laboratorio y consiste en hacer que los estudiantes diseñen el procedimiento o bien reducir la información que se les facilita en los guiones de las mismas. El hecho de reducir la información hace aumentar lo que se conoce como nivel de abertura.

La primera definición de nivel de abertura la dio Schawb (1962): “El grado de abertura o nivel de descubrimiento en relación con las actividades prácticas se basa en la proporción en la que el docente facilita los problemas, las maneras y los medios para afrontar ese problema y la respuesta a esos problemas. La cantidad de intervención por parte del docente es inversamente proporcional al grado de abertura, o lo que es lo mismo al grado de descubrimiento por parte del estudiante”

Las prácticas de laboratorio tal y como están orientadas por los profesores y/o planeadas por los textos son de tipo expositivo, con niveles de abertura 0-1 (Herron, 1971). En las prácticas de tipo expositivo, el docente dirige el trabajo de laboratorio de los estudiantes y, por tanto, éstos sólo tienen que repetir las instrucciones facilitadas o leerlas de algún manual o guión. No familiarizan a los estudiantes con la metodología científica y no contribuyen al aprendizaje significativo de conceptos (Payá 1991).

La característica principal de estas prácticas expositivas es que son prácticamente como recetas de cocina: prácticamente no se da importancia a la planificación de la investigación o a la interpretación de resultados (Domin, 1999a). El principal inconveniente de estas prácticas, además de ser poco representativas de la realidad científica, es que son poco

efectivas de cara al cambio conceptual del alumnado. Durante la práctica los estudiantes pasan más tiempo determinando si han conseguido o no los resultados correctos (*acertando el resultado*, según su propia terminología), que planificando y organizando el experimento (Steward, 1998). Normalmente, no se les concede el tiempo suficiente para analizar la práctica, ni para integrarla con los conceptos teóricos que ya conoce, característica fundamental del aprendizaje significativo (Novak y Gowin, 2002). Aún así este tipo de prácticas es el más extendido.

En las prácticas expositivas los guiones y manuales funcionan de manera similar a cómo lo hace un catalizador: igual que este aumenta la velocidad de reacción proporcionando un camino de reacción alternativo de menor energía, el manual de laboratorio reduce la cantidad de tiempo necesario para completar una actividad de laboratorio de forma que requiere un menor esfuerzo intelectual por parte del alumno (Domin, 1999b).

Las prácticas expositivas se han utilizado y se continúan utilizando ampliamente quizás debido a que pueden ser realizadas por un elevado número de estudiantes con una implicación mínima del profesor durante la sesión práctica.

En el contexto de enseñanza en que nos encontramos y estando convencidas de que en la enseñanza de las ciencias y en particular de la Química, el paradigma de transmisión-asimilación no es el camino para conseguir un aprendizaje significativo en el alumno, consideramos las prácticas de laboratorio como una herramienta para orientar el trabajo experimental como una actividad investigadora. El alumno debe ir adquiriendo el conocimiento a través de pequeñas investigaciones y de este modo sirven para familiarizar a los estudiantes con la metodología científica.

A nuestro entender, y en base a la experiencia adquirida después de varios años impartiendo teoría y prácticas de asignaturas de Química, para conseguir que el alumno trabajara más y mejor, relacionara más fácilmente la teoría y la práctica y se fomentara en él el aprendizaje autónomo debíamos rediseñar el material de trabajo que el alumno recibía para realizar las prácticas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y elaboración del material didáctico

La idea de incorporar metodologías de aprendizaje activo en las sesiones prácticas de laboratorio de Química (Romero, 2005) nos condujo al diseño de un material que permitía la profundización en los contenidos específicos que se abordaban con cada sesión práctica. El objetivo era diseñar un material con el que el alumno trabajara activamente, aumentara su esfuerzo intelectual y fuera construyendo su propio conocimiento a través de pequeñas investigaciones y resolviendo cuestiones clave. El material presentado en este trabajo se desarrolló específicamente para las prácticas de la asignatura de Fundamentos de Análisis Químico, de segundo curso de la licenciatura de Ciencias Ambientales, y la asignatura de Fundamentos Químicos de la Ingeniería, de primer curso de Ingeniería Industrial.

En el caso de la asignatura de Fundamentos del Análisis Químico se diseñó material para seis prácticas. En la práctica 1, el objetivo era que el alumno adquiriera los conocimientos fundamentales sobre las disoluciones, imprescindibles en Química Analítica. En las prácticas 2-5 el objetivo era que trabajara las diferentes técnicas de valoración tratadas en las sesiones teóricas. La última práctica se diseñó con el objeto de que, ante un caso real de determinación de la calidad de una muestra de agua, el alumno hiciera una revisión de las técnicas estudiadas en las prácticas anteriores (tabla 1).

