

## Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química

Gregorio Jiménez Valverde<sup>1</sup>, Rosa Llobera Jiménez<sup>2</sup> y Anna Llitjós Viza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departament de Química Ambiental. IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). E-mail: [gjimene2@xtec.net](mailto:gjimene2@xtec.net). <sup>2</sup>Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Universitat de Barcelona.

**Resumen:** El objetivo de este artículo es describir una experiencia didáctica llevada a cabo en las actividades de laboratorio utilizando los niveles de abertura en prácticas cooperativas como método de atención a la diversidad a los estudiantes de Ciclos Formativos de Grado Superior de la rama química. La heterogeneidad de este alumnado se debe, principalmente, a los diferentes estudios cursados: título de bachillerato con o sin formación en química, prueba de acceso o estudios universitarios previos. La experiencia se centró en estudiantes de Química Ambiental, en el área de depuración de aguas.

**Palabras clave:** Constructivismo, Química Ambiental, Actividades de Laboratorio, Niveles de Abertura, Aprendizaje cooperativo.

**Title:** Levels of openness in cooperative chemistry laboratory activities.

**Abstract:** The purpose of this article is to describe a didactic experience about the use of the levels of openness in cooperative laboratory activities as a teaching method to take into account the different skills that Higher-Level Vocational Chemistry Training Education students show at the chemistry laboratory, 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). The experience was carried out with Environmental Chemistry students in the area of water depuration.

**Keywords:** Constructivism, Environmental Chemistry, Laboratory Activities, Levels of Openness, Cooperative Learning.

### Introducción

"Desde las primeras etapas, los estudiantes deberían experimentar la ciencia de tal manera que les comprometiera a la activa construcción de ideas y de explicaciones y que aumentara sus oportunidades para desarrollar la capacidad de 'hacer' ciencia. Enseñar Ciencia efectuando investigaciones ofrece al profesorado la oportunidad de que sus alumnos y alumnas desarrollen aptitudes para enriquecer el conocimiento de la Ciencia" (National Research Council, 1996). Esta afirmación proporciona un marco teórico para la enseñanza y el aprendizaje de la Ciencia a través de una docencia basada en investigaciones. Con el término "investigación" normalmente nos referimos a

ciertas partes del proceso de trabajo que los científicos realizan. En la enseñanza de las Ciencias, "investigación" se refiere a la enseñanza que está enfocada en las acciones de los estudiantes. Este proceso de investigación se inicia con una serie de preguntas a los estudiantes seguido de un "descubrimiento" de las respuestas a estas preguntas. Estos procesos normalmente tienen lugar en actividades prácticas en el laboratorio, dentro de lo que serían las horas de clase curriculares. Desgraciadamente, la investigación no ha sido (ni es) el método de aprendizaje tradicional en la enseñanza de las Ciencias, donde el profesorado es el centro del proceso docente, a través de demostraciones o clases magistrales en las que el alumnado juega un papel discreto a la hora de formular las preguntas o efectuar "investigaciones". La manera tradicional de realizar un experimento científico poco tiene que ver con la manera real que seguiría un científico: el tema a investigar lo decide el docente (no los "investigadores"), quien también indica qué instrumental hay que utilizar, qué pasos seguir, qué datos apuntar, cómo organizar estos datos, etc. Al finalizar la actividad práctica, los resultados obtenidos no se presentan a otros investigadores (para realizar una crítica de los resultados) y, para colmo, el docente ya conocía con antelación los resultados que se iban a obtener.

El sistema educativo surgido a partir de la implantación de la LOGSE (1990) supuso nuevos retos a los profesionales de la educación. Entre otros aspectos destacables, la LOGSE apostó por un modelo de escuela comprensivo, es decir, una escuela que integra realmente la diversidad de estudiantes, con el objetivo de dar respuesta a sus diferentes intereses, capacidades y ritmos de aprendizaje. En esta escuela, el currículum de las asignaturas y módulos es un currículum abierto, que, partiendo de unos contenidos y objetivos generales para todos, permite a cada centro adecuarlo a las características de su alumnado y de su entorno. Es 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 del alumnado.

El objetivo de este trabajo es describir una experiencia didáctica que intenta 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 apertura. Aunque la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sea probablemente la etapa educativa en la que más se ha estudiado la atención a la diversidad, es necesario realizar una correcta atención a la diversidad en otras etapas educativas. En los Ciclos Formativos de Grado Superior de la rama de química existe una heterogeneidad en el nivel de conocimientos previos de los estudiantes que marcan de manera acentuada la diversidad del alumnado en las actividades prácticas de laboratorio. 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 apertura 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). Shiland (1999) desarrolló este postulado en las siguiente cinco proposiciones:

1. El aprendizaje requiere cierta actividad mental.
2. Los conocimientos previos influyen en el proceso de aprendizaje.
3. El aprendizaje ocurre cuando hay una decepción o una incompatibilidad con el conocimiento actual.
4. El aprendizaje tiene un componente social. La construcción del conocimiento es básicamente un proceso social en el que el significado se construye en el contexto del diálogo con otros.
5. El aprendizaje necesita aplicar los conceptos aprendidos.

