

Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales

Merino, J.M. y F. Herrero

Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación y Trabajo Social (Universidad de Valladolid). E-mail: jema@dce.uva.es

Resumen: Es consenso general que las actividades experimentales concebidas como pequeñas investigaciones proporcionan las mejores situaciones de aprendizaje de los contenidos curriculares de las ciencias, especialmente de los procedimentales, si bien apenas existen propuestas realistas para su aplicación.

En el presente informe se resume la investigación realizada por nuestro equipo durante años, la cual ha dado como resultado la propuesta de un tipo de actividades prácticas abiertas de Química, de fácil aplicación en el ámbito de la Enseñanza Secundaria, que denominamos "Resolución de Problemas Experimentales". Este diseño salva las dificultades señaladas por numerosos autores en lo concerniente al desarrollo de las actividades prácticas de tipo abierto en el contexto educativo actual. Hemos aplicado el diseño durante tres años en grupos convencionales de alumnos de 1º de Bachillerato (opción ciencias) y hemos realizado un estudio etnográfico de la actividad y comportamiento de los alumnos en el citado contexto.

Palabras clave: Trabajos prácticos, problemas experimentales, laboratorio.

Title: Experimental problem solving of chemistry: an option facing the traditional practical works

Abstract: It's agreed on the experimental activities understood as little investigations allow the best apprenticeship situations of the curricular contents of the sciences, but almost doesn't exists realistic proposals for their application.

In this paper we summarize the investigation carried out for several years, which has given as a good result the proposal of a kind of practical open activities in Chemistry, which are easily applicable in the Secondary School. We call them "Experimental Problem Solving". This design keeps up the difficulties denoted by the numerous authors about the developing of open practical experimental activities in the educational educative context. We have applied the design for three years over several conventional groups of bachelor students of first year (option science) and we have had an ethnographic study over the activities and the behaviour of the students in this context.

Key words: Practical works, experimental problems, laboratory

Planteamiento del problema

El Diseño Curricular Base para la etapa de Enseñanza Secundaria incluye junto a muchos y muy profundos cambios, tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales. Por *contenidos procedimentales se entiende el conjunto de procedimientos de la ciencia cuyo aprendizaje forma parte de los objetivos del currículo*. Este conjunto incluye habilidades intelectuales diversas, habilidades sociales, capacidades holísticas, destrezas manipulativas, etc., existiendo de ellos diversas clasificaciones, si bien la que nosotros preferimos es la de de Pro (1998). A su vez, los contenidos actitudinales se conciben como el conjunto de actitudes cuya adopción por el alumno forma parte de los objetivos educativos del currículo. Básicamente, se corresponden con objetivos tales como: Desarrollo de la curiosidad científica (deseo de conocer y comprender), desarrollo del escepticismo científico, adopción de una actitud crítica y no dogmática, respeto por el razonamiento de tipo lógico y desarrollo de hábitos de razonamiento de tipo científico. Consensualmente se acepta que el laboratorio es el recurso ideal para el aprendizaje de muchos de los contenidos procedimentales y actitudinales presentes en el currículo de ciencias pero, por desgracia, el uso que tradicionalmente viene haciéndose del laboratorio, basado en la realización de prácticas-receta en las que el alumno sigue fielmente las indicaciones escritas en un guión es una forma pobre y obsoleta de utilizar este recurso didáctico tan importante.

Tradicionalmente se ha mantenido el consenso de una enseñanza de la ciencia necesariamente vinculada a la experimentación, ahora bien, en las dos últimas décadas ha habido un debate acerca de los trabajos de laboratorio. Así, por ejemplo, Hodson, (1994) propone un tratamiento integral de la asignatura como una "investigación dirigida" y hace hincapié en la resolución de problemas. Sin embargo hay autores que consideran que la participación de estudiantes en investigaciones reales que desarrollan habilidades intelectuales es un componente esencial de instrucción de ciencias (White, 1996). Estas investigaciones dan al estudiante una oportunidad de apreciar el espíritu de la ciencia (Ausubel, 1976) y promueve el entendimiento de la naturaleza de la misma. No obstante las investigaciones hechas en las aulas en los países anglosajones en los últimos 20 años describen la enseñanza de la ciencia primariamente centrada en el profesor. La instrucción típica consiste en que todos los alumnos realizan actividades no interactivas (Tobin & Gallagher, 1987). Los estudiantes típicamente aprenden ciencia de los libros y de lecturas y su motivación principal está en hacer razonablemente bien las pruebas y exámenes (Yager, 1983; Layman, 1996).

La experimentación, actividad prototípica de los científicos, está prácticamente ausente en la mayoría de las escuelas (Tobin & Gallagher, 1987; Jones, Mullis, Raizen, Weiss y Weston, 1992). Además, la evidencia indica que las actividades del laboratorio tradicional fracasan cuando tratan de lograr la potencialidad de los estudiantes para mejorar aprendiendo y comprendiendo (Stake & Easley, 1978; Tobin & Gallagher, 1987). Una explicación para este aparente fracaso es que hay una desproporción entre las percepciones de los estudiantes y los profesores en lo que concierne al propósito de un laboratorio o actividad, así como una diferencia entre las

interpretaciones sobre lo que constituye el material para ser aprendido. A pesar de las intenciones de los profesores, los estudiantes generalmente no están de acuerdo en que lo que están haciendo, el trabajo en el laboratorio, sea la investigación que es la esencia de la ciencia.