Para la asignatura de Fundamentos Químicos de la Ingeniería se diseñaron cinco prácticas que reflejaban los contenidos más relevantes de los bloques temáticos del programa de la asignatura. La práctica 1 fue planteada con el objetivo de trabajar el Bloque I, *Estructura química de la materia*. En las prácticas 2-5 se trataba de estudiar la *Reactividad química*, Bloque II del programa, siempre en el contexto de la Ingeniería Industrial (tabla 1).

Fundamentos de Análisis Químico	Fundamentos Químicos de la Ingeniería
1. Preparación de disoluciones. Disoluciones amortiguadoras	1. Reactividad y tabla periódica
2. Alcalinidad: determinación de carbonatos y bicarbonatos en agua	2. Disoluciones y ácido-base
3. Método de Mohr: determinación de cloruros.	3. Parámetros que determinan la calidad de un agua para uso industrial: alcalinidad y cloruros
4. Dureza: determinación de calcio y magnesio por complexometría	4. Cinética de reacción
5. Valoraciones redox. Valoración de una disolución de permanganato potásico. Determinación de hierro en una muestra desconocida	5. Reacciones red-ox
6. Determinación de algunos parámetros que determinan la calidad de un agua. (alcalinidad, cloruros, dureza, y hierro)	

Tabla 1. Prácticas sobre las que se ha diseñado el material didáctico.

Debido a que uno de los objetivos de estas prácticas era el desarrollo del aprendizaje autónomo se diseñó un material didáctico para todas las prácticas con un grado de apertura 2 (investigación estructurada), excepto para la práctica 6 de la asignatura de Fundamentos del Análisis Químico, que poseía un grado de apertura 3 (investigación abierta).

En las prácticas con nivel de apertura 2 el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método aumentando así su autonomía y potenciando la toma de decisiones. El hecho de que no se le facilite toda la información necesaria fomenta la búsqueda y el análisis de la información para completar el procedimiento. Este tipo de prácticas se basa en prácticas de investigación aunque también es posible basarse en prácticas expositivas en las que se han suprimido partes seleccionadas de la metodología. Las prácticas con nivel de apertura 2 están en un término medio entre las prácticas de tipo expositivo y las prácticas de investigación abierta, de grado de apertura 3 (Jiménez, 2006).

En el nivel de apertura 3, el estudiante identifica un problema, lo formula y escoge y diseña el método más apropiado para solucionarlo. El tipo de práctica en las que se basa son las prácticas de investigación. Este tipo de prácticas tiene un enfoque inductivo, los resultados no se conocen *a priori* y requieren en mayor o menor medida que el alumno genere su propio método de actuación y el procedimiento a seguir. En este tipo de prácticas el estudiante se ve obligado a diseñar, desarrollar y conducir su propio experimento, de forma que requieren mucha más atención y esfuerzo intelectual por parte del alumnado (Jiménez, 2005).

Para elaborar el material didáctico objeto de dicha comunicación se siguieron las siguientes etapas para cada una de las asignaturas implicadas:

1) Se tomaron como base los guiones de prácticas actuales y se analizaron las necesidades conceptuales de dichos textos en relación con los contenidos teóricos de la asignatura. De este análisis se concluyó sobre la eliminación de alguna práctica o de la inclusión de alguna práctica nueva.

2) El resultado de este análisis permitió elaborar unos documentos con contenidos teóricos mínimos para que el alumno pueda asimilar los conceptos básicos que se manejan durante la sesión práctica.

3) Tomando como base estos contenidos teóricos se elaboró el cuadernillo del laboratorio con las preguntas guía o clave que sobre las cuales el alumno debía reflexionar para contestarlas.

4) El material diseñado presentaba siempre la misma estructura basada en tres documentos distintos:

- Una selección del material empleado en el aula con los contenidos teóricos necesarios para la comprensión de la práctica y la posterior evaluación de los resultados.
- Un guión de prácticas con un breve fundamento teórico de la experiencia a realizar y el procedimiento experimental, expresado de forma clara, concisa, sencilla y abreviada.
- Un cuadernillo de trabajo que el alumno debía completar y entregar al final de cada sesión. En él, el alumno debía apuntar y discutir los resultados y, además, responder a una serie de preguntas clave. Responder correctamente a estas preguntas le obligaba a revisar los conceptos teóricos que, en consecuencia, quedan mejor fijados. De esta forma, también, su capacidad para resolver problemas prácticos planteados a continuación se ve mejorada. El cuadernillo de laboratorio estaba diseñado de tal forma que el alumno debía responder cuestiones para poder realizar el experimento o viceversa, que el alumno necesitaba hacer el experimento para poder resolver las cuestiones propuestas.
- Todo el material didáctico se proporcionó en formato impreso pero estaba también accesible a los alumnos a través de la página web de la asignatura en ficheros pdf.

