

LA ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA: LOS NIVELES DE ABERTURA

JIMÉNEZ VALVERDE, GREGORIO^{1,2}, LLOBERA JIMÉNEZ, ROSA² y LLITJÓS VIZA, ANNA^{2,3}

¹ Departament de Química Ambiental. IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. gjimene2@xtec.net

² Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Unitat de Química. Facultat de Formació del Professorat. Universitat de Barcelona

³ Grup de Recerca Educativa ECEM y Grup Consolidat d'Innovació Docent de Didàctica de les Ciències. Universitat de Barcelona

Resumen. El objetivo de este trabajo es describir una experiencia didáctica en la que se han utilizado los niveles de abertura como método constructivista de atención a la diversidad en las actividades prácticas de química. En el caso de los estudiantes de ciclos formativos de grado superior, esta diversidad se debe, principalmente, a las diferentes vías de acceso a dichos ciclos: título de bachillerato (con o sin formación en química), examen de acceso o estudios universitarios previos.

Palabras clave. Constructivismo, niveles de abertura, actividades de laboratorio, química ambiental, aprendizaje cooperativo.

The attention to diversity in chemistry laboratory activities: The levels of openness

Summary. The purpose of this article is to describe a didactic experience in which the levels of openness have been used as a constructivism-based teaching method to take into account the different skills that Higher-Level Vocational Chemistry Training Education students show at the chemistry laboratory. That heterogeneity is mainly due to the different ways students can enroll the course: High School Diploma with or without chemistry training, entrance examination or previous university studies.

Keywords. Constructivism, levels of openness, laboratory activities, environmental chemistry, cooperative learning.

INTRODUCCIÓN

El sistema educativo actual, surgido a partir de la implantación de la LOGSE, supone nuevos retos para los profesionales de la educación. Entre otros aspectos destacables, la LOGSE apuesta por un modelo de escuela comprensiva, es decir, una escuela que ofrece una misma forma de educación a todo su alumnado, con el objetivo de conseguir una educación integradora que dé respuesta a los diferentes intereses, capacidades y ritmos de aprendizaje de los estudiantes. El currículo de las asignaturas y módulos es abierto, parte de unos contenidos y objetivos comunes

para todos, permite a cada centro adecuarlo a sus características propias y a las de su entorno, de tal manera que no se excluya la atención a la diversidad que siempre existe en los estudiantes de un mismo centro. Será competencia del profesorado establecer los métodos pedagógicos que mejor se adecuen a las características de su alumnado. Pero hay que tener en cuenta que no todos los estudiantes tienen las mismas capacidades, intereses y ritmos de aprendizaje; por tanto, es necesario un modelo flexible que se adapte a esta mayor diversidad.

El objetivo de este trabajo es el de responder a la necesidad de atender a la diversidad en las actividades prácticas de los ciclos formativos de grado superior (CFGS) de la rama de química, utilizando como principal técnica pedagógica los niveles de abertura. En efecto, aunque la atención a la diversidad se suele centrar fundamentalmente en los niveles educativos obligatorios, también es necesario realizar una correcta atención a la diversidad en el resto de etapas educativas. En los CFGS de la rama de química existe una heterogeneidad en los contenidos procedimentales del alumnado, debida básicamente a los estudios previos de los estudiantes. Es conveniente, por tanto, poder dar respuesta a esta heterogeneidad en el alumnado y la manera que se describe en el presente trabajo es aplicando diferentes niveles de abertura en las actividades prácticas, en un contexto de trabajo cooperativo entre los estudiantes.

LOS NIVELES DE ABERTURA

La teoría constructivista postula que el conocimiento no puede ser transferido de una persona a otra, sino que debe ser construido activamente en la mente de cada estudiante, a través de interacciones con el ambiente (Bodner, 1986). El proceso de construcción del conocimiento, por tanto, requiere un esfuerzo o actividad mental (Saunders, 1992), de tal manera que no se puede presentar simplemente un material al estudiante y pretender que lo aprenda de una manera significativa (Driver, 1988).

Exigir a los estudiantes un mayor esfuerzo mental significa que éstos deberían desarrollar aptitudes de mayor nivel cognitivo, de acuerdo con la taxonomía de Bloom

(1956) de los objetivos educativos. En esta taxonomía, este autor clasifica los objetivos educativos o procesos cognitivos en seis categorías jerarquizadas según el esfuerzo intelectual que requieren: los tres primeros objetivos educativos son conocidos como procesos cognitivos de bajo orden (conocimiento, comprensión y aplicación) y los tres últimos, como procesos cognitivos de alto orden (análisis, síntesis y evaluación).

Una de las maneras que Shiland (1999) propone para incrementar la actividad cognitiva de los estudiantes en las prácticas de laboratorio y, por tanto, potenciar el desarrollo de procesos cognitivos más complejos, consiste en hacer que los estudiantes diseñen el procedimiento de las prácticas o bien reducir la información que se les facilita en los guiones de las mismas. El hecho de reducir esta información hace aumentar lo que se conoce como *el nivel de abertura* de una actividad práctica.

La primera definición de nivel de abertura la dio Schwab (1962), quien describió tres niveles de abertura en relación con la enseñanza de actividades prácticas en el laboratorio: «El grado de abertura (o nivel de descubrimiento) se basa en la proporción en la que el docente facilita: *a*) los problemas, *b*) las maneras y medios para afrontar ese problema, *c*) la respuesta a esos problemas. La cantidad de intervención por parte del docente es inversamente proporcional al grado de abertura de una práctica o, lo que es lo mismo, al grado de descubrimiento por parte del estudiante.»

Priestley (1997) propuso una escala de siete niveles de abertura para las actividades prácticas de laboratorio y señaló, para cada uno de los niveles, los procesos cognitivos que se potencian (Tabla 1).

Tabla 1
Niveles de abertura según Priestley (1997).