La primera de estas proposiciones implica que el proceso de construcción del conocimiento requiere un esfuerzo o actividad mental. Esto significa que, en el laboratorio, los estudiantes deberían desarrollar aptitudes de alto nivel cognitivo, de acuerdo con la taxonomía de Bloom (1956) de los objetivos educativos. En esta taxonomía, Bloom clasifica los objetivos educativos o procesos cognitivos en 6 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).

El primer postulado de Shiland exige, por tanto, que los procesos cognitivos que se desarrollen durante una actividad práctica de laboratorio sean, prioritariamente, los de alto orden. Desafortunadamente, el estilo de prácticas más extendido, las prácticas expositivas, requiere del alumnado poco esfuerzo mental, ya que sólo se alcanzan objetivos educativos de bajo orden.

El estilo de prácticas expositivo es el más popular y el más fuertemente criticado. Se ha utilizado y se continúa utilizando ampliamente. En las prácticas expositivas, el docente dirige el trabajo de laboratorio de los estudiantes y, por tanto, éstos sólo tienen que repetir las instrucciones de 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.

Las prácticas expositivas permiten que las actividades puedan ser realizadas a la vez por un elevado número de estudiantes con una implicación mínima por

parte del profesorado durante la sesión práctica. La característica principal de este tipo de prácticas 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 lo poco representativas que son de lo que es realmente la actividad científica, es que este estilo de prácticas es poco efectivo de cara al cambio conceptual del alumnado, por dos razones principales:

1. Durante la práctica, los estudiantes pasan más tiempo determinando si han conseguido o no los resultados correctos que planificando y organizando el experimento. Normalmente, no se les concede el tiempo suficiente para analizar la práctica, ni para integrar la práctica que realizarán con los conocimientos anteriores.

2. Las prácticas de tipo expositivo están pensadas para desarrollar aptitudes de bajo nivel cognitivo, como las de tipo manual, pero no para realizar grandes cavilaciones. De hecho, los guiones y manuales de laboratorio de este tipo de prácticas funcionan de manera similar a cómo lo hace un catalizador. Igual que un catalizador 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).

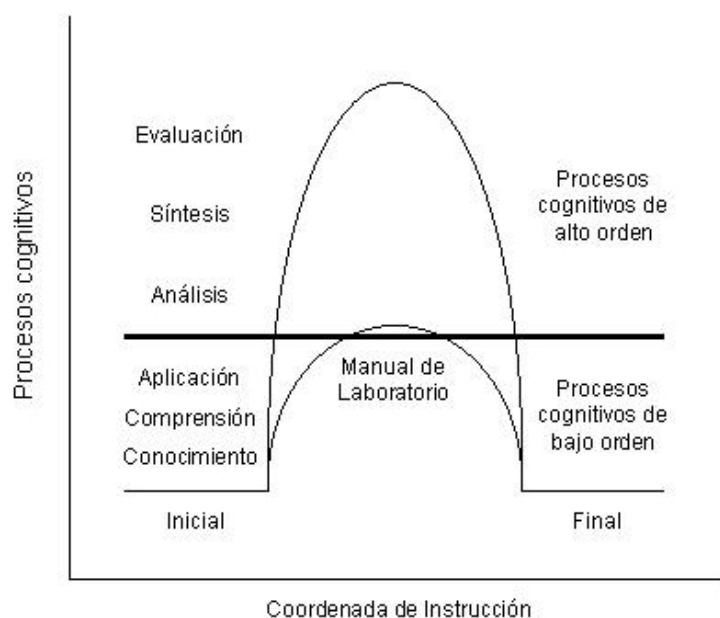


Figura 1.- El manual de laboratorio cataliza el proceso de realización de la práctica de laboratorio, pues llegamos al mismo punto final utilizando sólo los procesos cognitivos de bajo orden.

¿Cómo podrían alcanzarse los objetivos educativos de alto orden en una práctica de laboratorio? A continuación se consideran cuatro aspectos que potencialmente pueden hacer aumentar el esfuerzo mental necesario para completar con éxito una práctica de laboratorio:

- a. Conseguir que los estudiantes identifiquen las variables más importantes.
- b. Intentar que los estudiantes sugieran fuentes de error durante las actividades prácticas y las modificaciones necesarias para eliminar estas fuentes de error y, también, realizar preguntas sobre las prácticas (se realizarán evaluaciones orales durante las prácticas).
- c. Hacer que los estudiantes creen sus propias tablas de datos en una actividad práctica.
- d. Hacer que los estudiantes diseñen el procedimiento de las prácticas o reducir la información facilitada en los procedimientos que se facilitan al alumnado. El hecho de reducir la información facilitada en los procedimientos que se facilitan al alumnado 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 varios niveles de abertura en relación a 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 profesorado 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". La propuesta de Schwab consistía en tres niveles de abertura:

- En el primer nivel, el docente presenta una serie de problemas no discutidos previamente en clase, con descripciones de diferentes maneras de llegar a la solución.
- En el segundo nivel, el docente plantea un problema sin ninguna sugerencia respecto a la metodología.
- En el tercer nivel, el docente presenta fenómenos diseñados para estimular la identificación de un problema.