Otra explicación para el fracaso de las actividades de laboratorio y para lograr su potencialidad apunta a que en la actualidad, la mayoría de los profesores no tienen ningún tipo de actividades de laboratorio que permita a los estudiantes resolver problemas y que a través de ellos construyan los conocimientos de la ciencia. Además, las habilidades técnicas aprendidas en el laboratorio usualmente toman la forma de adquirir los procedimientos prescritos o dirigidos desde los cuadernos u hojas de ejercicios típicos del laboratorio (White, 1996; Schauble et al., 1995). Este tipo de actividad de comprobación Duschl (1991) lo caracteriza como una característica dominante de la educación moderna en ciencias.

Las actividades de experimentación en las aulas han fallado tradicionalmente por tres razones. La primera es que se hace poco laboratorio, la segunda es que rara vez se incluyen en él investigaciones de sucesos significativos y la tercera es que los estudiantes no tienen oportunidades de reflexión y revisión (Schauble et al, 1995).

Con objeto de evaluar la realidad de los trabajos prácticos de laboratorio en la realidad escolar, hicimos al comienzo de la presente investigación un estudio basado en tres aspectos: Opiniones de los profesores sobre las prácticas de laboratorio, Análisis del conocimiento de la Metodología Científica por los alumnos y Análisis de la bibliografía de libros de texto y manuales de laboratorio. Este estudio se ciñó al entorno de nuestra universidad, fundamentalmente, en la provincia de Valladolid. Como resultado de nuestras indagaciones, podemos afirmar que en el panorama educativo actual existe un problema derivado de la demanda de una enseñanza moderna de la ciencia plasmada en los objetivos de conocimiento, de procedimiento y de actitud, presentes en el DCB de ciencias. Frente a ello, el laboratorio escolar se configura como el más poderoso recurso para el aprendizaje de los contenidos procedimentales y actitudinales, si bien el uso que hoy se hace de este recurso es pobre y obsoleto (Insausti y Merino, 1999). La principal razón por la que los profesores no se deciden a innovar en el laboratorio es la escasez de propuestas realistas que sean alternativas sólidas a la tradicional "práctica recetística".

Nuestro equipo ha propuesto ya dos modelos de empleo del laboratorio que propician la realización de actividades afines con la metodología científica, ahora bien, uno de ellos, los Trabajos Prácticos Abiertos (García, 1998) se adaptan bien al laboratorio de Física, pero no así sucede con el de Química. A su vez, las Pequeñas Investigaciones Tuteladas (Pérez, 1999) solo pueden aplicarse a un número restringido de alumnos. Se hace pues necesario el diseñar un nuevo modelo de empleo del laboratorio cuyo ámbito de aplicación sea más extenso.

Propuesta de trabajo

Sería deseable poner a punto un método de uso del laboratorio de Física y Química para la etapa de Enseñanza Secundaria que, sin menoscabo importante de las ventajas de los trabajos prácticos abiertos, de desarrollo afín con el quehacer científico normal, obviara las dificultades que este tipo de actividades suponen. Diseñar y evaluar una nueva forma de llevar adelante los trabajos prácticos experimentales en la que tuvieran cabida actividades tales como el análisis de una situación problemática, hacer acopio de información sobre el problema, estudiar y discutir en grupo sus diversos aspectos y posibilidades, elaborar propuestas razonadas a modo de hipótesis, decidir sobre el tipo de experimentos que se harán y cómo se realizarán, analizar y discutir en grupo los resultados experimentales, extraer las conclusiones y reflejar en una memoria el trabajo realizado por el equipo de alumnos, y que al propio tiempo no presentara los problemas de aplicación, que nuestras anteriores propuestas plantean (Insausti y Merino, 2000), sería una atractiva meta en la línea de investigación en la que nuestro equipo lleva trabajando en los últimos diez años.

A) Presupuestos de la investigación (a modo de hipótesis).

- Es posible proponer a un grupo convencional de alumnos de Secundaria la realización de trabajos prácticos que propicien la aparición de situaciones de aprendizaje de la mayoría de los contenidos procedimentales y actitudinales presentes en el currículo de dicha etapa, sin dificultades significativas añadidas a las que presentan las prácticas de laboratorio tradicionales.
- Si el modelo está convenientemente diseñado y el grado de dificultad del trabajo está controlado, la implicación de los alumnos y su grado de colaboración en el trabajo de equipo así como los niveles de aprendizaje alcanzados, serán satisfactorios.

B) Objetivos de la investigación

Nos marcamos los siguientes objetivos:

- Diseñar un modelo de trabajo práctico de Química abierto, bajo la forma de "Pequeña investigación dirigida", que permita el aprendizaje de contenidos procedimentales del currículo de Química en Primer curso de Bachillerato y la adopción de actitudes positivas ante la ciencia.
- Elaborar una serie de propuestas problemáticas abiertas que se correspondan con los contenidos del currículo de Química de 1º de Bachillerato. Diseñar un método de evaluación específico para este tipo de actividades.
- Estudiar la actividad de los alumnos durante el transcurso de su trabajo valorando los grados de implicación en el trabajo, de colaboración con los otros miembros del equipo y de aceptación de este tipo de labor.

Metodología de la investigación

Nuestra investigación comportaba el llevar a cabo las siguientes acciones:

- Elaborar documentos guía de las actividades indagadoras de los alumnos el desarrollo de las actividades de laboratorio.
- Organizar el laboratorio de Física y Química, en medios materiales (instrumental y bibliografía), espacios y mobiliario, para que pueda albergar en las mejores condiciones el tipo de actividades objeto de investigación.
- Aplicar el diseño didáctico a grupos de alumnos convencionales de primer curso de Bachillerato durante al menos tres años consecutivos con objeto de evaluar el modelo y, por un procedimiento iterativo de pulido y mejora del diseño, obtener el modelo final.
- Observar sistemáticamente la actividad de los alumnos, grabando su trabajo en audio y vídeo y efectuando entrevistas, focalizando la atención en sus habilidades manuales e intelectuales, sus relaciones de colaboración y su actitud ante este tipo de trabajo y la ciencia en general.
- Evaluar los aprendizajes de los alumnos, logrados en el transcurso de este tipo de actividad.