Nivel	Título	Descripción de las actividades en el laboratorio	Proceso cognitivo requerido
1	Herméticamente cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos al alumnado. Los estudiantes apuntan los datos en los huecos reservados de un informe de laboratorio. Se incluyen tablas con los datos	Conocimiento
2	Muy cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Se incluyen tablas de datos	Conocimiento
3	Cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes	Conocimiento y comprensión
4	Entreabierto	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Algunas preguntas o conclusiones son abiertas	Comprensión y aplicación
5	Ligeramente abierto	Se proporcionan la mayoría de procedimientos a los estudiantes y algunas preguntas o cuestiones son abiertas	Aplicación
6	Abierto	Los estudiantes desarrollan sus propios procedimientos. Se les proporciona una lista con el material. Muchas preguntas o conclusiones son abiertas	Análisis y síntesis
7	Muy abierto	A los estudiantes se les indica un problema que tienen que resolver (o que ellos mismos proponen!). Los estudiantes desarrollan el procedimiento y sacan sus propias conclusiones.	Síntesis y evaluación

Como puede apreciarse, las actividades prácticas con niveles bajos de abertura requieren procesos cognitivos de bajo orden, con lo que no se propicia el aprendizaje significativo. En estas prácticas, que suelen ser de tipo expositivo, el docente dirige el trabajo de laboratorio de los estudiantes y, por tanto, éstos sólo tienen que repetir las instrucciones facilitadas por aquél o leerlas de algún manual o guión. Los resultados son conocidos con anterioridad por el profesorado y, en ocasiones, también por el alumnado; y si éste no los conoce, el docente utilizará los resultados obtenidos para compararlos con el resultado esperado.

La característica principal de las prácticas expositivas es que son como recetas de cocina: prácticamente no se da ninguna importancia a la planificación de la investigación o a la interpretación de los resultados (Domin, 1999a). El principal inconveniente de estas prácticas, además de que son poco representativas de lo que es realmente la actividad científica, es que este estilo de prácticas es poco efectivo de cara al cambio conceptual del alumnado, ya que sólo se requieren los procesos cognitivos de bajo orden y porque durante la práctica los estudiantes pasan más tiempo determinando si han conseguido o no los resultados correctos que planificando y organizando el experimento (Stewart, 1988). Normalmente, no se les concede el tiempo suficiente para analizar la práctica, ni para integrar la práctica con los conceptos y las proposiciones que ya conoce, característica fundamental del aprendizaje significativo (Novak y Gowin, 2002). Aun así, este tipo de prácticas probablemente sea el más popular y el más extendido. Estas prácticas se han utilizado y se continúan utilizando ampliamente debido, con toda probabilidad, a que pueden ser realizadas a la vez por un elevado número de estudiantes con una implicación mínima por parte del profesorado durante la sesión práctica. Lagowski (1990) describió las prácticas de laboratorio como «ejercicios rutinarios diseñados para consumir los mínimos recursos, sean éstos equipamiento, personal, espacio o tiempo».

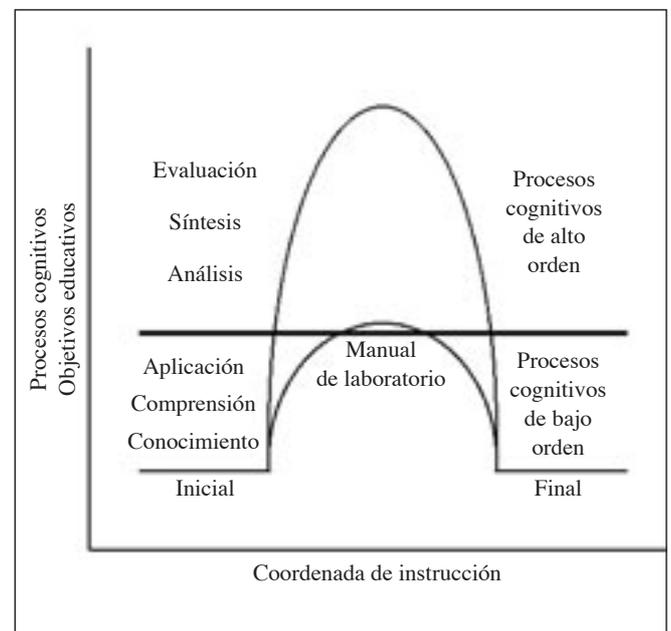
En las prácticas expositivas, los guiones y manuales de laboratorio funcionan de manera similar a cómo lo hace un catalizador: igual que éste aumenta la velocidad de reacción proporcionando un camino de reacción alternativo de menor energía, el manual de laboratorio reduce la cantidad de tiempo necesario para completar una actividad de laboratorio proporcionando un camino instructivo que requiere menor esfuerzo intelectual y que hace que no sean necesarios los procesos cognitivos de alto orden (Domin, 1999b).

Las prácticas con niveles mayores de abertura corresponden a prácticas de investigación (Schwab, 1962) y constituyen una alternativa a las prácticas expositivas. Las prácticas de investigación tienen un enfoque inductivo, los resultados no se conocen *a priori* y requieren, en mayor o menor medida en función del nivel de abertura, que el alumnado genere su propio método de actuación y el procedimiento a seguir. Ya no existe ese catalizador (guiones de prácticas expositivas o «recetas de cocina») y, por tanto, el estudiante se ve obligado a diseñar, desarrollar y conducir su propio experimento, formular hipótesis y predecir el resultado (Tamir, 1977). Este tipo de prácticas puede tener un componente de recogida y análisis de datos, y de formulación y posterior verificación de hipótesis. Esta estrategia potencia el uso de procesos cognitivos de alto orden, de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Es decir, son un tipo de prácticas que requieren mucha más atención y esfuerzo intelectual por parte del alumnado, están menos dirigidas y confieren a los estudiantes una responsabilidad mucho mayor a la hora de decidir el procedimiento adecuado (Domin, 1999b). Esto favorece una mejor actitud de los estudiantes hacia la investigación científica y también les permite asociar de una manera más clara los conceptos teóricos con los datos empíricos (Pickering, 1985). El docente debe implicarse en mayor medida que con las prácticas expositivas, ya que debe organizar, diseñar y presentar apropiadamente este tipo de prácticas, y los estudiantes deben entender los objetivos de las mismas, sino éstos pueden no aprender nada después de un periodo largo de investigación (Chang y Lederman, 1994).

El manual de laboratorio cataliza el proceso de realización de la práctica de laboratorio, pues llegamos al mismo punto final utilizando sólo los procesos cognitivos de bajo orden.

Figura 1

El manual de laboratorio cataliza el proceso de realización de la práctica de laboratorio, pues llegamos al mismo punto final utilizando sólo los procesos cognitivos de bajo orden.