Han surgido variaciones respecto a estos niveles propuestos por Schwab, de la mano de otros autores (McComas, 1990; Smith, 2000; Tamir, 1976). Para esta experiencia, se ha utilizado la propuesta de Herron (1971) (Tabla 1).

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.

Nivel	Nombre	Objetivo	Material	Método	Solución
0	Demostración	dado	dado	dado	dada
1	Ejercicio	dado	dado	dado	abierta
2	Investigación estructurada	dado	dado todo o en parte	dado en parte o abierto	abierta
3	Investigación abierta	dado	abierto	abierto	abierta
4	Proyecto	dado en parte o abierto	abierto	abierto	abierta

Tabla 1.- Niveles de abertura según Herron (1971).

En el nivel de abertura 2 (investigación estructurada), el estudiante aprende a seleccionar el material y a desarrollar un método, puesto que ninguno de estos dos factores es dado completamente al estudiante. Este nivel de abertura se basa en prácticas de investigación, aunque es posible también basarse en prácticas expositivas a las que se les ha 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; escoge y diseña el método más apropiado para solucionarlo. El tipo de prácticas en las que se basa son las prácticas de investigación.

Las prácticas de investigación constituyen una alternativa a las 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. Este tipo de prácticas puede tener un componente de recogida y análisis de datos y de formulación y posterior verificación de hipótesis. Esta estrategia les obliga a usar procesos cognitivos de alto orden, de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Por lo tanto 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). Esto es de especial importancia cuando la relación no es obvia, como sucede en el caso de la teoría atómica y molecular y la evidencia

espectroscópica que la apoya (Ricci y Ditzler, 1991). El docente 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).

En el nivel de abertura 4 (proyecto), los estudiantes realizan una investigación, cuyo objetivo puede haber sido incluso propuesto 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 currículum de Bachillerato en el ámbito de Catalunya).

### **Prácticas de laboratorio 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).

De la propia definición de aprendizaje cooperativo, podemos deducir que el trabajo cooperativo representa más que el trabajo grupo, ya que en los grupos cooperativos se establece una relación de interdependencia positiva entre sus miembros: los estudiantes perciben que sólo si sus compañeros alcanzan sus objetivos podrán ellos mismos alcanzar los propios (Deutsch, 1949; Johnson y Johnson, 1999, p. 53). Los miembros de un grupo cooperativo comparten un destino mutuo y su éxito es causado mutuamente (Johnson y Johnson, 1992) ya que los esfuerzos de cada integrante del grupo no sólo le benefician a él mismo sino a todos los demás miembros. Como consecuencia de la interdependencia positiva, el trabajo cooperativo necesita diversos tipos de coordinación: distribuir y organizar el trabajo, así como discutir cómo éste se organiza y se lleva a cabo.

Otros componentes importantes del aprendizaje cooperativo incluyen la responsabilidad individual y grupal (el grupo debe asumir la responsabilidad de alcanzar su objetivo común y cada miembro será responsable de cumplir con la parte de trabajo que le corresponda), la interacción estimuladora del éxito de los demás miembros del grupo (preferentemente cara a cara), el uso adecuado de habilidades interpersonales y grupales (deberán desarrollar habilidades como la resolución de conflictos, la negociación, la comunicación efectiva entre los miembros de un grupo) y la evaluación grupal (o capacidad de procesar la eficacia con la que funcionó el grupo) (Johnson, Johnson y Holubec, 1999).

Las ventajas del aprendizaje cooperativo están ampliamente difundidas en la bibliografía y, entre las más destacables podríamos citar las siguientes: la mejora del rendimiento de los estudiantes, el incremento de su responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje (ya que es una actividad centrada en el estudiante), un mayor éxito en la resolución de problemas, así como una mayor autoestima y unas relaciones interpersonales más positivas que las que se obtienen con esfuerzos competitivos o individualistas (Cooper,

1995; Nogueiras, Membiela y Suárez, 1993; Slavin, 1995; Wenzel, 2000). Tal y como se ha comentado con las actividades prácticas "abiertas", también está descrito el incremento del uso de procesos cognitivos de alto orden con el aprendizaje cooperativo (Gabbert, Johnson y Johnson, 1986; Panitz y Panitz, 1998).

Diferentes estudios avalan la eficacia del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la química (Bowen, 2000) tanto en la educación secundaria (Okebukola y Ogunniyi, 1984) como en niveles superiores (Cooper, 1995). El trabajo cooperativo no sólo se aplica en el aula (Kogut, 1997), sino también en el laboratorio (Cooper, 1996; Shibley y Zimmaro, 2002).