Puesto que nuestro propósito era por un lado diseñar un nuevo modelo de empleo del laboratorio de Física y Química basado en la resolución de pequeños problemas experimentales y por otro estudiar la actividad de los alumnos en este contexto educativo es claro que esta investigación queda dividida en dos partes netamente diferenciadas, que incluso habrán de requerir metodologías y dinámica distintas. Para la consecución del primer objetivo, se recurrió a la metodología de la Investigación-Acción y para el segundo se hizo uso de una metodología cualitativa basada en el estudio de caso de un equipo de alumnos concreto, así como en la observación sistemática del resto de los equipos de alumnos a los que se aplicó el modelo experimental.

La investigación-acción

En la investigación educativa, de acuerdo con Elliot (1991) se parte de un diseño inicial. Por un proceso cíclico en el que a la aplicación del mismo le siguen una observación sistemática, un análisis de los datos y una reflexión, se identifican las bondades y flaquezas del modelo reintroduciendo las primeras y eliminando las segundas, para después aplicar de nuevo el diseño modificado, y así sucesivamente, según muestra el esquema de la figura 1. Los pormenores del método empleado pueden verse en Mc Kernan (2001)

El estudio de caso

Los modelos generales de investigación que emplean los científicos sociales son la etnografía (Goetz y LeCompte, 1988), el estudio de casos (Stake, 1998), el análisis de muestras, la experimentación, la investigación observacional estandarizada, la simulación y los análisis históricos o de

fuentes documentales (Cardona, 2002). Estos siete modelos no son sino abstracciones ideales, ya que en realidad, los diseños empleados en investigación social incluyen elementos pertenecientes a más de un modelo. En esta investigación hemos utilizado el estudio de caso.

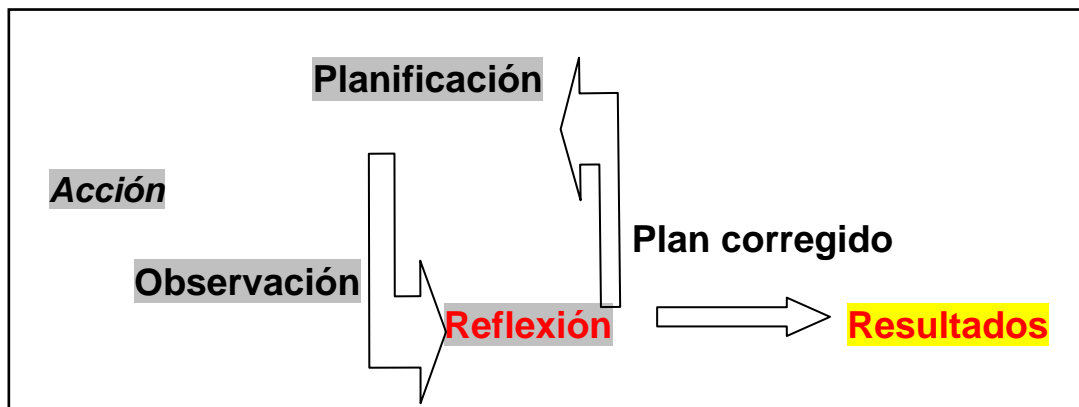


Figura 1.- Esquema del desarrollo de un proceso de Investigación-Acción

La recogida de datos se hizo mediante entrevistas, encuestas (tipo Likert y diferencial semántico) (Best, 1982), grabaciones (de audio y video) y notas de campo tomadas por el investigador. A su vez, el análisis de la ingente cantidad de información requería primero la transcripción de las grabaciones (Goetz & LeCompte, 1988), el establecimiento de unos focos de atención categorizados que permitieran destacar los eventos de interés para los fines de la investigación y el recuento de eventos.

La credibilidad de la investigación cualitativa se hizo por triangulación con las observaciones realizadas por otros profesores del Departamento así como por comparación con los resultados emanados de otros métodos (entrevistas, encuestas y observación directa) siguiendo las directrices de Rodríguez y col. (1999).

Desarrollo de la investigación

La investigación fue realizada con alumnos de 1º de Bachillerato en el Instituto Legio VII de León, en un intervalo de cuatro años académicos que permitieron un proceso cíclico de tres vueltas según el esquema de la fig. 1. El modelo inicial fue el propuesto por Hadden (1991 y 1992). Al propio tiempo, se hizo el estudio del caso del Grupo 1º B (formado por 27 alumnos) en el primero y segundo año académico. En el tercero se estudió el caso del Equipo nº 5 de ese grupo, formado por tres alumnos. Como puede verse, la investigación comportó el desarrollo de un proceso dual en el que se diseñó un modelo de uso del laboratorio por modificaciones iterativas al tiempo que se realizaba un estudio de caso del trabajo, comportamiento y actitudes de los alumnos en el contexto a medida que este se iba modificando. Todo ello queda esquematizado en el cronograma de la figura 2.

	1996-7	1997-1998				1998-1999				1999-2000				2000-2001
	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T-2T-3T-4T
Preparación de materiales y documentos	*	*	*			*				*				
Aplicación del diseño y recogida de datos			*	*		*	*	*		*	*			
Elaboración de datos					*				*				*	
Análisis de datos y rediseño del modelo						*				*				
Extracción de conclusiones generales												*	*	*

Figura 2.- Cronograma del desarrollo de la investigación

Diseño del modelo

La aplicación del modelo de partida (Hadden, 1991 y 1992) reveló una importante inadecuación de la temática de los problemas al currículo de 1º de Bachillerato español así como la ausencia de directrices para la confección de la memoria final (ver el anexo I).