Además de la propuesta de Priestely o de la del propio Schwab, existen otras clasificaciones con relación a los niveles de aberturas en las actividades prácticas (McComas, 1990; Smith, 2000). En este trabajo se utilizó la propuesta de Herron (1971).

Tabla 2
Niveles de abertura según Herron (1971).

Nivel	Nombre	Objetivo	Material	Método	Solución	Estilo de práctica
0	Demostración	Dado	Dado	Dado	Dada	Expositivo
1	Ejercicio	Dado	Dado	Dado	Abierta	Expositivo
2	Investigación estructurada	Dado	Dado todo o en parte	Dado en parte o abierto	Abierta	Expositivo Investigación
3	Investigación abierta	Dado	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación
4	Proyecto	Dado en parte o abierto	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación

Tabla 3
Volumetrías empleadas en el análisis de aguas.

Núm.	Volumetría	Tipo (según reacción)	Tipo (según método)
4	Determinación de la alcalinidad	Ácido-base	Directa
5	Determinación de la dureza	Complexometría	Directa
6	Determinación de los cloruros (Mohr)	Precipitación	Directa
7	Determinación del oxígeno disuelto (Winkler)	RedOx	Indirecta
8	Determinación de la oxidabilidad al permanganato	RedOx	Doble retroceso
9	Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO-Cr)	RedOx	Retroceso

El nivel de abertura 0 de la clasificación de Herron (demostración) consiste en una comprobación práctica de los principios teóricos, por lo que el estudiante conoce de antemano el objetivo de dicha práctica y el resultado final. Al estudiante, además, se le facilita tanto el material como el método para que pueda llevarla a cabo. En las prácticas con un nivel de abertura 1 (ejercicio), el estudiante aprende a seguir las instrucciones de un método o de un instrumento y las técnicas específicas de observación y manipulación. En estos dos niveles de abertura, el estilo de prácticas utilizado suele ser el expositivo.

En el nivel de abertura 2 (investigación estructurada), el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, puesto que estos dos factores pueden no haber sido completamente facilitados al estudiante. Este nivel de abertura se basa en prácticas de investigación, aunque es posible también basarse en prácticas expositivas a las que se han suprimido partes seleccionadas de la metodología. Es decir, están en un término medio entre las prácticas de tipo expositivo y las prácticas de investigación abierta.

En el nivel de abertura 3 (investigación abierta), el estudiante identifica un problema, lo formula, y escoge y diseña el método más apropiado para solucionarlo. El tipo de prácticas en las que se basa son las prácticas de investigación.

En el nivel de abertura 4 (proyecto), los estudiantes realizan una investigación, cuyo objetivo puede haber sido propuesto incluso por ellos mismos. Podemos encontrar algunos ejemplos de prácticas de química con este nivel de abertura en algunos Trabajos de Investigación (asignatura obligatoria en el currículo de bachillerato en el ámbito de Cataluña) o en determinados créditos de síntesis de algunos CFGS (los créditos de síntesis son asignaturas obligatorias en el currículo de la ESO y en los ciclos formativos, también en el ámbito de Cataluña).

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La presente experiencia se ha llevado a cabo con el alumnado del CFGS de Química Ambiental, del IES Mercè Rodoreda (L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona). El ciclo formativo tiene una duración de un curso académico y cada año se matriculan, aproximadamente, unos 50 estudiantes. En concreto, los niveles de abertura se han utilizado en las prácticas de laboratorio de la unidad didáctica «Técnicas analíticas clásicas aplicadas al análisis de aguas: volumetrías», del módulo «Depuración de aguas». Las volumetrías aplicadas al análisis de aguas que se realizan en el laboratorio dentro de esta unidad didáctica son las expresadas en la tabla 3:

Además de estas volumetrías se realizaron otras tres volumetrías previas, que tienen por objetivo:

a) Estandarización de soluciones para poderlas usar como soluciones patrón en alguna de las volumetrías anteriores.

b) Adquirir o mejorar la práctica para realizar una volumetría con ejemplos que no se corresponden con el análisis de muestras de agua.

Estas volumetrías previas son las expresadas en la tabla 4:

Tabla 4
Volumetrías previas a las curriculares.

Número	Volumetría	Objetivo buscado
1	Estandarización de una solución de NaOH	a, b
2	Estandarización de una solución de HCl	a, b
3	Determinación del grado de acidez de un vinagre	b

En esta experiencia, la utilización de los niveles de abertura no se limita sólo a ofrecer una misma actividad práctica con diferente nivel de abertura (según el nivel de conocimientos del alumnado), sino que se pretende que, al acabar la unidad didáctica, todos los estudiantes realicen las dos últimas volumetrías con nivel de abertura 2.

El currículo del CFGS de Química Ambiental (Real Decreto 812/1993) no establece, en ningún momento, que se deba desarrollar la capacidad investigadora del estudiante en el módulo de depuración de aguas. Los futuros técnicos superiores en química ambiental, en lo que respecta al trabajo en el laboratorio, deberán haber aprendido, entre otras cosas, a seleccionar el material adecuado, a manejar correctamente un instrumento o a seguir las instrucciones de un procedimiento normalizado de trabajo (PNT), pero no a realizar investigaciones, ya que la investigación queda fuera de las capacidades profesionales de tales titulados. Quizá en otras etapas educativas, como en el bachillerato o en el segundo ciclo de la ESO, pueda plantearse la necesidad de enfocar la enseñanza de las ciencias dentro de un marco de investigación, pero, en los CFGS de química, prima, en el laboratorio, el desarrollo de habilidades manipulativas y la autonomía. Por ese motivo, a pesar de que la clasificación de Herron llega hasta nivel de abertura 4, no se plantearán prácticas con nivel de abertura superior a 2. Tan sólo en la última volumetría se ofreció la posibilidad de realizarla con nivel de abertura 3, aunque sólo una

pareja optó por ese nivel. Son las prácticas con nivel de abertura 1 y 2 las que interesan a los estudiantes en lo que respecta a este módulo:

– Las de nivel 1 porque, como se dijo anteriormente, el estudiante aprende a seguir las instrucciones de un método o de un instrumento y las técnicas específicas de observación y manipulación. Además, con las prácticas de nivel 1, el estudiante también practica y aprende a ceñirse a las instrucciones de los PNT, que no dejan de ser un procedimiento totalmente cerrado, y que están muy extendidos en la industria química.