Dentro de las variantes que las prácticas cooperativas permiten, encontramos prácticas de este tipo en formato de juegos de rol (Jackson y Walters, 2000; Trumbore, 1974; Walters, 1991a, 1991b, 1991c), que proporcionan un formato más estructurado y sistemático para el trabajo cooperativo en el laboratorio (Deavor, 1994) y en las que la interdependencia positiva, en esta ocasión de roles, hace que cada integrante tenga un rol complementario e interconectado con los demás, con unas responsabilidades asociadas, el cumplimiento de las cuales es necesario para que el grupo alcance el objetivo común. También hay referencias al uso de la técnica cooperativa del Puzzle ("*Jigsaw*") en prácticas de laboratorio de química (Smith, Hinckley y Volk, 1991), prácticas cooperativas basadas en proyectos (*project-based learning*) (Giancarlo y Slunt, 2004) o en problemas (*problem-based learning*) (Wenzel, 1998) e incluso prácticas cooperativas de investigación (Coppola y Lawton, 1995; Emry *et al.*, 2000; Wright, 1996). La bibliografía empieza a recoger también prácticas cooperativas que hacen uso de las TICs (Whisnant, Howe y Lever, 2000).

Toda práctica cooperativa es una práctica en grupo, pero no todas las prácticas en grupo son prácticas cooperativas. En la bibliografía no es difícil encontrar prácticas para ser realizadas en grupo (Seymour y Padberg, 1975), ya que presentan la ventaja de utilizar menos reactivos, menos muestra, menos material de laboratorio y menos instrumentación (Anderson, Hayes y Werner, 1995; Deavor, 1994), pero lo que las diferencia de las prácticas cooperativas es la ausencia de interdependencia positiva entre los miembros del grupo y, en ocasiones, incluso de un objetivo común (Wentworth *et al.*, 1964; Zuehlke, 1962).

### **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 siguientes:

Número	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

Tabla 2.- Volumetrías empleadas en el análisis de aguas.

Además de estas volumetrías se realizaron otras 3 volumetrías previas (tabla 3) que tienen por objetivo:

- Estandarización de soluciones para poderlas usar como soluciones patrón en alguna de las volumetrías anteriores.
- Adquirir o mejorar la práctica para realizar una volumetría con ejemplos que no se corresponden con el análisis de muestras de agua.

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

Tabla 3.- Volumetrías previas a las curriculares.

En esta experiencia, la utilización de los niveles de abertura se realiza bajo dos puntos de vista:

- Aumentar gradualmente el nivel de abertura en las prácticas.
- Utilizar los niveles de abertura para poder atender a la diversidad en una misma práctica.

El agrupamiento heterogéneo de estudiantes es un elemento importante del aprendizaje cooperativo (Watson, 1992), de tal modo que para algunos autores la falta de heterogeneidad en los grupos puede explicar, en ocasiones, la falta de eficiencia de esta técnica pedagógica (Johnson y Johnson, 1999, p.

114). En los ciclos formativos de la rama de química, la heterogeneidad del alumnado corresponde principalmente al diferente nivel de química que los estudiantes tienen, y que es debido básicamente a los estudios que han cursado con anterioridad, aunque en algunas ocasiones también puede ser decisiva la experiencia laboral que tengan en el campo de la química. Es necesario, pues, conocer el nivel de química de los estudiantes para poder atender a la diversidad con mayor eficacia.

En función de los estudios cursados con anterioridad al CFGS de Química Ambiental, podemos agrupar al alumnado en tres grupos:

- *Grupo 1:* en este grupo se encuentran los estudiantes con un nivel bajo o muy bajo de química. Estudiantes que sólo han cursado la física y química de 2º BUP, que han realizado un bachillerato (o el COU) sin cursar la materia de química o que no han acabado el bachillerato y han realizado la prueba de acceso a los CFGS.
- *Grupo 2:* en este grupo se encuentran aquellos estudiantes que han realizado la asignatura de Química en COU o la materia de Química en el Bachillerato o un Ciclo Formativo de Grado Medio de la rama de química. Este grupo tiene un nivel medio de Química.
- *Grupo 3:* este es el grupo de nivel alto de química. Aquí encontraríamos a los estudiantes que ya han realizado un CFGS de la rama de química, a los que provienen de la antigua FP2 de química y a los que han cursado asignaturas de química en la universidad.

A la hora de tener que realizar agrupaciones heterogéneas del alumnado durante el transcurso de la experiencia, la primera idea que se nos podría ocurrir es la de crear grupos de tres estudiantes, con un estudiante de cada uno de los tres grupos anteriores. Algunos investigadores prefieren una estructura en las agrupaciones heterogéneas que incluya sólo 2 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). Debido a eso, fue necesario reagrupar a los estudiantes en sólo dos grupos, para lo cual se utilizó un criterio más interesante y útil para el propósito de esta experiencia: el nivel práctico previo de química:

- *Nivel bajo:* integrado por los estudiantes pertenecientes a los grupos 1 y 2 anteriores. Estos alumnos han realizado muy pocas o ninguna práctica de laboratorio de química.
- *Nivel alto:* integrado por los estudiantes del grupo 3 anterior y aquellos estudiantes que, aún formando parte de los grupos 1 y 2 anteriores, trabajen o hayan trabajado 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.