A modo de ejemplo se incluye el material empleado en dos de estas prácticas. En Fundamentos de Análisis Químico, la práctica seleccionada es la última de las que se realiza, *Determinación de algunos parámetros que determinan la calidad de un agua: alcalinidad, cloruros, dureza, y hierro*. Es la práctica con un grado de abertura mayor, grado de abertura 3: el estudiante identifica un problema, escoge y diseña el método más apropiado para solucionarlo. Nuestro objetivo era poder comprobar si los alumnos habían progresado y comprendido los conceptos desarrollados durante las cinco sesiones anteriores para ponerlos en práctica con un problema real como es el análisis de una muestra de agua.

PRACTICA 6. DETERMINACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN AGUA. (ALCALINIDAD, CLORUROS, DUREZA, Y HIERRO)

ALUMNOS.....

Para realizar esta práctica el alumno debe disponer de todos los guiones empleados en las prácticas 1-5 y aplicar los procedimientos empleados en las mismas **indicando** para cada parámetro **qué tipo de técnica de análisis químico emplea**.

1. El alumno describirá el procedimiento experimental empleado para determinar la alcalinidad (Carbonatos y bicarbonatos) de una muestra de agua y realizará los cálculos para expresar el resultado en mol/l y ppm.

TÉCNICA ANALÍTICA:

PROTOCOLO:

CÁLCULOS:

2. El alumno escribirá el procedimiento experimental empleado para determinar la concentración de cloruros de una muestra de agua y realizará los cálculos expresará el resultado en mg/l y ppm

TÉCNICA ANALÍTICA:

PROTOCOLO:

CÁLCULOS:

3. El alumno escribirá el procedimiento experimental empleado para determinar la dureza (Ca^{2+} , Mg^{2+}) de una muestra de agua y expresará el resultado en mg/l, ppm, y en mg de CaCO_3/l .

TÉCNICA ANALÍTICA:

PROTOCOLO:

CÁLCULOS:

4. El alumno escribirá el procedimiento experimental empleado para determinar el contenido de Fe en una muestra de agua y expresará el resultado en mol/l y ppm.

TÉCNICA ANALÍTICA:

PROTOCOLO:

CÁLCULOS:

Figura 1. Cuadernillo de laboratorio práctica 6 Fundamentos de Análisis Químico.

PRACTICA 6. DETERMINACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN AGUA. (ALCALINIDAD, CLORUROS, DUREZA, Y HIERRO)