En una segunda vuelta se modificaron los formatos de muchos de los problemas propuestos por Hadden y se incorporaron otros nuevos más acordes con el currículo de 1º de bachillerato. Algunos de estos problemas se encuentran en el Anexo II.

Como resultado final del proceso de Investigación-Acción, exponemos brevemente el modelo de los trabajos prácticos de Química concebidos como problemas experimentales (Anexo III). Este modo de usar el laboratorio presenta las siguientes características:

- a) Una adecuada sencillez conceptual, acorde con el nivel de primer año de Bachillerato.
- b) Las pautas del trabajo de los alumnos siguen fielmente las de la metodología científica.
- c) Se trabaja la gran mayoría de los contenidos procedimentales y actitudinales presentes en el DCB de la etapa.
- d) Son realizables en un período lectivo normal, razón por la cual, el modelo se adapta perfectamente a la organización general de un centro de secundaria normal.
- e) No requieren dotación material ni humana más allá de lo que es normal en un centro de secundaria medio.
- f) Su operatividad se basa en el empleo de una ficha que, al tiempo que sirve de guía de las actividades, debe ser cumplimentada por los alumnos, dejando en ella constancia de su trabajo (a modo de ejemplo, ver Anexo III).

Según nuestra experiencia, el número de alumnos que pueden trabajar de este modo en permanencia simultánea no debe exceder de 18. El

número ideal de alumnos por equipo es tres, lo que supone que el profesor deberá atender a un máximo de 6 equipos.

La temática de los problemas se centra en los principales tópicos del currículo: manipulación de materiales químicos, dosificación de masas y volúmenes, preparación de disoluciones, volumetría, carácter ácido-base, cantidad de sustancia, etc.

En cuanto a la secuenciación temporal, se recomienda una sesión por semana durante el cuatrimestre dedicado a la Química en 1º de Bachillerato.

La evaluación se hace por corrección y valoración de las fichas cumplimentadas por los alumnos y también por observación directa sobre la forma de trabajar. En este segundo modo se valoran preferentemente las habilidades manipulativas.

El estudio de caso

El trabajo de campo y la obtención de conclusiones se ajustaron al esquema de la figura 3.

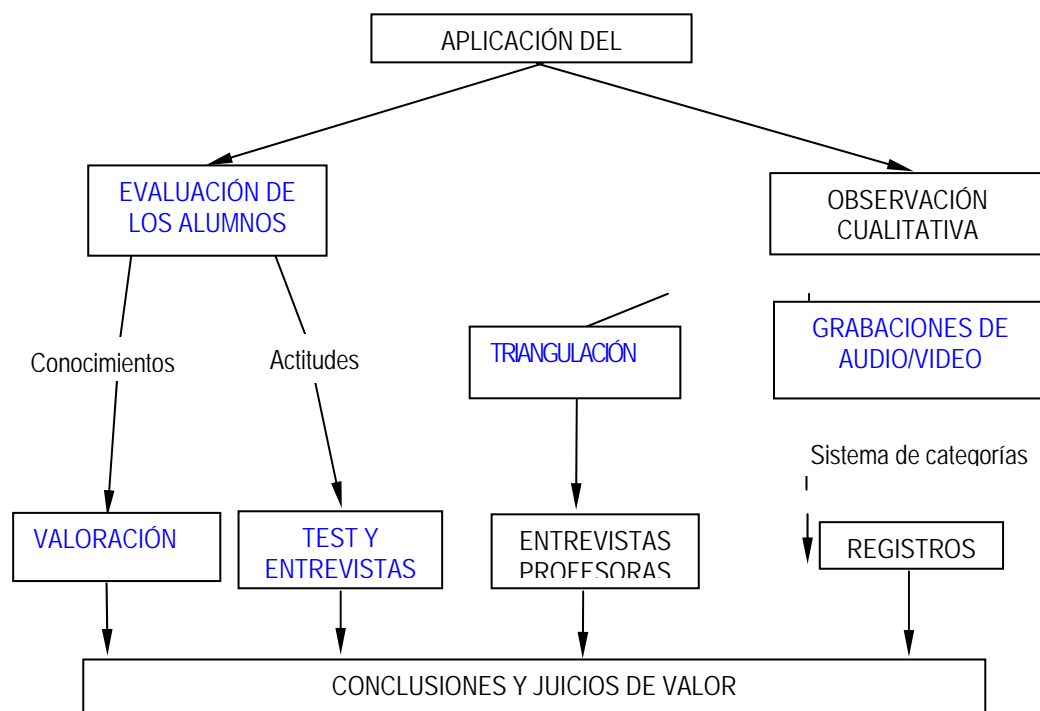


Figura 3.- Esquema explicativo de la metodología cualitativa empleada en el estudio de caso.

Los medios de observación se fundamentaron en cinco elementos: grabaciones de audio/video, un sistema categorías centrado en cuatro focos de observación (Esos focos de observación eran: "lo que hablan los alumnos", "lo que hacen los alumnos", "manipulación de materiales por los alumnos" y "actuaciones del profesor"), el diario del profesor/investigador, las fichas cumplimentadas por los alumnos y las entrevistas. Estos focos de atención evitarían que las observaciones del investigador se dispersasen en aspectos muchas veces irrelevantes para los fines perseguidos. En

consecuencia, dicho sistema actuó de filtro y como resultado se obtuvo un amplio conjunto de registros relativos a los aspectos seleccionados. A la hora de distinguir la importancia de los eventos decidimos que un buen criterio sería el de la frecuencia con que dicho evento se da, así pues, sobre las transcripciones de las grabaciones de audio/video realizamos un recuento de cada uno de ellos. Tras el recuento de los mismos pudo hacerse una reconstrucción interpretativa de la actividad de los alumnos. He aquí los resultados más destacables, relativos al equipo 5 de 1º B formado por C, E y M (iniciales de los nombres de los alumnos):