La organización de las prácticas y el uso de los niveles de apertura (ambos como métodos de atención a la diversidad) deberían permitir que los

estudiantes con diferentes niveles y diferentes ritmos de aprendizaje pudieran conseguir a alcanzar los objetivos terminales del módulo.

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 10 lugares de trabajo. Eso significa que o las prácticas las hacen simultáneamente todos los estudiantes organizados en parejas o es necesario realizar algún tipo de desdoblamiento.

En este módulo se utiliza un entorno telemático para el trabajo cooperativo *on-line*, llamado BSCW, gracias al cual podemos realizar desdoblamientos en el laboratorio sin necesidad de aumentar el profesorado, ya que mientras una mitad de la clase trabaja con el entorno telemático en la sala de informática (Jiménez y Llitjós, 2006), la otra mitad puede realizar la práctica correspondiente individualmente y a la semana siguiente se invierten las posiciones. En la unidad didáctica de volumetrías, sin embargo, este tipo de desdoblamientos sólo se realizó para una única práctica de laboratorio, la volumetría 3, si bien es cierto que en unidades didácticas posteriores se hace mayor uso del BSCW y se realizan, por tanto, mayor número de prácticas individuales. Preferimos que en estas primeras sesiones de laboratorio priorizar el trabajo en grupos cooperativos de 2 estudiantes, por los motivos que se apuntaron anteriormente.

Una vez decidido que sólo una práctica se realizaría individualmente, era necesario decidir qué tipos de parejas realizarían el resto de prácticas. Si las ocho prácticas restantes se hubiesen realizado en parejas heterogéneas (un estudiante de nivel práctico alto y otro de nivel práctico bajo), entonces no hubiese tenido demasiado sentido, especialmente al principio, aplicar niveles de abertura, ya cada uno de los miembros de la pareja necesitaría un guión diferente, con niveles de abertura diferente. Además, 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. Por todo eso se estimó oportuno realizar 2 prácticas con parejas "heterogéneas", sobretudo al principio de la unidad didáctica, y 3 prácticas con parejas "homogéneas".

El hecho de tener parejas "homogéneas" en el laboratorio (unas parejas con ambos integrantes de nivel bajo y otras parejas con ambos integrantes de nivel alto) sí que permite poder aplicar los niveles de abertura. A pesar de denominar "homogéneas" a las parejas que tienen el mismo nivel previo 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. Es decir, las parejas "homogéneas" pueden seguir siendo heterogéneas, según otros factores.

Para las tres últimas prácticas, y teniendo en cuenta que la diferencia entre nivel alto y bajo debía haberse ido reduciendo, se permitió que los estudiantes se agruparan libremente en parejas, sin ninguna restricción sobre el nivel práctico inicial. De estas tres últimas prácticas, una de ellas tenía nivel de

abertura 1, ya que es una práctica que los estudiantes deben realizar siguiendo las instrucciones de un Procedimiento Normalizado de Trabajo (tal y como exige el currículum del módulo) y, además, los estudiantes tuvieron la opción de realizar la última volumetría de la unidad didáctica, con nivel de apertura 3.

<b>Volumetría</b>	<b>Organización</b>	<b>Nivel apertura</b>
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)

Tabla 4.- Planificación de las prácticas

Para no extendernos con el desarrollo de todas las prácticas, se incluyen, en forma de anexos, los guiones de laboratorio para una única volumetría: en el anexo I se incluye el guión de la volumetría 3, nivel de apertura 1 y en el anexo II, el guión de la misma volumetría, pero con nivel de apertura 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 apertura 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. Con anterioridad se comentó que una de las características fundamentales del trabajo cooperativo es la responsabilidad individual (Slavin, 1983; Watson, 1992), que sólo existe cuando se evalúa el rendimiento de cada estudiante individualmente. 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 aquellos que se hubiesen mostrado más activos y trabajadores, lo que es injusto y va en contra del principio de responsabilidad individual.

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). De entre las formas propuestas por Johnson y Johnson (1999, p. 124) para evaluar la responsabilidad individual, hemos aplicado las siguientes:

1. Preguntas y cuestiones sobre las diferentes actividades prácticas en la prueba escrita individual que se realizó al final de la unidad didáctica.
2. Realizar evaluaciones orales individuales, con la ayuda de la libreta de laboratorio, durante las sesiones prácticas de laboratorio (tabla 5). Con anterioridad se comentó que formular preguntas sobre la práctica aumenta el esfuerzo intelectual de los estudiantes.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• ¿Se demostraron habilidades orales durante la explicación?</li><li>• ¿La explicación resumió lo esencial del experimento (o de la parte de experimento)?</li><li>• ¿El alumno comprendió el objetivo de la práctica?</li><li>• ¿El alumno comprendió por qué usó un determinado instrumento / equipamiento / material de laboratorio y cómo funciona?</li><li>• ¿El alumno discutió e interpretó correctamente los datos y resultados?</li><li>• ¿El alumno presentó conclusiones correctas?</li></ul> |
|--|

Tabla 5.- Aspectos que se tuvieron en cuenta en las evaluaciones orales.