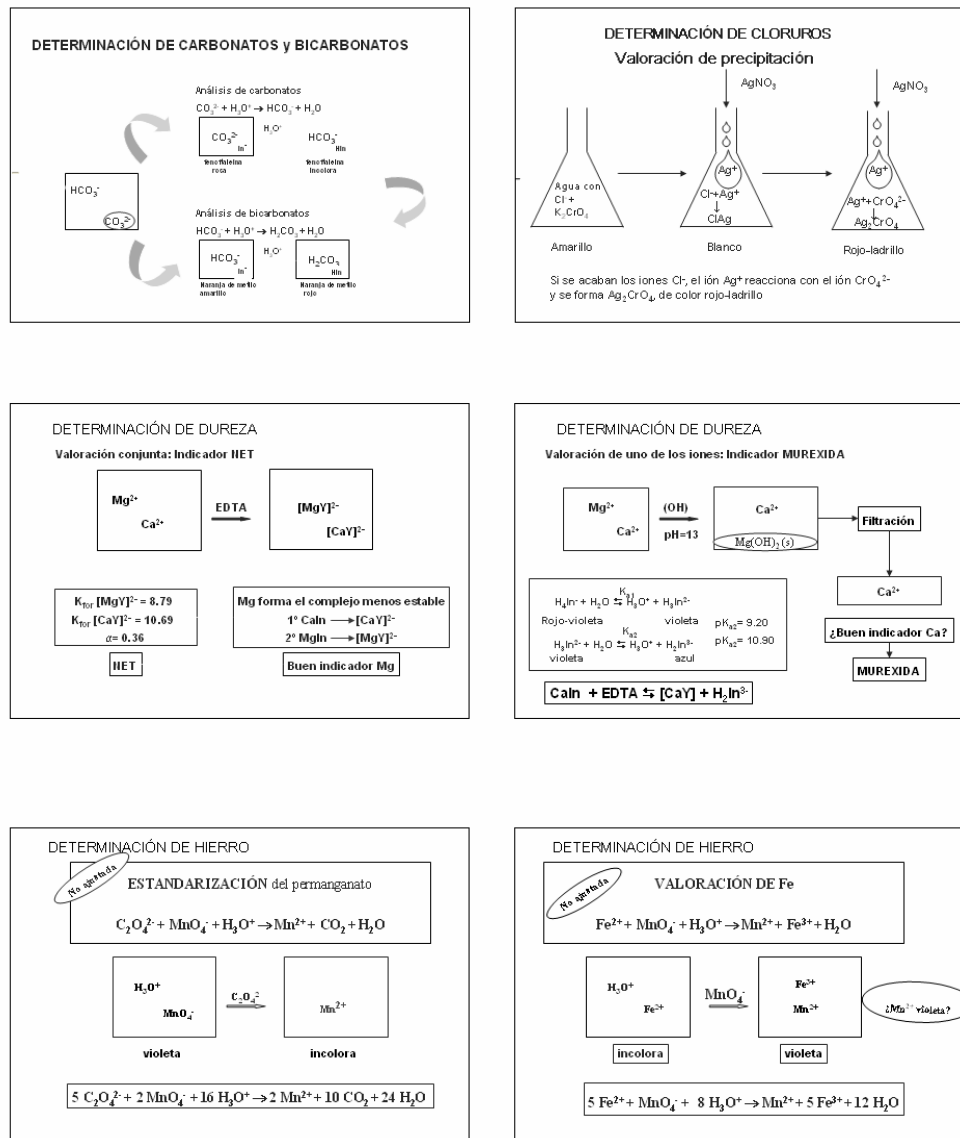


Figura 2. Material suplementario para la práctica 6 de Fundamentos de Análisis Químico.

De la asignatura de Fundamentos Químicos de la Ingeniería se ha seleccionado la práctica sobre *Determinación de parámetros que determinan la calidad de un agua para uso industrial*, con un grado de abertura 2. Esta práctica vincula técnicas básicas de la Química Analítica directamente relacionadas con cuestiones de índole industrial como es la calidad de un agua usada en instalaciones industriales como las calderas o los sistemas de refrigeración.

PRACTICA 3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN AGUA PARA USO INDUSTRIAL

La mayor parte del agua para uso industrial se utiliza en procesos de generación de energía en calderas y en procesos de transferencia de calor como en los sistemas de refrigeración.

Este tipo de agua no requiere unos niveles elevados de pureza excepto en calderas de alta presión, pero sin embargo, debe reunir ciertas características específicas que eviten los siguientes problemas en ambos tipos de aguas:

- Formación de incrustaciones en las conducciones, tuberías y calderas
- Corrosión de materiales metálicos y arrastre de los productos de corrosión
- Crecimiento microbiológico de algas, bacterias y hongos (sobre todo en aguas de refrigeración)

Las incrustaciones se refieren a la formación de especies sólidas e insolubles que precipitan y se adhieren a las superficies metálicas de las calderas y tuberías en general. Uno de los principales agentes incrustantes son los cationes alcalinotérreos mayoritarios como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} , que dan lugar a la formación de CaCO_3 , CaSO_4 y CaSiO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, MgSiO_3 o hidroxifosfatos insolubles $\text{Mg}_2(\text{PO})_4(\text{OH})$.

Determinar el contenido en carbonatos y bicarbonatos, es decir, la alcalinidad del agua tiene un gran interés para el poder conocer la tendencia a la incrustación y sirve para fijar los parámetros del tratamiento químico del agua, así como ayudarnos al control de la corrosión y la incrustación en sistemas que utilizan agua como materia prima o en su proceso. En muchos procesos industriales el agua se emplea como materia prima en la fabricación de productos (industria farmacéutica, bebidas), como medio de reacción, (industria química), como medio de transporte, para lavado de productos y piezas, para preparación de baños electrolíticos. En estos casos es necesario conocer su contenido en cloruros, ya que una concentración elevada de los mismos, puede ocasionar una alteración del proceso o del producto obtenido. También resulta de vital importancia, conocer el contenido de cloruros antes y después de los procesos de desalinización de aguas.

Alcalinidad

El método habitual para determinar la alcalinidad consiste en realizar una valoración de la muestra con ácido fuerte, el HCl (valoración ácido-base). En esta valoración hay que determinar dos puntos finales por lo que es preciso emplear 2 indicadores. La determinación del volumen de HCl necesario para que se produzca el cambio de color de dichos indicadores permite realizar los cálculos necesarios para determinar por separado la concentración de iones CO_3^{2-} y HCO_3^- :

Cuando a una muestra de agua se agregan unas gotas del indicador fenolftaleína y aparece un color rosa, significa que la muestra tiene un pH mayor que 8.3 e indica la presencia de carbonatos. Si ocurre esto, se procede a valorar con ácido clorhídrico hasta que el color rosa vire a incoloro; con lo que se valora el CO_3^{2-} presente transformándolo en HCO_3^- . A la muestra incolora obtenida se le agregan unas gotas del indicador naranja de metilo, toma un color amarillo anaranjado y se continúa valorando con HCl hasta viraje a rojo. Con esto se valoran TODOS los iones HCO_3^- , los presentes inicialmente en la muestra y los iones HCO_3^- procedentes de los iones CO_3^{2-} ya valorados.