- Hablan de ciencia: Cuando decimos que las alumnas “hablan de ciencia” queremos decir que están tratando de resolver el problema que se les propone y de realizar actividades relacionadas con el trabajo científico: discutir ideas, evaluar diferentes alternativas, elegir entre distintas explicaciones, etc. Cuando se les entrega la ficha comienza el trabajo con la lectura e interpretación del problema. Describen y discuten sobre el problema. Han establecido un turno rotatorio por medio del cual se reparten las tareas, lo escribe en el cuadro “Tu Plan” de la ficha de trabajo, pero ante el menor atisbo de duda llaman al profesor para consultarle.
- La precisión en las medidas y el trabajo bien hecho: La presencia de cálculo en los trabajos experimentales supone un notable aumento de la dificultad, así por ejemplo en el caso del cálculo de la superficie de una isla y de Cataluña a partir de los planos y sus escalas, las operaciones y el resultado estaban mal. Otro tanto sucedía con los cálculos de cantidad de sustancia, previos a la preparación de disoluciones. En general, demostraron poco interés por la precisión en las medidas, parece como si tuvieran prisa en acabar. No se ha detectado en ningún trabajo que hayan repetido los cálculos una sola vez, ni que los hayan hecho dos alumnas. Tampoco se aplicaron para realizar un trabajo bien hecho y perfectamente acabado.
- El reparto de tareas y el trabajo en equipo: Suelen discutir inicialmente entre todas las soluciones posibles del problema. Esto lo solían hacer en cuanto se les entregaba la ficha. Otro reparto de tarea habitual era confiar la cumplimentación de la ficha a uno de los miembros en tanto que los otros dos se dedicarían a hacer la parte experimental del trabajo. Aunque normalmente tienen preferencias, a C: le gusta manipular el material y suele ser la que mejor lo hace, y a M: le gusta proponer el “Problema” que se les pide en la pregunta 6ª del anverso de la ficha. E: es la que pregunta al profesor. Para resolver el problema, lo suelen hacer entre M: y E: aunque lo leen las tres conjuntamente, C: interviene menos en las conversaciones de resolución de problemas.
- El cumplimiento de las normas acordadas: No siguen las normas acordadas. El primer día se les indicó cómo debían realizar el trabajo, y que antes de darles el material deberían de rellenar “ Tu Plan”. Ya desde el principio, ellas ignoraron esta norma y consiguieron el material sin haber acabado “Tu Plan”, de hecho, acabaron el trabajo

con rapidez y no se molestaron en redactar este apartado de la ficha. No realizaban las pesadas de forma adecuada y eso les llevaba mucho tiempo en las actividades complejas en las que había que hacer algunas pesadas.

- La preparación en casa del trabajo del laboratorio: No preparaban los problemas que se les entregaba por adelantado, ni incluso cuando se les dijo expresamente que lo hiciesen por la dificultad que tenía el tópico que iban a trabajar. No se reunían previamente, ni tan siquiera el alumno que se llevó la ficha leía el problema antes de asistir al laboratorio. Pero es más, incluso cuando tuvieron dificultades conceptuales, no fueron capaces de repasar la teoría que se había tratado en el aula para comprender mejor la ejecución. Una de las sesiones en las que tenían que haber preparado el trabajo fue en la valoración de un ácido fuerte con hidróxido sódico. En la sesión decimotercera se les indicó al acabar cómo lo tenían que hacer, y en la siguiente sesión M: no se acordaba de lo hecho en la anterior sesión y estuvieron M y C: más de la mitad del tiempo tratando de encontrar cómo lo tenían que ejecutar.
- Las preguntas de E.: E: era quien casi siempre dialogaba con el profesor. Solía preguntar mucho, más de 5 veces por sesión y en algunas lo ha hizo en 15 ocasiones. Preguntaba sobre el problema, pues parece ser que en el reparto de tareas le tocaba el papel de portavoz, pero a veces, como en la sesión 4ª, demandaba una información que conocía.
- El lenguaje científico: En la transcripción de la sesión 8ª se aprecia que no eran capaces de pedir el material que necesitan para acabar de enrasar el matraz aforado y lo hacían directamente con el frasco lavador, incorrectamente. En la sesión 11ª C: no recordaba el nombre del vidrio de reloj y en el minuto 16 dirigiéndose al profesor decía: "¿nos puedes dejar una lente?, y la cucharita ¿Cómo se llama?".
- Manipulación del material: El análisis de las grabaciones de video reveló que la mayoría de las veces, las manipulaciones eran poco precisas y a veces seguían atajos con tal de acabar la parte experimental en el tiempo previsto.
- ¿Qué hacen ante las dificultades?: Principalmente pedían ayuda al profesor sin intentar ninguna otra alternativa. Para realizar la primera afirmación nos hemos basado en el análisis de las categorías. En él podemos observar que de 622 problemas experimentales resueltos por los alumnos como trabajo, en 93 ocasiones piden explícitamente ayuda al profesor, lo que es casi el 15 % de este tipo de ocupación. También se aprecia que hablan con el profesor en 337 ocasiones. Por su parte el profesor ha de orientar a las alumnas de este equipo en 236 ocasiones (P.1 = 19, P.2 = 201, P.3 =16) siendo casi el 44 % de las actividades que realiza el profesor en este equipo. En cuanto a la segunda afirmación, se avala también por lo anterior,

viendo que hablan del problema en 973 ocasiones, de las que 736 son sobre la comprensión del problema y de su solución. Esporádicamente recurren a otras estrategias, como consultar el libro de texto y los apuntes de clase y también hablar con compañeros de otros equipos (estos datos proceden de la observación del grupo 1° B).