3. Observar el trabajo en el laboratorio y completar formularios individuales con ítems que incluyen tanto aspectos generales del trabajo en el laboratorio (tabla 6), aspectos concretos de química (tabla 7) y aspectos específicos sobre cada una de las prácticas realizadas (tabla 8).

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Distribución adecuada de su tiempo</li><li>• Respeto de las normas de seguridad (p.ej. uso de gafas de seguridad, bata de laboratorio).</li><li>• Actúa de manera responsable (p.ej. no pipetear con la boca o inhalar productos químicos)</li><li>• Gestión correcta de los residuos generados en el laboratorio.</li><li>• Orden en el lugar de trabajo</li><li>• Capacidad de trabajo en el laboratorio</li><li>• Limpieza del material (incluyendo el eliminar los escritos con rotulador de vidrio) y equipamiento utilizado</li><li>• Respeto a las normas internas de funcionamiento en el laboratorio</li></ul> |
|---|

Tabla 6.- Aspectos generales del trabajo en el laboratorio 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 de la pipeta 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 7.- Aspectos concretos de química a evaluar.

- ¿Ha realizado correctamente los cálculos previos?
- ¿Toma con pipeta aforada el volumen de vinagre?
- ¿Realiza una dilución correcta: material correcto y concentración aproximada final correcta?
- ¿Ha decolorado la solución o ha anotado esta circunstancia?
- ¿Toma el volumen de la solución diluida con pipeta aforada?
- ¿Vierte la solución diluida a un Erlenmeyer? ¿Añade el indicador adecuado?
- ¿Añade el indicador con pipeta Pasteur?
- ¿Toma nota del factor de concentración de la solución básica?
- ¿Durante la valoración se detiene para recoger las salpicaduras en el Erlenmeyer con agua destilada?
- ¿El indicador vira antes de que la bureta se vacíe? ¿lo hace aproximadamente en las  $\frac{3}{4}$  partes de la capacidad de la bureta?
- A partir del volumen final obtenido, ¿sabe calcular el grado de acidez del vinagre?

Tabla 8.- Aspectos concreto de una volumetría a evaluar (en este ejemplo, volumetría 3 con nivel de abertura 2).

4. Revisar la libreta de laboratorio, de acuerdo con unos ítems que los estudiantes conocen con antelación (tabla 9).

- ¿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?

Tabla 9. Aspectos de la libreta de laboratorio a evaluar.

La calificación individual de cada práctica para cada estudiante consistió en la nota del informe a la que se le sumaba o restaba un determinado porcentaje de la nota en función de los resultados de las evaluaciones individuales 2, 3 y 4 anteriores (Conway *et al.*, 1993).

### **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 10.

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.

Preguntas	SI (%)	NO (%)	NS/NC (%)
1-¿Te parece bien realizar prácticas en pareja o por el contrario crees que es mejor que la totalidad de prácticas fuesen 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

Tabla 10.- Resultados de la encuesta de opinión del alumnado.

El trabajo en parejas fue igualmente apoyado por los estudiantes (pregunta 1) con un significativo 0% 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).

### Discusión y valoración final

Los niveles de abertura, juntamente con las prácticas cooperativas, han resultado ser un método útil para la atención a la diversidad del alumnado del



CFGS de Química Ambiental, en las prácticas de laboratorio: con independencia del nivel práctico de química previo, todo el alumnado ha sido capaz de realizar una volumetría con nivel de abertura 2 al finalizar la unidad didáctica correspondiente. La flexibilidad de los niveles de abertura permiten 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.

Esta experiencia con prácticas en grupos cooperativos y utilizando niveles de abertura sirve además de entrenamiento al alumnado, ya que al final del curso académico, los estudiantes deben realizar un proyecto dentro del Crédito de Síntesis (asignatura obligatoria en Catalunya en el currículum de la ESO y de los Ciclos Formativos) y también se ha de tener en cuenta que cuando consigan el título de Técnico Superior en Química Ambiental estarán habilitados para ejercer como tales en la industria, en donde en muchas ocasiones se les exigirá trabajar en grupo. El hecho de trabajar durante el curso en pareja ofrece a los estudiantes la oportunidad de desarrollar y practicar habilidades interpersonales que luego serán de utilidad cuando crezca el número de integrantes en un grupo cooperativo (los grupos del Crédito de Síntesis son de 4-5 estudiantes). Asimismo, el creciente 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 Ciclo Formativo, comprende un proyecto transversal de investigación (niveles de abertura 3 y 4) sobre un tramo del río Llobregat, a su paso por L'Hospitalet de Llobregat. 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, en las prácticas en pareja. 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 rojo de metilo a esta tonalidad o aún debo añadir más valorante?".