– Las de nivel 2 porque el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, aumentando, de esta manera, su autonomía y potenciando la toma de decisiones, ya que 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. Anteriormente se comentó que las prácticas con nivel de abertura 2 podían ser investigaciones guiadas o bien prácticas expositivas a las que se habían suprimido partes seleccionadas de la metodología. En nuestro caso, hemos optado por esta segunda opción, por los motivos anteriormente señalados.

Los niveles de abertura deben verse en esta experiencia como un método para atender la diversidad en el laboratorio y para fomentar la autonomía y la toma de decisiones más que como un método para aprender química a través de la investigación.

En el módulo de depuración de aguas, el alumnado del CFGS se distribuye en tres grupos para las clases prácticas de laboratorio y cada grupo consta de 16 a 18 estudiantes. El laboratorio del instituto tiene una capacidad para 20 estudiantes, en diez lugares de trabajo. Eso significa que las prácticas las hacen simultáneamente todos los estudiantes organizados en parejas o es necesario realizar algún tipo de desdoblamiento.

En nuestro caso, sólo hubo la posibilidad de desdoblar una única práctica (la volumetría 3). En ese caso, los primeros en realizar la volumetría fueron los estudiantes de nivel alto y a la semana siguiente la realizaron los de nivel bajo, con lo que se evitaba que un estudiante de nivel bajo le pudiera pasar su guión de prácticas a uno de nivel alto antes de que éste realizara su práctica. Para las ocho restantes volumetrías, los estudiantes se agruparon en parejas cooperativas. El aprendizaje cooperativo puede definirse como aquella técnica pedagógica en la que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de un mismo objetivo y cada individuo alcanza dicho objetivo si –y sólo si– el resto de miembros del grupo cooperativo también lo alcanzan (Kerns, 1996; Ovejero, 1990). Diferentes estudios y experiencias avalan la eficacia de este agrupamiento en las prácticas de laboratorio de química (Cooper, 1996; Giancarlo y Slunt, 2004; Shibley y Zimmaro, 2002; Smith et al., 1991; Wright, 1996), además de las ventajas respecto de los aspectos de sostenibilidad que supone trabajar en grupo: menor consumo de reactivos y de muestra, generación de menor cantidad de residuos, menor desgaste de instrumental... (Deavor, 1994).

El agrupamiento heterogéneo de estudiantes es un elemento importante del aprendizaje cooperativo (Watson, 1992). A la hora de tener que realizar agrupaciones heterogéneas del alumnado durante el transcurso de la experiencia, seguimos las indicaciones de los investigadores que prefieren una estructura en las agrupaciones heterogéneas que incluya sólo dos niveles de habilidad: esto se debe a la tendencia que muestran los estudiantes de nivel más alto a ayudar a los estudiantes de nivel más bajo, pero no necesariamente a estudiantes de un nivel intermedio (Webb, 1985). Los estudiantes fueron agrupados según su nivel previo en contenidos procedimentales:

– **Nivel bajo.** Integrado por los estudiantes que no tienen experiencia laboral en laboratorios de química y que provienen de COU, bachillerato o FP2 de una rama distinta de la de química o que han superado la prueba de acceso para CFGS. Estos estudiantes han realizado muy pocas o ninguna práctica de laboratorio de química. Conforme van demostrando haber adquirido la destreza suficiente, pasan al nivel alto.

– **Nivel alto.** Integrado por los estudiantes que con anterioridad han cursado la FP2 o un ciclo formativo de la rama de química y también por aquellos estudiantes que, con independencia de los estudios previos realizados, tengan experiencia laboral en laboratorios de análisis químico. En general, tienen soltura en un laboratorio químico y probablemente han realizado con anterioridad varias prácticas iguales o similares a las que se realizan durante el curso.

Con anterioridad a la unidad práctica de volumetrías, los estudiantes habían realizado alguna actividad práctica en este módulo (preparación de soluciones, medida del pH, conductividad eléctrica, turbidez...), con lo que el profesor dispuso de dos oportunidades para comprobar que los estudiantes hubiesen sido asignados correctamente al nivel alto o bajo.

Respecto a la heterogeneidad en las prácticas que se realizaban en pareja, es necesario tener en cuenta que, si estas ocho prácticas se hubiesen realizado con parejas heterogéneas (un estudiante de nivel práctico alto y otro de nivel práctico bajo), no hubiera tenido demasiado sentido, especialmente al principio cuando la diferencia de niveles es más acusada, aplicar niveles de abertura, ya que cada uno de los miembros de la pareja necesitaría un guión diferente, con niveles de abertura diferente. No obstante, se ha de tener en cuenta que, conforme avanza el curso, es de esperar que las diferencias de nivel práctico de los estudiantes se vayan reduciendo. De hecho, y debido a la diferencia en velocidad de aprendizaje, algunos estudiantes de nivel bajo realizaron prácticas con nivel de abertura 2 antes que otros compañeros también de nivel bajo. Por todo eso se estimó oportuno realizar dos prácticas con parejas «heterogéneas» (volumetrías 1 y 4), tres prácticas con parejas «homogéneas» (volumetrías 2, 5 y 6) y tres prácticas con parejas «libres», correspondientes a las tres últimas volumetrías, cuando los niveles entre

los estudiantes son más homogéneos y ellos mismos deciden con quién emparejarse.

Es durante las volumetrías con parejas «homogéneas» cuando se pueden utilizar los niveles de abertura para atender a la diversidad. A pesar de denominar «homogéneas» a las parejas que tienen el mismo nivel práctico de química, es necesario recordar que la heterogeneidad de la que hablan los expertos en aprendizaje cooperativo va más allá de la habilidad o del rendimiento e incluye diferencia de género, de raza, edad, interés por la materia objeto de estudio o liderazgo (Slavin, 1995). Es decir, las parejas «homogéneas» lo son en cuanto a nivel práctico de química, pudiendo ser heterogéneas según otros factores.