En cuanto a las relaciones personales entre los alumnos en el laboratorio destacamos (datos procedentes de la observación del equipo 5 de 1° B):

- La relación alumnas-profesor: Eran cordiales y respetuosas. Cuando conversan con el profesor, "H.P = 337", la mayor parte de las veces es para preguntarle, en un 60% de las ocasiones, le explican cosas en 50 ocasiones, un 15 % de las charlas, también le exponen lo que han hecho en 29 oportunidades y hablan con el de cosas no catalogadas en 57 momentos. Las alumnas muestran una gran dependencia del profesor para resolver sus problemas, Para ellas él es la panacea que conoce todos los resultados, y a la menor duda, le llaman, incluso lo hacen sin haber recapacitado ni haber empleado otros métodos de verificación.
- La relación entre las alumnas del grupo 5°: El trato entre las alumnas de este equipo podría calificarse de excelente. En un principio se repartieron las tareas, de forma que se turnaban en rellenar la ficha. Desde un principio, E: se convirtió en la "líder" del equipo y era la que solía resolver el problema. M: ayudaba en la resolución del problema con mucha frecuencia y redactaba el problema que ellas proponían (lo cual se les pide en el punto sexto del anverso de cada ficha). C: solía hacer las manipulaciones más complejas del material además de comprobar las pesas de la balanza nada más entrar.
- La relación con otros compañeros: No tenían ningún inconveniente en ayudar a sus compañeros/as de otros equipos en su trabajo. Durante las grabaciones se han detectado 50 ocasiones en las que las alumnas del 5° equipo han hablado con otros alumnos, algunas de las cuales eran para ayudarles.

A partir de las observaciones recogidas en las grabaciones pudieron identificarse los contenidos procedimentales más trabajados. Los más destacados fueron: Diseñar experimentos, medir parámetros, utilizar modelos, elaborar conclusiones, trabajar en equipo, manejar materiales y realizar montajes. Otras formas de reconocerlos fueron las entrevistas realizadas al final del curso y el análisis de las fichas cumplimentadas. Por estos procedimientos se comprobó una importante actividad de aprendizaje de habilidades, tales como: Identificar el problema, proponer hipótesis, analizar el material escrito, utilizar diversas fuentes para resolver su problema y elaborar materiales, como el informe final del envés de la ficha de trabajo.

Conclusiones y juicios de valor

La investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales es ante todo investigación educativa en la que la reproducción exacta de las condiciones del "experimento" nunca garantiza los mismos resultados. En consecuencia, las conclusiones que a continuación se expondrán, han de ser contempladas bajo este punto de vista.

Adecuación del modelo a la organización general del centro

Las reflexiones sobre el desarrollo de las actividades de laboratorio con nuestros alumnos, especialmente en las dos últimas vueltas del proceso investigación-acción nos llevaron a la conclusión de que el diseño del modelo se adaptaba francamente bien a la organización general del centro. Es preciso destacar varios aspectos que completan esta afirmación:

- El número óptimo de alumnos por cada equipo lo hemos establecido en tres y el número de equipos que el profesor puede atender simultáneamente lo establecemos en cinco o seis, lo que supone que en el laboratorio pueden trabajar simultáneamente un número de alumnos que oscila entre 15 y 18.
- Consecuentemente, se precisa la existencia de profesores de apoyo en el seno del Departamento de Física y Química que puedan atender el desdoble que estas actividades requieren.
- En cuanto a las instalaciones y dotación material, la aplicación de este modelo no requiere ninguna modificación ni en el mobiliario ni en el instrumental y materiales fungibles, habituales en los laboratorios escolares de la etapa de Secundaria.
- El planteamiento de los problemas experimentales bajo el formato de fichas con campos vacíos que habrían de ser cumplimentados por los alumnos a lo largo del trabajo se configura como extremadamente útil, ya que conducen la actividad de los alumnos según la secuencia natural de la investigación científica: análisis del problema, emisión de hipótesis, diseño experimental, observación y medición, análisis de resultados y extracción de conclusiones. Ello favorece la familiarización del alumno con la metodología científica en forma muy superior a como sucede en el modelo tradicional.
- Finalmente, el hecho de que estas actividades pueden iniciarse y terminarse en una hora lectiva convencional, hace que la aplicación de este modelo resulte muy fácil, incluso ventajosa respecto del modelo de las "prácticas receta" tradicional, que en ocasiones requieren tiempos de ejecución superiores a un período lectivo normal.

Valoración de los aprendizajes de los alumnos en el seno del modelo creado

En primer lugar, destacamos que la Resolución de Problemas Experimentales de Química supone un importante refuerzo a las clases teóricas en lo que concierne a la revisión y profundización en conceptos importantes del currículo, tales como concentración, cantidad de sustancia,

mol, ácido, base, etc. y supone también la aprehensión de habilidades y destrezas manipulativas (pesada, preparación de disoluciones, medición de volúmenes, volumetría, etc.). Lo uno y lo otro nos permite afirmar que este tipo de actividades propicia el logro de la mayoría de los aprendizajes típicos de las prácticas de Química tradicionales.

Por añadidura, la Resolución de Problemas Experimentales permite el aprendizaje de muchos contenidos procedimentales y actitudinales presentes en el currículo de Química de la etapa de Secundaria, que con las prácticas tradicionales no se pueden obtener. Si se toma como referencia la clasificación de de Pro (1998) se comprueba que las habilidades de investigación: Identificación de problemas, reparto de tareas y diseño experimental se trabajan en el 100 % de los problemas. Le siguen predicción, emisión de hipótesis y medición en un 90 % de los casos, el análisis de datos y elaboración de conclusiones se trabaja en un 85 % de los problemas propuestos y finalmente, la transformación e interpretación de datos se trabaja tan solo en un 20 % de los problemas, debido principalmente a la sencillez de los mismos. En lo que respecta a las habilidades y destrezas manipulativas se trata de un contenido procedimental que se trabaja en el 100 % de los casos. Finalmente, contenidos de tipo comunicativo como redacción en grupo de la memoria a la usanza científica, se trabajan en el 100 % de los casos. En este sentido, el reverso de las fichas se manifiesta como un recurso eficaz para el logro de estos últimos aprendizajes.