Respecto a las ventajas de trabajar en parejas cooperativas, además de las ya comentadas (menor uso de reactivos, generación de menor cantidad de residuos...), podríamos destacar el hecho de que los estudiantes desarrollan habilidades interpersonales, como la toma de decisiones, la negociación y resolución de problemas, y que además aumenta el sentido de la responsabilidad del alumnado: la interdependencia positiva entre los miembros de una pareja es un estímulo para que un estudiante asuma su responsabilidad dentro del grupo, no sólo por su propio beneficio, sino porque de él también depende el éxito de su compañero. En ambientes individualistas, algunos estudiantes deciden tomar una actitud pasiva y no completan con éxito su tarea. En cambio, cuando forman parte de un grupo cooperativo, con un objetivo común, estos mismos estudiantes trabajan mejor y más activamente ya que en la mayoría de casos no desean que su compañero sufra una penalización académica.

Una última ventaja que hemos notado al trabajar en grupos cooperativos es la reducción de la ansiedad de los estudiantes, hecho que está en consonancia con los resultados obtenidos por otros autores (Caprio, 1993; Okebukola, 1986): la ayuda que se brindan entre sí los miembros de la pareja, el intercambio de recursos necesarios, la retroalimentación para mejorar el rendimiento posterior, la crítica constructiva de razonamientos ajenos, la motivación para esforzarse por el beneficio mutuo, el trabajo sobre la confianza llevan consigo el establecimiento de un nivel moderado de excitación con niveles bajos de ansiedad y tensión.

Tan sólo se dieron dos casos de parejas heterogéneas que mostraron un comportamiento no cooperativo: en un caso, uno de los miembros de la pareja decidió viajar de polizón, efecto *free-rider* (Kerr y Bruun, 1983), tomando una actitud pasiva y dejando que su compañero de trabajo (de nivel alto) tuviera que hacer prácticamente todo; en otra de las parejas se apreció una división disfuncional de tareas, efecto *I am the thinkist, you're the typist* (Sheingold, Hwakins y Char, 1984), por el cual un estudiante de nivel alto asumía voluntariamente casi todo el trabajo, relegando a su compañero a tareas como limpiar el material de laboratorio o acercarle los botes de los productos químicos. En ambos casos, el resultado final es similar: un estudiante que realiza la mayor parte del trabajo de la pareja, pero mientras que en el que viaja como polizón, es el estudiante de menor nivel el que voluntariamente

adopta esa actitud, en la división disfuncional de tareas el estudiante de menor nivel se ve relegado a jugar ese papel.

### Referencias bibliográficas

Anderson, J. S., Hayes, D. M. y Werner, T. C. (1995). The chemical bond studied by IR spectroscopy in introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72(7), 653-655.

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: Ed. McKay.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: a theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.

Bowen, C. W. (2000). A quantitative literature review of cooperative learning effects on High School and College Chemistry achievement. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 116-119.

Caprio, M. W. (1993). Cooperative learning – the jewel among motivational-teaching techniques. *Journal of College Science Teaching*, 22(5), 279-281.

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), 167-181.

Conway, R., Kember, D., Sivan, A. y Wu, M. (1993). Peer assessment of an individual's contribution to a group project. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 18(1), 45-56.

Cooper, M. M. (1995). Cooperative Learning, an approach for large enrollement courses. *Journal of Chemical Education*, 72(2), 162-164.

Cooper, M. M. (1996). *Cooperative Chemistry. Laboratory Manual*. Boston: McGraw-Hill.

Coppola, B. P. y Lawton, R. G (1995). "Who has the same substance that I have?" A Blueprint for collaborative learning activities. *Journal of Chemical Education*, 72(12), 1120-1122.

Deavor, J. P. (1994). Role-playing in the quantitative analysis lab. *Journal of Chemical Education*, 71(11), 980-982.

Deutsch, M. (1949). A theory of cooperation and competition. *Human Relations*, 2(2), 129-152.

Domin, D. S. (1999a). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.

Domin, D. S. (1999b). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of High-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 109-111.

Emry, R., Curtright, R. D., Wright, J. y Markwell, J. (2000). Candies to dye for: Cooperative, open-ended student activities to promote understanding of electrophoretic fractionation. *Journal of Chemical Education*, 77(10), 1323-1324.

Gabbert, B., Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1986). Cooperative learning, group-to-individual transfer, process gain, and the acquisition of cognitive reasoning strategies. *Journal of Psychology*, 120(3), 265-278.

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), 868-869.

Herron, M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79, 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, 603-619.

Kaufman, D. B., Felder, R. M. y Fuller, H. (2000). Accounting for individual efforts in cooperative learning teams. *Journal of Engineering Education*, 89(2), 133-140.

Kerns, T. (1996). Should we use cooperative learning in college chemistry?. *Journal of College Science Teaching*, 25(6), 435-438.

Kerr N. L. y Bruun, S. E. (1983). Dispensability of member effort and group motivation losses: Free rider effects. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(1), 78-94.