Primera reacción: $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCl} \rightarrow \text{HCO}_3^-$ (indicador fenolftaleína)

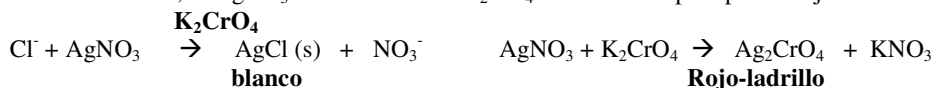
Segunda reacción: $\text{HCO}_3^- + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ (indicador naranja de metilo)

Cuando a una muestra de agua se agregan unas gotas del indicador fenolftaleína y NO aparece un color rosa, significa que la muestra tiene un pH menor que 8.3, lo que indica que no hay CO_3^{2-} y sólo hay que determinar HCO_3^- : se agrega naranja de metilo y se valora con HCl hasta viraje a rojo: $\text{HCO}_3^- + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ (indicador naranja de metilo)

Valoración de carbonatos y bicarbonatos. Depositar 5 mL de muestra de agua en un erlenmeyer de 100 mL. Agregar 3 gotas de fenolftaleína como indicador. Si aparece coloración rosa, valorar con HCl 0.01 M hasta viraje a incoloro. Si al adicionar la fenolftaleína no aparece coloración rosa, se considera que la concentración de carbonatos es cero y se agregan 3 gotas de disolución de naranja de metilo al erlenmeyer. Continuar valorando hasta viraje de amarillo a rojo.

Cloruros

Para analizar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se valora con nitrato de plata (AgNO_3), usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4). El cloruro de plata AgCl , precipita cuantitativamente primero, al terminarse los cloruros, el AgNO_3 reacciona con el K_2CrO_4 formando un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 .



El pH óptimo para llevar a cabo el análisis de cloruros es de 7.0 a 8.3, ya que cuando tenemos valores de pH mayores a 8.3, el ión Ag^+ precipita en forma de $\text{Ag}(\text{OH})$; cuando la muestra tiene un pH menor que 7.0, el cromato de potasio se oxida a dicromato, afectando el viraje del indicador.

Valoración de cloruros:

Ajuste del pH. Se depositan 5 ml. de la muestra de agua en un matraz erlenmeyer de 125 ml y se ajusta el pH entre 7.0 a 8.3 mediante la adición de 2 gotas de Na_2CO_3 0.1 N, 2 gotas de fenolftaleína. Debe aparecer una tonalidad rosa en la disolución y, a continuación, se añaden gotas a gota H_2SO_4 0.1 N hasta que la disolución vire a incoloro.

Valoración. Se añaden a la muestra 3 gotas del indicador K_2CrO_4 al 5%. La disolución se vuelve amarilla y, entonces se empieza la valoración con AgNO_3 0.01 N hasta que aparezca turbidez de rojo ladrillo.

Figura 3. Guión práctica 3 de Fundamentos Químicos de La Ingeniería.

PRACTICA 3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN AGUA PARA USO INDUSTRIAL

ALUMNOS.....

1. ¿Qué es una valoración? ¿En qué consiste? ¿Qué significa que se haya alcanzado el punto de equivalencia? ¿De qué formas podemos detectar que se ha llegado al punto final de la valoración?

2. En la práctica que vas a realizar dos tipos de valoraciones:

a) En la valoración ácido-base ¿cuáles son las especies que vas a determinar? ¿Cuál es el agente valorante empleado? ¿Cuáles son los indicadores empleados? Escribe las reacciones que se producen.

b) En la valoración de precipitación ¿cuáles son las especies que vas a determinar? ¿Cuál es el agente valorante empleado? ¿Cuál es el indicador empleado? Escribe las reacciones que se producen.

3. En la muestra de agua que vamos a analizar podemos tener carbonatos y bicarbonatos ó sólo una de las especies dependiendo del pH de la muestra

¿Qué significa el hecho de que al añadir fenolftaleína en la muestra de agua **aparezca** color rosa? ¿Cómo realizaremos la determinación de la alcalinidad en este caso?

¿Qué significa el hecho de que al añadir fenolftaleína en la muestra de agua **no aparezca** color rosa? ¿Cómo realizaremos la determinación de la alcalinidad en este caso?

4. En la valoración de precipitación para determinar los cloruros, necesitamos ajustar el pH entre 7.0-8.3 ¿Por qué? ¿Qué reactivos empleamos para ello?

5. a) Calcule la cantidad de HCl comercial que debe emplear para preparar 100 mL de disolución HCl 0.01M. b) Calcule la cantidad de AgNO₃ que necesita emplear para preparar 1L de una disolución de AgNO₃ 0.01 M.

6. El alumno realizará la valoración de carbonatos y bicarbonatos en la muestra de agua problema, como se indica en la parte experimental. Realice dicha valoración por triplicado. Anote el volumen de HCl empleado y calcule el contenido de carbonatos y bicarbonatos en moles/L y mg/L en la muestra de agua.

7. El alumno realizará la valoración de cloruros en la muestra de agua problema como se indica en la parte experimental. Realice dicha valoración por triplicado. Anote el volumen de AgNO₃ empleado y calcule el contenido de cloruros en mol/L y mg/L en la muestra de agua.