Se consideró adecuado realizar tres volumetrías con nivel de abertura 1:

– **Volumetría 1.** Los estudiantes de nivel bajo podrían tener dificultades en completar con éxito, al principio de la unidad didáctica, una práctica con un nivel de abertura mayor, y a los estudiantes de nivel alto les podía ayudar a corregir errores y vicios adquiridos con anterioridad. El agrupamiento heterogéneo permite que el estudiante de nivel bajo se beneficie de los mayores conocimientos del estudiante de nivel alto.

– **Volumetría 4.** Al ser ésta la primera volumetría curricular de análisis de aguas, se estimó conveniente repetir el esquema seguido en la volumetría 1.

– **Volumetría 7.** Tal y como establece el currículo, el alumnado realizó esta volumetría siguiendo un PNT. Al ser una de las tres volumetrías finales, los estudiantes se agruparon libremente en parejas.

A partir de la volumetría 5, los estudiantes pertenecientes al nivel bajo podían pasar al nivel alto si ya habían alcanzado un grado de destreza suficiente. Los niveles de abertura, por tanto, permitían atender a la diversidad de ritmos de aprendizaje. En función del ritmo de aprendizaje, algunos estudiantes del nivel bajo inicial pasaron al nivel alto antes que otros; a los primeros, los de ritmo rápido, se les facilitaba el guión correspondiente al nivel de abertura 2, mientras que a los segundos, los de ritmo más lento, se les seguía entregando el guión correspondiente al nivel de abertura 1. En cualquier caso, esta unidad didáctica concluía con dos volumetrías con nivel de abertura 2 (en el caso de la volumetría 9, como se comentó con anterioridad, se les ofreció la posibilidad de realizarla con nivel de abertura 3). Por tanto, todos los estudiantes realizaron un mínimo de 2 volumetrías con nivel de abertura 2, con independencia del nivel práctico inicial. De esta manera, todos los estudiantes habrían adquirido la autonomía necesaria para enfrentarse a las actividades prácticas de la siguiente unidad didáctica (técnicas instrumentales de análisis) y, especialmente, estarían en condiciones más favorables para superar con éxito el crédito de síntesis que deberán realizar al final del curso académico.

Tabla 5
Planificación de las volumetrías.

Volumetría	Organización	Nivel abertura
1	Parejas heterogéneas	1
2	Parejas homogéneas	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
3	Práctica individual	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
4	Parejas heterogéneas	1
5	Parejas homogéneas	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
6	Parejas homogéneas	Nivel bajo = 1
		Nivel alto = 2
7	Parejas libres	1 (PNT)
8	Parejas libres	2
9	Parejas libres	2 (3 opcional)

Para no extendernos con el desarrollo de todas las prácticas, se incluyen, en forma de anexos, los guiones de laboratorio para una única volumetría: el anexo 1 contiene el guión de la volumetría 3, nivel de abertura 1; y anexo 2, el guión de la misma volumetría, pero con nivel de abertura 2. Se ha elegido esta volumetría como ejemplo (determinación del contenido de ácido acético en una muestra de vinagre), puesto que, al ser una práctica de química general, podrá ser aplicada por un mayor número de docentes. Los guiones de las volumetrías 4, 5, 6, 7 y 8, con nivel de abertura 1, están descritos en la bibliografía (Jiménez y Llitjós, 2004).

EVALUACIÓN

Durante la semana siguiente a la realización de una práctica, cada pareja entregaba un informe con los datos cuantitativos y las respuestas a una serie de preguntas sobre dicha práctica, excepto en el caso de la práctica individual, en la que el informe era realizado y entregado individualmente. La corrección del informe generaba una nota común para los miembros de la pareja. La calificación de los informes de las prácticas realizadas en pareja no debería ser usada para realizar deducciones sobre la competencia individual de los estudiantes. Sin datos del proceso grupal, la puntuación de estos informes debería interpretarse como lo que los estudiantes pueden producir cuando trabajan con otros (Webb, 1993).

Además de la heterogeneidad, otra de las características fundamentales del aprendizaje cooperativo es la responsabilidad individual (Watson, 1992), que sólo existe cuando se evalúa el rendimiento de cada estudiante individualmente (Slavin, 1983). Las evaluaciones grupales se han de ajustar al rendimiento individual (Kaufman, Felder y

Fuller, 2000), ya que, si este ajuste no se realizara, los estudiantes que hubiesen adoptado una actitud pasiva recibirían la misma calificación que aquéllos que se hubiesen mostrado más activos y trabajadores, lo que es injusto y va en contra del principio de responsabilidad individual.

De entre las formas propuestas por Johnson y Johnson (1999, p. 124) para evaluar la responsabilidad o contribución individual, se aplicaron las siguientes:

- 1) Evaluaciones orales individuales, con la ayuda de la libreta de laboratorio, en las se podía pedir al estudiante que justifique el procedimiento que estaba siguiendo (Penick, 1991).
- 2) Observar el trabajo en el laboratorio y completar formularios individuales con ítems que incluyen tanto aspectos generales del trabajo en el laboratorio (Tabla 6) como aspectos concretos de química (Tabla 7).
- 3) Revisar la libreta de laboratorio, de acuerdo con unos ítems que los estudiantes conocían con antelación (Tabla 8).
- 4) Examen práctico individual al final de la unidad didáctica. Existían dos tipos de exámenes prácticos. El primer tipo correspondía a una de las prácticas ya realizadas durante la unidad didáctica. En ese caso, a los estudiantes no se les facilitaba ninguna información sobre el procedimiento, material o reactivos necesarios. Dependían básicamente de lo bien hecha que tuvieran su libreta de laboratorio. El segundo tipo de examen consistía en una volumetría que no había sido realizada previamente en la unidad didáctica. En ese caso, se les facilitaba el guión de dicha práctica con nivel de abertura 2. En ambos casos, el examen incluía una serie de preguntas por escrito sobre diferentes aspectos de la práctica.

Tabla 6

Aspectos generales del trabajo en el laboratorio a evaluar.

- Distribución adecuada de su tiempo
- Respeto de las normas de seguridad (p.e., uso de gafas de seguridad, bata de laboratorio)
- Actúa de manera responsable (p.e., no pipetear con la boca o inhalar productos químicos)
- Gestión correcta de los residuos generados en el laboratorio
- Orden en el lugar de trabajo
- Capacidad de trabajo en el laboratorio
- Limpieza del material (incluyendo eliminar los escritos con rotulador de vidrio) y equipamiento utilizado
- Respeto a las normas internas de funcionamiento en el laboratorio

Tabla 7

Aspectos concretos de química a evaluar.