A la vista de estos resultados cabe asumir que el modelo de laboratorio que proponemos resulta altamente ventajoso respecto del tradicional en lo que concierne al aprendizaje de buena parte de los contenidos procedimentales presentes en el currículo de Química.

Conclusiones relativas a los alumnos

La observación sistemática evidencia una fuerte ausencia de autonomía que las hace muy dependientes del profesor. Por iniciativa propia, nunca recurren ni al libro de texto ni a los apuntes de clase ni a ningún otro texto o documento. Esta es sin duda la herencia de un sistema educativo de grandilocuentes planteamientos que en la práctica, sigue aferrado a las "viejas prácticas". Por otro lado, la "metodología de la superficialidad" sigue reinando en el ánimo de los alumnos, para quienes priman la inmediatez, los resultados a cualquier precio, los atajos a toda costa, con menoscabo del rigor, de la precisión, y en general, el gusto por el trabajo bien hecho. En esta misma línea, el lenguaje empleado por las alumnas era impreciso y no llamaban a los elementos por su nombre adecuado.

El reparto de tareas fue equitativo, si bien se hizo patente la tendencia al liderazgo por parte de los alumnos más activos y aventajados.

El trabajo se ciñó exclusivamente al laboratorio, de forma que aunque se les entregaba la ficha días antes, no le dedicaron ninguna atención hasta que estaban en él.

Finalmente, como de juicio de valor, estimamos que el modelo de Resolución de Problemas Experimentales de Química creado a lo largo de esta investigación forma junto con los modelos Trabajos Prácticos Abiertos

de Física y Pequeñas Investigaciones Tuteladas, que nuestro equipo creó en anteriores investigaciones, una oferta de alternativas a las prácticas de Física y Química tradicionales, que pretende renovar el laboratorio escolar de la etapa de Secundaria.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, D.P., (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. Ed Trillas: Mexico.
- Best, J.W. (1982). *Cómo investigar en educación*. Ed. Morata. Madrid.
- Dusch, R. (1991). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. Teachers College Press: NY.
- Cardona, M.C. (2002). *“Introducción a los métodos de investigación en Educación”* Ed. EOS. Madrid.
- Elliot, J. (1991). *Action Research for Educational Change*. Open University Press. (Trad. al castellano en 1996. El cambio educativo desde la investigación-acción. Madrid: Ed. Morata).
- García, P. (1998). *“Los trabajos prácticos de Física en el modelo constructivista: Desarrollo y evaluación”* Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid
- Goetz, J.P. y M.D. LeCompte (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Ed. Morata, Madrid
- Hadden, R.A. (1991). *“Problem solving at the bench: 100 Mini-projects in Chemistry for 14-16 year olds”* Centre for Science Education. Univ. Glasgow. Ed. Royal Society in Chem.
- Hadden, R.A. (1992). *“Problem solving at the bench: 50 Midi-projects in Chemistry for 16-18 year olds”* Centre for Science Education. Univ. Glasgow. Ed. Royal Society in Chem.
- Hodson, D. (1994). *“Hacia un enfoque más crítico del Trabajo de Laboratorio”*. *Enseñanza de las Ciencias*. 12 (3), 299-313.
- Insausti, M. y J.M. Merino (1999). *“Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de Física en el nivel universitario”*, *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 3, 533-542.
- Insausti, M. y J.M. Merino (2000). *“Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de Física y Química”* *Invest. em Ensino de Ciências*, 5, 2, <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista>
- Jones, L.R., Mullis, V., Raizen, S.A., Weiss, R. y E.A. Weston (1992). *The 1990 Science R2port: NAEP's assessment of fourth, ei,2hth, and twelfth graders*. National Center for Educational Statistics, U. S. Department of Education.
- Layman, J.W. (1996). *Inquiry and learning: Realizing science standards in the classroom*. New York: The College Board.
- McKernan, J. (2001). *Investigación-Acción y currículum*. Ed. Morata, Madrid

Pérez, P. (1999). *"El constructivismo en el laboratorio: Pequeñas Investigaciones Tuteladas"* Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.

Pro, A. (1998). "¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en la clase de ciencias?" *Ens. Cien.*, 16(1), 21-42.

Rodríguez, G, Gil, J. y E. García (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ed. Aljibe, Málaga.

Schauble, L, Glaser. R., Duschl, R.A., Schulze, S., y J. John (1995). "Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom". *The Journal of The Learning Sciences*, 4 (2), 131-166.

Stake, R.E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ed. Morata, Madrid.

Stake, R.E. y J. Easley (1978). *Case studies in science education*. Urbana-Champaign. University of Illinois, Center for Instructional and Curriculum Evaluation.

Tobin, K. y J.J. Gallagher (1987). "What happens in high school science classrooms?" *Journal of Curriculum Studies*, 19, 549-560.

White, R.T. (1996). "The link between the laboratory and learning". *International Journal of Science Education*, 18 (7), 761-774.

Yager, R.E. (1983). "The importance of terminology in teaching K-12 science." *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 577-588.