Figura 4. Cuadernillo de laboratorio de la práctica 3 de Fundamentos Químicos de La Ingeniería.

PRACTICA 3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UN AGUA PARA USO INDUSTRIAL

Valoración

- Técnica de análisis para la determinación del contenido de un analito en una muestra problema
- Basada en reacciones diferentes
- Adición lenta de una **disolución de reactivo (agente valorante)** a una disolución de analito, hasta que la **reacción** entre los dos sea **completa**

Valoración ácido-base

- Técnica de análisis para la determinación del contenido de ácido (o base) en una muestra problema
- Basada en una reacción de neutralización ácido-base

Valoración de precipitación

- Técnica de análisis para la determinación del contenido de un catión en una muestra problema
- Basada en una reacción de precipitación

Reacción completa en el punto de equivalencia:

cuando los moles añadidos de valorante y los moles de analito están en relación estequiométrica, expresada en la ecuación química

punto de equivalencia determina el punto final de la valoración

Modo de trabajo

- Adición de **agente valorante** sobre una **muestra problema** hasta llegar al **punto final** de la valoración

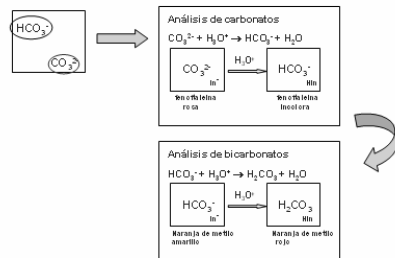
¿Cómo sabemos que hemos llegado al punto final de la valoración?

Indicadores
sustancias que cambian de color en el momento de alcanzar el punto final

Curvas de valoración
representación de la variación del pH a lo largo de la valoración

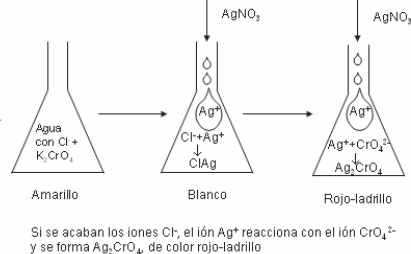
Valoración ácido-base

DETERMINACIÓN DE CARBONATOS Y BICARBONATOS



Valoración de precipitación

DETERMINACIÓN DE CLORUROS



Ajuste del pH en una muestra para determinación de cloruros

Disolución de Na_2CO_3

Al añadir unas gotas, el pH de la muestra de agua se vuelve básico

Fenolftaleína: Indicador de pH

Al añadir unas gotas la disolución adquiere color rosa si el pH > 8.3

H_2SO_4 diluido

Al añadir unas gotas la disolución se vuelve incoloro si el pH se encuentra entre 8.3 y 7

Figura 5. Material suplementario de la práctica 3 de Fundamentos Químicos de La Ingeniería.

Aplicación del material didáctico.

Para la realización de la práctica con el empleo de este material didáctico, los estudiantes se agruparon en parejas cooperativas, con un máximo de 5 parejas por grupo. El aprendizaje cooperativo puede definirse como una estrategia metodológica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un objetivo si y sólo si el resto de miembros del grupo también lo alcanzan (Kerns, 1996). Diferentes estudios avalan la eficacia de este agrupamiento en las prácticas de laboratorio de Química (Cooper, 1996; Giancarlo y Slunt, 2004; Shibley y Zimmnaró, 2002, Smith, 1991, Wright, 1996), además de las ventajas respecto a los aspectos de sostenibilidad que supone trabajar en grupo: menor consumo de reactivos y de muestra, generación de menor cantidad de residuos, menor desgaste instrumental (Daevor, 1994).

Las sesiones de prácticas, de 4 horas de duración cada una, se realizaron siempre con posterioridad a la explicación de los fundamentos teóricos en el aula. Al alumno se le facilitó el material al inicio de cada sesión y constaba siempre de los tres documentos mencionados anteriormente: material suplementario, guión y cuadernillo. El cuadernillo debía ser entregado al profesor al final de cada sesión práctica. El alumno tenía conocimiento de que las calificaciones de los cuadernillos suponían el mayor porcentaje de la calificación de las prácticas (80%) y también de que tenía un tiempo limitado para realizarlo, 4h máximo, el tiempo de la sesión de prácticas. A nuestro entender, estos dos factores aumentaron la motivación del alumno para completar correctamente en forma y contenido el cuadernillo de laboratorio y, en consecuencia, también aumentó el grado de aprovechamiento en cada sesión. La práctica 6 de la asignatura Fundamentos de Análisis Químico no dispuso de un guión específico al tratarse de una práctica compendio de las anteriores. El alumno debía acudir al laboratorio con los guiones de las prácticas anteriores.