- Realiza las pesadas en la balanza analítica o en el granatario, según corresponde
- Pipetea correctamente (posición de la pipeta, del vaso de recogida, secado de la pipeta...)
- Utiliza el material volumétrico adecuadamente y lo enrasa correctamente
- Al utilizar la pipeta, no sopla al final
- Se enjuagan pipetas y buretas con la solución que luego van a contener
- Al utilizar la pipeta, mantiene la punta en contacto con la pared del recipiente que va a contener el líquido
- No usa cuentagotas para acabar de llenar una probeta
- Posiciona correctamente las manos a la hora de hacer una volumetría
- No coloca el material volumétrico en la estufa
- Sabe realizar correctamente una dilución
- Sabe realizar correctamente una pesada por diferencia
- Sabe realizar correctamente una volumetría
- Sabe apreciar correctamente los virajes de los indicadores
- Añade reactivos auxiliares con pipetas graduadas o probetas
- No devuelve el exceso de reactivo al recipiente original
- Utiliza la vitrina de gases cuando es necesario
- Utiliza los productos químicos correctamente en función de su grado de pureza

Tabla 8

Aspectos de la libreta de laboratorio a evaluar.

- ¿La práctica está bien estructurada?
- ¿La práctica consta de los siguientes apartados: título, fecha, objetivo, datos iniciales de la muestra, bibliografía consultada y cálculos previos?
- ¿La práctica consta de los siguientes apartados: material utilizado, reactivos utilizados, calibraciones efectuadas, procedimiento realizado?
- ¿Se han anotado todos los datos experimentales (pesadas, diluciones, volúmenes, concentración de los reactivos utilizados...)?
- ¿Se han realizado los cálculos finales?
- ¿La precisión de los resultados es la adecuada?
- ¿Se ha realizado una autoevaluación de los resultados?
- ¿Se realiza una estimación de las posibles fuentes de error?
- ¿Se formulan conclusiones?

OPINIÓN DEL ALUMNADO

Al final de la unidad didáctica, se realizó una encuesta al alumnado para conocer su opinión y su grado de satisfacción sobre la utilización de los niveles de abertura, así como sobre otros aspectos relativos a la organización de las prácticas de laboratorio. La encuesta se realizó a 43 estudiantes, pertenecientes a los tres grupos, ya que éste fue el número de estudiantes que finalizaron la unidad didáctica correspondiente. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9.

Como puede apreciarse, el alumnado respaldó mayoritariamente esta experiencia didáctica (pregunta 8), con un 93% de votos positivos y ninguno negativo. En cuanto al uso de los niveles de abertura, éstos fueron acogidos de manera positiva: así tenemos que el 95% de los estudiantes consideró adecuado que el nivel de abertura de las prácticas de laboratorio vaya aumentando conforme la unidad didáctica va avanzando (pregunta 4) y el 67% mostró su conformidad con que, en algunas de las primeras prácticas de laboratorio, las diferentes parejas tuvieran diferentes niveles de abertura, en función de sus conocimientos previos (pregunta 5).

Es justamente en la pregunta 5, y en la 3, donde, a pesar de ser mayoritario, el porcentaje de voto positivo es menor que en el resto de preguntas. Tanto la pregunta 5 como la pregunta 3 hacen referencia al diferente nivel de abertura en la misma práctica de laboratorio. Una observación detallada de las encuestas pone de manifiesto que los votos negativos a las preguntas 3 y 5 provienen exclusivamente de estudiantes con nivel alto. El dato está en consonancia con las quejas que algunos estudiantes de nivel alto hicieron al profesor durante las primeras sesiones de laboratorio, al sentir que deberían realizar un esfuerzo intelectual superior al de sus compañeros de nivel bajo para completar con éxito la práctica y el informe correspondiente.

El trabajo en parejas fue igualmente apoyado por los estudiantes (pregunta 1) con un significativo 93% de estudiantes en contra. A pesar de eso, un 84% consideró adecuado que, ocasionalmente, alguna práctica de laboratorio se realizara de manera individual y que la calificación de esta práctica tuviera un peso algo mayor que otras prácticas en pareja de dificultad similar (pregunta 2). En cuanto a los agrupamientos, la formación de parejas heterogéneas fue apoyada por el 89% de los estudiantes (pregunta 6), si bien es cierto que, conforme la unidad didáctica discurría y el nivel entre los estudiantes se igualaba, el 95% del alumnado consideraba adecuado poder elegir libremente a su pareja de laboratorio (pregunta 7).

VALORACIONES

Los niveles de abertura han resultado ser un método útil para la atención a la diversidad del alumnado del CFGS de Química Ambiental, en las prácticas de laboratorio. En el curso 2000-01, cuando no se aplicaron los niveles de abertura, un 18% del alumnado suspendió el examen

práctico correspondiente a la unidad didáctica de las volumetrías, mientras que en los cursos 2001-02 y 2002-03, en los que sí se ha aplicado los niveles de abertura, el porcentaje de alumnos que no aprobaron dicho examen fue del 6% y 5%, respectivamente. La flexibilidad de los niveles de abertura permite que puedan ser aplicados según el ritmo de aprendizaje de cada estudiante: a los de nivel de aprendizaje más rápido se les pueden facilitar prácticas con nivel de abertura 2 más pronto que al resto de estudiantes.

Realizar una primera práctica cerrada (nivel de abertura 1) es beneficioso tanto para el alumnado de nivel bajo como para el de nivel alto. En el primer caso porque estos estudiantes no tienen aún la suficiente capacidad para completar con éxito una práctica de mayor abertura y, para los de nivel alto, porque ayuda a corregir errores y vicios adquiridos en su formación previa.