Anexo I: Ficha correspondiente al modelo de partida

Nombres:

:
:

Curso: 1°__ Fecha:

PROYECTO 1: ÁCIDOS Y BASES

Se te van a dar cuatro disoluciones con las etiquetas X, Y, Z y T, en ellas habrá una disolución de un ácido fuerte, otra de una base fuerte de la misma concentración, otra será de bicarbonato (o carbonato ácido de sodio) y otra neutra, y NO NECESARIAMENTE EN ESE ORDEN. Has de encontrar un método que sin emplear ninguna sustancia química ni indicador, sólo los aparatos que creas convenientes, encontrar cual es el ácido y cual la base.

(Puedes emplear libros de texto o libros de Química que desees o puedas encontrar.)

TU PLAN:

Trabaja con tu compañero, intenta decidir que experiencias vas a hacer.

Debes emplear este espacio para poner breves notas sobre lo que vas a intentar.

(Si no tienes ideas después de haberlo pensado mucho, puedes preguntar al profesor para que te de alguna ayuda.)

DESPUÉS DE HABER ESCRITO TU PLAN:

1°.- Muéstrale tu método al profesor para que lo revise por seguridad.

2°.- Decide qué aparatos necesitas, reúne lo junto y entonces efectúa tus experimentaciones.

3ª.- Escribe tu método, resultados y conclusiones en la parte de atrás de esta hoja.

Anexo II : Ejemplos de problemas experimentales

Medidas de volúmenes, masas y densidades.

- Has de encontrar cuál tiene más masa: la gota de una bureta o de una pipeta.
- Has de encontrar cuál tiene más volumen, la gota de una pipeta o la de un cuentagotas.
- Determina la densidad de una moneda de 0,05
- Encuentra la densidad de un aceite de oliva.

Cantidad de sustancia.

- Prepara una disolución acuosa que contenga 602.300 billones de moléculas de sacarosa.
- Debes obtener una disolución acuosa que tenga 6,023 trillones ($6,023 \cdot 10^{18}$) de iones de sodio y de cloruro.
- Has de preparar una disolución acuosa que tenga 6,023 trillones ($6,023 \cdot 10^{18}$) de moléculas de alcohol etílico o etanol. El etanol que se te facilitará no es puro, tiene el 90 % de alcohol en masa siendo agua el resto.

Preparación de disoluciones.

- Eres un voluntario en un hospital de África en el que se acaba el suero y hay muchos niños deshidratados. Es necesario preparar una disolución con una concentración de 0,1 mol/l de cloruro sódico.
- Eres un bodeguero tramposo y quieres preparar un vino de 12° para lo que dispones de un alcohol muy barato de concentración de 16,5 mol/litro y una densidad de 0,83 g/cc.
- Has de preparar 500 ml de una disolución de sulfato de cobre (II) 0,25 M y en el laboratorio dispones de sulfato de cobre pentahidratado.

Cristalización.

- Dispones de sulfato de cobre (II) pentahidratado mezclado con arena, que es totalmente insoluble en agua. Has de calcular el rendimiento final de la purificación, es decir el porcentaje de sulfato de cobre obtenido de cada 100 gramos de mezcla.
- Dispones de sulfato de cobre (II) pentahidratado mezclado con arena, que es totalmente insoluble en agua. Has de calcular el rendimiento final de la purificación, es decir el porcentaje de sulfato de cobre obtenido de cada 100 gramos de mezcla.

Acido-base.

- Se te van a dar cuatro disoluciones con las etiquetas X, Y, Z y T, en ellas habrá una disolución de un ácido fuerte, otra de una base fuerte, y las otras serán neutras, y NO NECESARIAMENTE EN ESE ORDEN. Has de encontrar al menos cuatro modos distintos para encontrar cuál es el ácido y cuál la base.
- Los tres tubos etiquetados como A, B y C contienen diferentes disoluciones diluidas de ácido clorhídrico. ¿Puedes colocar las tres disoluciones en orden creciente de concentración usando una disolución de hidróxido de sodio de concentración conocida, p.ej. 0,1 M?
- Has de preparar disoluciones de pH 2, 4, 9, y 12, para lo que dispones de HCl y NaOH de concentración 0,1 M. Además debes indicar cómo verificarás que esas disoluciones tienen ese pH indicado.

ANEXO III: Ficha de trabajo

CLASE: NÚMEROS: PROYECTO:
NOMBRE Y APELLIDOS:
NOMBRE Y APELLIDOS:
NOMBRE Y APELLIDOS:



EL PROBLEMA:

Has de preparar 250 cc de un vinagre de concentración 0,5 M. Se dispone en el laboratorio de un ácido acético del 99,5 % de riqueza y densidad 1,051 g/cc
NOTA: Puedes emplear libros de texto, libros de datos o las notas de Química que desees



AYUDA:

El ácido acético ($\text{H}_3\text{C-COOH}$) tiene de masa molecular 60 u.m.a.
El vinagre es ácido acético diluido.



TU PLAN:

ESCRIBE BAJO ESTA LÍNEA TU PLAN PARA LO QUE QUIERES HACER:

NOTA:

Si no tienes ideas para un plan después de haberlo pensado, revisa la sección de ayudas, y si aún no encuentras ninguna solución, puedes preguntar a tu profesor para que te dé alguna pista.



DESPUÉS DE HABER ESCRITO TU PLAN:

1. Pregunta a tu profesor para que por seguridad, revise tu plan.
2. Decide qué aparatos necesitarás y pregunta a tu profesor por ellos.
3. AHORA EMPIEZA TUS EXPERIMENTOS.



1. ¿En qué consistía el problema que has resuelto? Explícalo brevemente.



2. Material que has necesitado.



3. ¿Cómo lo has ejecutado? ¿Qué manipulaciones u operaciones habéis realizado?



4. Cálculos que has tenido que realizar (resalta los resultados):



5. ¿A qué conclusiones habéis llegado?



6. Propón un problema parecido, que te parezca mejor o más bonito que el que has resuelto.