Evaluación por parte del profesor

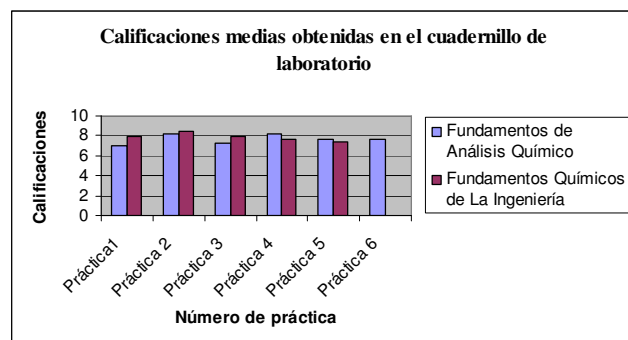
Para evaluar si la utilización de este material en las prácticas había supuesto una mejora para la comprensión y el desarrollo de los contenidos en las sesiones prácticas, y por lo tanto, una mejora en las calificaciones globales de las prácticas se emplearon dos indicadores:

- Evaluación del cuadernillo de trabajo entregado por parejas. El cuadernillo de laboratorio siempre fue devuelto al alumno con las pertinentes correcciones.
- Examen de prácticas. En el examen teórico de la asignatura se incluyen algunas de las preguntas clave de los cuadernillos de laboratorio entregados.

Valoración por parte del profesor

Para llevar a cabo un análisis de en qué medida el empleo de este material y por lo tanto este tipo de metodología estaba contribuyendo a un mejor aprendizaje de los alumnos en las sesiones prácticas se compararon los resultados obtenidos durante este curso con los del año anterior

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS



Si analizamos las calificaciones medias obtenidas en los cuadernillos de laboratorio (figura 6) en ambas asignaturas, la nota media en todas ellas es superior a 7, lo que nos indica que el aprovechamiento y comprensión en cada sesión práctica es bueno con este material.

Figura 6. Calificaciones medias obtenidas en el cuadernillo de laboratorio.

Por otra parte si analizamos los resultados obtenidos en la práctica 6 de Fundamentos del Análisis Químico con un grado de apertura 3, mayor que en los demás casos, se observa como la media obtenida también es de 7. Esta práctica presentó una mayor dificultad ya que requirió un trabajo previo de revisión de los protocolos de análisis y adecuación a la muestra problema proporcionada. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron buenos e indican una evolución positiva durante el periodo de prácticas.

El alumno ha adquirido por una parte la autonomía para proponer procedimientos y por otra, ha habido una buena asimilación de las técnicas empleadas en las prácticas anteriores.

Al analizar y comparar las calificaciones obtenidas en la pregunta sobre las prácticas incluida en el examen de las asignaturas (figura 7), en ambas asignaturas los resultados arrojan un porcentaje más elevado de suspensos este curso. Estos datos los podemos interpretar como indicadores de mejora en el aprovechamiento del trabajo en el laboratorio pero ponen de manifiesto que los conocimientos no han perdurado lo suficiente. Pero también puede ser el resultado de un planteamiento de las preguntas claramente mejorable.

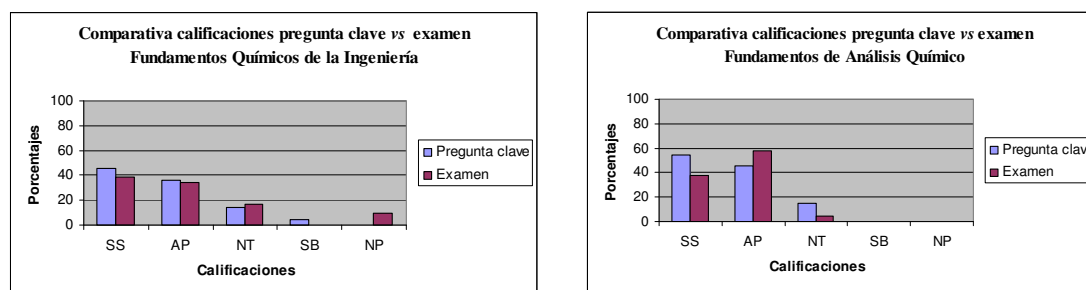


Figura 7. Comparativa preguntas clave vs examen tradicional de prácticas

En ambas titulaciones se observa como el empleo de este material didáctico (figura 8) supone una mejora de las calificaciones ya que aumenta el porcentaje de aprobados en las prácticas de ambas asignaturas con respecto a los resultados del curso anterior. Por otra parte cabe destacar, que además del reflejo de las calificaciones, los profesores de ambas asignaturas han observado un mejor funcionamiento, realización y comprensión de las tareas llevadas a cabo en cada sesión del laboratorio.

En el caso de la asignatura de Fundamentos Químicos de la Ingeniería, aumenta el porcentaje de aprobados y notables aunque disminuye el porcentaje de sobresalientes. En este curso no hay no presentados. Los suspensos corresponden a alumnos que no realizaron todas las prácticas y, por lo tanto, no realizaron el cuadernillo de laboratorio de alguna sesión práctica. Durante este curso se formó un grupo con alumnos repetidores y todos los que realizaron todas las prácticas y contestaron la pregunta en el examen aprobaron.