El aumento de la abertura en las actividades prácticas también va preparando a los estudiantes para el desarrollo del Crédito de Síntesis, ya que éste, en nuestro instituto, comprende un proyecto transversal de investigación (niveles de abertura 3 y 4) sobre un tramo del río Llobregat, a su paso por L'Hospitalet. Creemos que es adecuado que los estudiantes se hayan ido familiarizando durante el curso con actividades prácticas de una dificultad creciente para que las probabilidades de superar con éxito el Crédito de Síntesis sean más elevadas. La experiencia académica, a lo largo de estos tres últimos cursos, pone

de manifiesto que los estudiantes tienen más recursos y se desenvuelven con mayor soltura cuando llegan al Crédito de Síntesis habiendo realizado prácticas con un nivel de abertura creciente que cuando las prácticas de laboratorio realizadas previamente tienen todas un nivel de abertura de 1 (curso 2000-01).

En cuanto al trabajo en parejas, el alumnado se mostró satisfecho con esta organización. Incluso los estudiantes de nivel alto mostraron su apoyo al hecho de tener que trabajar con estudiantes de nivel bajo en las prácticas heterogéneas. De hecho, según los resultados de la encuesta de opinión, este alumnado de nivel alto mostró mayor satisfacción hacia el trabajo con estudiantes de nivel bajo que hacia el hecho de tener que realizar una práctica con un nivel de abertura mayor que sus compañeros de nivel bajo. No sólo los estudiantes de nivel bajo obtienen beneficio al trabajar con alumnos de nivel alto, ya que éstos también obtienen beneficios en los intercambios con sus compañeros (Nogueiras, Membiela y Suárez, 1993).

Los comportamientos cooperativos, en el sentido amplio de la palabra, se observaron igualmente en la práctica individual y también entre miembros de diferentes parejas. Las prácticas de laboratorio son cooperativas por naturaleza (Hertz-Lazarowitz et al., 1984) y es común ver a los estudiantes –incluso en prácticas individuales– compartir material, ayudarse mutuamente o hacerse preguntas del tipo: «¿A ti te viró el naranja de metilo a esta tonalidad o aún debo añadir más valorante?».

Tabla 9
Resultados de la encuesta de opinión del alumnado.

Preguntas	SÍ (%)	NO (%)	NS/NC (%)
1) ¿Te parece bien realizar prácticas en pareja o, por el contrario, crees que es mejor que la totalidad de prácticas sean individuales?	93	7	0
2) ¿Consideras adecuado que la mayoría de prácticas sean en parejas, pero que haya un cierto número de prácticas individuales y que éstas tengan un peso algo mayor en la nota final?	84	9	7
3) ¿Consideras que ha sido adecuada la aplicación de diferentes niveles de abertura para una misma práctica en función de los conocimientos de cada uno?	79	21	0
4) ¿Consideras adecuado que el grado de dificultad (nivel de abertura) vaya aumentando gradualmente para todos a medida que vas realizando prácticas de laboratorio?	95	0	5
5) ¿Consideras adecuado que, en algunas de las primeras prácticas de laboratorio, las parejas tengan que ser homogéneas y que las parejas con nivel más alto tengan la misma práctica pero con un nivel de abertura más alto?	67	19	14
6) ¿Consideras adecuado, sin embargo, que la primera práctica de volumetría sea realizada en parejas heterogéneas y que el nivel de abertura de esa práctica sea 1, común para todos?	89	2	9
7) ¿Consideras adecuado que, una vez realizadas las primeras prácticas de laboratorio, las parejas las elijáis libremente vosotros?	95	0	5
8) ¿Consideras, en general, adecuadas las metodologías utilizadas durante las primeras prácticas para atender a la diversidad (parejas homogéneas, parejas heterogéneas, niveles de abertura, desdoblamientos con prácticas individuales)?	93	0	7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLOOM, B.S., ENGELHART, M.D., FURST, E.J., HILL, W.H. y KRATHWOHL, D.R. (1956). *Taxonomy educational objectives: Handbook I, Cognitive Domain*. Nueva York: McKay.
- BODNER, G.M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), pp. 873-878.
- CHANG, H. y LEDERMAN, N.G. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), pp. 167-181.
- 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. (1988). 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.
- HERTZ-LAZAROWITZ, R., BAIRD, H.J., WEBB, C.D. y LAZAROWITZ, R. (1984). Student-student interactions in science classrooms: A naturalistic study. *Science Education*, 68, pp. 603-619.
- JIMÉNEZ, G. y LLITJÓ, A. (2004). Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria postobligatoria. *Química e Industria*, 51(9), pp. 25-31.
- JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R.T. (1999). *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires: Aique.
- KAUFMAN, D.B., FELDER, R.M. y FULLER, H. (2000). Accounting for individual efforts in cooperative learning teams. *Journal of Engineering Education*, 89(2), pp. 133-140.
- KERNS, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry? *Journal of College Science Teaching*, 25(6), pp. 435-438.
- LAGOWSKI, J.J. (1990). Entry-level Science courses: the weak link. *Journal of Chemical Education*, 67(7), p. 541.
- MCCOMAS, W.F. (1990). A summary of classification schemes for laboratory investigations, en *The nature of exemplary practice in secondary school laboratory instruction*. Iowa City: The University of Iowa.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (2002). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Roca, SA.
- NOGUEIRAS, E., MEMBIELA, P. y SUÁREZ, M. (1993). Triangulando perspectivas: el trabajo en grupo a debate. *Revista de Educación*, 302, pp. 259-271.
- OVEJERO, A. (1990). *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias, SA.
- PENICK, J. E. (1991). Where's the science? *The Science Teacher*, 58(5), pp. 26-29.
- PICKERING, M. (1985). Lab is a puzzle, not an illustration. *Journal of Chemical Education*, 62(10), pp. 874-875.
- PRIESTLEY, W.J. (1997). The impact of longer term intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction: seeking a more effective role for laboratory in science education. *Dissertation Abstracts International*, 58(3), p. 806.
- SAUNDERS, W.L. (1992). The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science. *School Science and Mathematics*, 92(3), pp. 136-141.
- SCHWAB, J.J. (1962). The teaching of science as enquiry, en Schwab, J.J. y Brandwein, P.F. (eds.). *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.
- SLAVIN, R.E. (1983). When does cooperative learning increase student achievement? *Psychological Bulletin*, 94(3), pp. 429-445.
- SLAVIN, R.E. (1995). *Cooperative Learning: theory, research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- SMITH, W.R. (2000). «The levels of Inquiry Matrix in developing written lesson plans for laboratory-centered science instruction». Tesis doctoral. Filadelfia: Temple University.
- 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.
- TAMIR, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14(4), pp. 311-316.
- WATSON, S.B. (1992). The essential elements of cooperative learning. *The American Biology Teacher*, 54(2), pp. 84-86.
- WEBB, N.M. (1985). Student interaction and learning in small groups: A research summary, en Slavin, R., Sharan, R., Kagan, S. Hertz-Lazarowitz, R., Webb, C. y Schmuck, R. (eds.). *Learning to cooperate, cooperate to learn*, pp. 147-172. Nueva York: Plenum.
- WEBB, N. M. (1993). *Collaborative group versus individual assessment in mathematics: group processes and outcomes*. National Centre for Research on Evaluation, Standards and Student Testing, Technical Report 352. Consultado el 15 de septiembre de 2005 en: <<http://www.cse.ucla.edu/CRESST/Reports/TECH352.PDF>>.