Kogut, L. S. (1997). Using cooperative learning to enhance performance in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(6), 720-722

Jackson, R. P. y Walters, J. P. (2000). Role-playing in Analytical Chemistry: The alumni speak. *Journal of Chemical Education*, 77(8), 1019-1025.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria. *Química e Industria*, 51(9), 25-31.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2006). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (en prensa).

Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1992). Positive Interdependence: Key to effective cooperation. En R. Hertz-Lazarowitz y N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning* (pp. 174-199). Cambridge: Cambridge University Press.

Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires: Aique.

Johnson, D. W., Johnson, R. T. y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.

Logse: Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (1990). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

McComas, W. F. (1990). *The nature of exemplary practice in secondary school laboratory instruction*. Iowa City: The University of Iowa.

National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.

Nogueiras Hermida, E., Membiela Iglesia, P. y Suárez Pazos, M. (1993). Triangulando perspectivas: El trabajo en grupo a debate. *Revista de Educación*, 302, 259-271.

Okebukola, P. (1986). Reducing anxiety in science classes: an experiment involving some models of class interaction. *Educational Research*, 28(2), 146-149.

Okebukola, P. A. y Ogunniyi, M. D. (1984). Cooperative, competitive, and individualistic science laboratory interaction patterns – Effects on students' achievement and acquisition of practical skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 875-884.

Ovejero, A. (1990). *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A.

Panitz, T. y Panitz, P. (1998). Encouraging the use of collaborative learning in higher education. En J. James y G. Forest (Eds.), *University teaching international perspectives*, Studies in Higher Education, volumen 13 (pp. 161-210). Nueva York: Garland Press.

Pickering, M. (1985). Lab is a puzzle, not an illustration. *Journal of Chemical Education*, 62(10), 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, 806.

Ricci, R. W. y Ditzler, M. A. (1991). Discovery Chemistry. A laboratory-centered approach to teaching general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 68(3), 228-231.

Schwab J. J. (1962). The teaching of science as enquiry, en J.J. Schwab y P.F. Brandwein (Eds.). *The teaching of Science*. Cambridge: Harvard University Press.

Seymour, L. A. y Padberg, L. (1975). The relative effectiveness of small group and individual settings in a simulated problem solving game. *Science Education*, 59, 297-304.

Sheingold, K., Hawkins, J. y Char, C. (1984). "I'm the thinkist, you're the typist": The interactions of technology and the social life of classroom. *Journal of Social Issues*, 40(3), 49-61.

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), 745-748.

Shiland, T. W. (1989) Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 107-109.

Slavin, R. E. (1983). When does cooperative learning increase student achievement?. *Psychological Bulletin*, 94(3), 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. Philadelphia: Temple University.

Smith, M. E., Hinckley, C. C. y Volk, G. L. (1991). Cooperative Learning in the undergraduate laboratory. *Journal of Chemical Education*, 68(5), 413-415.

Tamir, P. (1976). *The role of laboratory in Science teaching*. Iowa City: The University of Iowa.

Trumbore, C. N. (1974). A role-playing exercise in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 51(2), 117-118.

Walter, J. P. (1991a). Role-playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 1: Structural and Pedagogical Ideas. *Analytical Chemistry*, 63(20), 977A-985A.

Walter, J. P. (1991b). Role-playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 2: Physical Resources. *Analytical Chemistry*, 63(22), 1077A-1087A.

Walter, J. P. (1991c). Role-playing Analytical Chemistry Laboratories. Part 3: Experiment Objectives and Design. *Analytical Chemistry*, 63(24), 1179A-1191A.

Watson, S. B. (1992). The essential elements of cooperative learning. *The American Biology Teacher*, 54(2), 84-86.

Webb, N. M. (1985). Student interaction and learning in small groups: A research summary. En R. Slavin, S. Sharan, S. Kagan, R. Hertz-Lazarowitz, C. Webb y R. Schmuck (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 junio de 2005 en:

<http://www.cse.ucla.edu/CRESST/Reports/TECH352.PDF>

Wentworth, W. E., Drake, G. W., Hirsch, W. y Chen, E. (1964). Molecular charge transfer complexes. A group experiment in physical chemistry. *Journal of Chemical Education*, 41(7), 373-379.

Wenzel, T. J. (1998). Cooperative group learning in undergraduate analytical chemistry. *Analytical Chemistry*, 70(23), 790A-795A.

Wenzel, T. J. (2000), "Practical tips for cooperative learning", *Analytical Chemistry*, 72(9), 359A-361A.

Whisnant, D. M., Howe, J. y Lever, L. S. (2000). Collaborative physical chemistry projects involving computational chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 199-201.

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), 827-832.

Zuehlke, R. W. (1962). Laboratory group exercise in acid-base theory. *Journal of Chemical Education*, 39(7), 354-355.

## **Anexo I**

### **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. Contiene el 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:

$$\text{Acidez} = \frac{V \cdot f \cdot 3}{10} \begin{cases} f = \text{factor de concentración de la sol. de NaOH} \\ V = \text{volumen, en mL, de la solución de NaOH consumidos} \end{cases}$$

## **Anexo II**

### **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.