En el caso de la asignatura de Fundamentos del Análisis Químico los resultados son similares, salvo en el caso del porcentaje de notables obtenidos con este material.

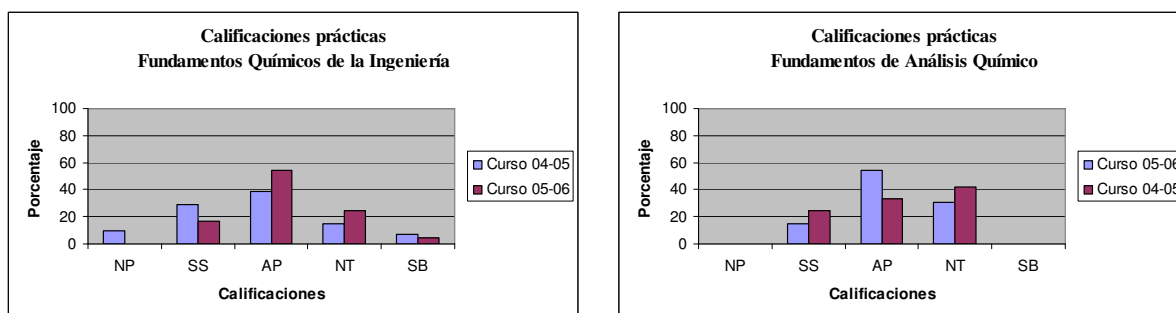


Figura 8. Comparativa calificaciones globales de prácticas curso 04-05 vs 05-06.

CONCLUSIONES

La utilización de este material en las prácticas de laboratorio de dos asignaturas de Química de titulaciones diferentes ha permitido observar una mejora importante en el desarrollo de las sesiones del laboratorio, si bien los datos disponibles no permiten afirmar que lo aprendido perdure durante más tiempo. El alumno ha trabajado en el laboratorio más, con más interés ya que a través de este tipo de actividades ha visto la asignatura más cercana al perfil profesional que espera alcanzar. Claramente, este diseño de material puede ser aplicado para desarrollar clases de cualquier asignatura con prácticas de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- BODNER, G.M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), pp.873-878.
- COOPER, M.M. (1996). Cooperative Chemistry. Laboratory Manual. Boston: McGraw-Hill.
- DEAVOR, J.P. (1994). Role-playing in the quantitative analysis lab. *Journal of Chemical Education*, 71(11), pp.980-982.
- DOMIN, D.S. (1999a) A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of High-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), pp.109-111.
- DOMIN, D.S. (1999b) A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), pp.543-547.
- DRIVER, R. (1998). Theory into practice II: A constructivist approach to curriculum development, en Fensham, P(Ed). Development and dilemmas in science education, pp 133-149. Londres: Falmer.
- GIANCARLO, L.C. y SLUNT, K.M. (2004). The dog ate my homework: a cooperative learning project for instrumental analysis. *Journal of Chemical Education*, 81(6), pp.868-869.
- HERRON, M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79, pp. 171-212.
- JIMÉNEZ V.G; LLOBERA, J.R y LLITJOS, V.A (2006). *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 59-70.
- JIMÉNEZ V.G; LLOBERA, J.R y LLITJOS, V.A (2005). *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol 4, N°3.
- KERNS, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry? *Journal of College Science Teaching*, 25(6), pp.435-438.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (2002). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Roca.
- PAYA, J. (1991). Los trabajos prácticos en la Enseñanza de la Física y la Química. Un análisis crítico y una propuesta fundamentada. *Tesis Doctoral*. Universidad de Valencia
- ROMERO, C (2005). Propuesta de una metodología docente de aprendizaje autónomo para la realización de prácticas de laboratorio sobre métodos colorimétricos. *II Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria: El reto de la Convergencia Europea*.
- SAUNDERS, W.L. (1992). The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science. *School Science and Mathematics*, 92(3), pp.136-141.
- SCHAWB, J.J. (1962). The teaching of science as enquiry, en Shcwab, J.J. *The teaching of Science* pp. 3-103. Cambridge: Harvard University Press.
- SHIBLEY, I.A. y ZIMMARO, D.M. (2002). The influence of collaborative learning on student attitudes and performance in an introductory chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 79(6), pp.745-748.
- SHILAND, T.W. (1989) Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), pp.107-109.
- SMITH, M.E, HINCLEY, C.C. y VOLK, G.L.(1991). Cooperative Learning in the undergraduate laboratory. *Journal of Chemical Education*, 68(5), pp.413-415.
- STEWART, B.Y. (1988). The surprise element of a student-designed laboratory experiment. *Journal of College Science Teaching*, 17, pp.259-270.
- WRIGHT, J.C. (1996). Authentic learning environment in analytical chemistry using cooperative methods and open-ended laboratories in large lecture courses. *Journal of Chemical Education*, 73 (9), pp.827-832.