[Artículo recibido en septiembre de 2004 y aceptado en octubre de 2005]

ANEXO 1

VOLUMETRÍA 3. NIVEL DE ABERTURA 1. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ DE UN VINAGRE

INTRODUCCIÓN

Las técnicas volumétricas pueden ser aplicadas para la determinación de determinados parámetros en muestras reales. El vinagre comercial contiene, aproximadamente, entre un 4% y un 6,5 % de ácido acético (que procede de la oxidación del etanol). Aprovechando el carácter ácido de esta sustancia, es posible su determinación mediante una volumetría ácido-base. El ácido acético se hace reaccionar con una base fuerte, en nuestro caso con NaOH. Puesto que el punto de equivalencia se encuentra a $\text{pH} > 7$, es necesario un indicador que vire a pH básico, por ejemplo, la fenolftaleína. La acidez del vinagre se expresa como los gramos de ácido acético presentes en 100 mL de vinagre.

OBJETIVO

- Medida de masas y volúmenes. Transvase de líquidos.
- Utilización correcta de la pipeta y de la bureta. Enrasar sin cometer el error de paralaje.
- Determinación de la acidez de un vinagre comercial.

MATERIAL

Material volumétrico: buretas, pipetas y matraces aforados.
 Otro material de vidrio: vasos de precipitados, matraces erlenmeyers.
 Soportes, pinzas, nuez, embudo.

REACTIVOS

Hidróxido de sodio (base. Disolución patrón/valorada. Actúa como reactivo y será el valorante)

Indicador: fenolftaleína.

Muestra: Vinagre (ácido. Actúa como analito y será el valorado)

PROCEDIMIENTO (se ha de realizar por triplicado)

a) Preparación de la solución diluida de vinagre

Pipetea 20 mL de la solución de vinagre comercial y viértelos en un matraz aforado de 100 mL. Completa con agua destilada hasta la señal de enrase, añadiendo las últimas gotas con la ayuda de una pipeta pasteur o cuentagotas.

b) Decoloración del vinagre (consulta con el/la profesor/a)

El color de la solución diluida de vinagre puede interferir en la valoración, puesto que no permite apreciar con claridad el viraje del indicador. Para ello toma unos 70 mL de la solución diluida de vinagre en un vaso de precipitados. Añade una punta de espátula de carbón activo y agita con una varilla de vidrio. Prepara un filtro de pliegues y filtra la mezcla anterior. Si el filtrado no se hubiera decolorado, repite la operación utilizando un filtro nuevo.

c) Valoración del ácido acético con NaOH

Pipetea 10 mL de la solución diluida de vinagre en un erlenmeyer. Diluye con un poco de agua destilada recogiendo las posibles salpicaduras que se hayan podido producir en la pared interna del erlenmeyer. Añade 3 gotas de la solución indicadora de fenolftaleína.

Toma una bureta de 25 mL y enrásala con NaOH 0,1 M (toma nota del factor de concentración f de la solución de NaOH que has tomado). Puedes empezar la valoración. Ésta concluye cuando la solución toma un color rosado. Anota el volumen V de la solución de NaOH que has consumido.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Para calcular la acidez del vinagre, expresada como gramos de ácido acético en 100 mL de vinagre comercial, aplica el siguiente factor estequiométrico para cada volumetría:

$$\text{Acidez} = \frac{V \cdot f \cdot 3}{10}$$

f = factor de concentración de la solución de NaOH

V = volumen, en mL, de la solución de NaOH consumidos

ANEXO 2

VOLUMETRÍA 3. NIVEL DE ABERTURA 2: DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ DE UN VINAGRE

INTRODUCCIÓN

Las técnicas volumétricas pueden ser aplicadas para la determinación de determinados parámetros en muestras reales. El vinagre comercial contiene, aproximadamente, entre un 4% y un 6,5 % de ácido acético (que procede de la oxidación del etanol). Aprovechando el carácter ácido de esta sustancia, es posible su determinación mediante una volumetría ácido-base. El ácido acético se hace reaccionar con una base fuerte, en nuestro caso con NaOH. Puesto que el punto de equivalencia se encuentra a $\text{pH} > 7$, es necesario un indicador que vire a pH básico. La acidez del vinagre se expresa como los gramos de ácido acético presentes en 100 mL de vinagre.

OBJETIVO

- Medida de masas y volúmenes. Transvase de líquidos.
- Utilización correcta de la pipeta y de la bureta. Enrasar sin cometer el error de paralaje.
- Determinación de la acidez de un vinagre comercial.

MATERIAL

Material volumétrico: buretas, pipetas y matraces aforados.
Otro material de vidrio: vasos de precipitados, matraces erlenmeyers.
Soportes, pinzas, nuez, embudo.

REACTIVOS

Hidróxido de sodio.
Indicador: fenolftaleína.
Muestra: vinagre.

PROCEDIMIENTO (Se ha de realizar por triplicado)

Prepara 100 mL de una dilución 1:5 de la muestra de vinagre comercial. Si esta solución diluida de vinagre comercial presenta una tonalidad que pudiera interferir en el viraje de la fenolftaleína, decolórala con carbón activo. Toma 10 mL de la solución diluida de vinagre y valóralos con NaOH 0,1 M con una bureta de 25mL y utilizando fenolftaleína como indicador. Finalizadas las valoraciones, lava la bureta varias veces con agua destilada.

RESULTADOS

Escribe la ecuación de la reacción.
Determina el grado de acidez del vinagre comercial.