

Descripción de experiencias innovadoras para el trabajo experimental, gráfico, teórico o tecnológico y para la resolución de problemas.

La contextualización del trabajo de laboratorio. Una propuesta para un curso universitario de Química General

Juan Antonio Llorens Molina*

Abstract

The new trends in science learning laboratory work are characterized by emphasizing inquiry-type and subject-matter contextualized activities. From this point of view, laboratory work involves a very diversified set of activities which must be integrated in the whole course design. In this paper, several criteria are suggested to set laboratory work in its context. This analysis is done from a triple point of view: organizational issues, subject-matter selection and methodological aspects. At the end, a model to design an introductory chemistry course is proposed.

Introducción

Objetivo de este trabajo

El objetivo de este trabajo es la elaboración de una propuesta para el diseño y organización de un curso de química general que permita una adecuada contextualización e integración de las prácticas de laboratorio. Es importante precisar que la propuesta planteada no pretende constituir un ejemplo de la aplicación al trabajo de laboratorio de métodos investigativos o basados en la resolución de problemas, sobre los cuales existe una rica y abundante literatura. Nuestro objetivo es sugerir criterios y decisiones para la transformación de una práctica cotidiana en la que identificamos un conjunto de carencias teóricas y organizativas, contribuyendo a la creación de ambientes de aprendizaje más propicios para la introducción de dichos modelos de aprendizaje investigativo. La propuesta que ofrecemos ha ido configurándose a lo largo de cinco años consecutivos de experimentación en un curso cuatrimestral dirigido a estudiantes de primer curso de Ingeniería Técnica Agrícola.

El trabajo de laboratorio en las últimas décadas

La realización de trabajos experimentales en la enseñanza de la química es una práctica educativa sobre cuya conveniencia podemos aceptar la existencia de un consenso generalizado. Más aún, consideramos que, aunque la escasez de recursos, los problemas organizativos, etc., hayan limitado en muchas ocasiones su desarrollo, su mera realización ha constituido una permanente aspiración didáctica, considerándose por sí misma, tal vez de un modo excesivamente intuitivo, como un criterio de calidad en la enseñanza científica. No obstante, un somero análisis a la investigación didáctica realizada durante las últimas décadas muestra las notables divergencias existentes en cuanto a su fundamentación teórica, desarrollo metodológico, integración en el currículo, etc. Por una parte, hay evidencias de que los trabajos de laboratorio contribuyen a un mayor éxito en estudios de química posteriores —Sabri (1999), por ejemplo—. Por otra, diferentes revisiones publicadas (Miguens, 1991; Hodson, 1994; Hofstein y Lunetta, 2003; Hofstein, 2004, entre otros) presentan resultados contradictorios en cuanto a su influencia real en el aprendizaje, así como en su contribución a la adquisición de actitudes positivas hacia la ciencia en general.

Para comprender estas divergencias, debemos tener en cuenta que buena parte de la práctica habitual en el trabajo de laboratorio ha venido determinada durante décadas por dos concepciones profundamente ligadas a dos paradigmas educativos de notable influencia, tanto en la docencia ordinaria como en sus intentos de renovación. Por una parte, un enfoque de las prácticas de laboratorio inspirado en una concepción del aprendizaje como transmisión-asimilación de conocimientos. En él, la finalidad básica del trabajo experimental es la observación de hechos experimentales que ilustren los principios teóricos, la constatación de conocimientos presumiblemente adquiridos y, paralelamente, la adquisición de técnicas y habilidades. Esta adquisición se plantea además, frecuentemente, como una finalidad en sí misma y al margen de los problemas

* Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología Universidad Politécnica de Valencia (España).

Avda. Vicente Blasco Ibáñez, 21, 46010 Valencia.

Correo electrónico: juallom2@qim.upv.es

Recibido: 16 de abril de 2007; aceptado: 5 de junio de 2007.

y conceptos que les dan sentido. Por otra parte, también han tenido un considerable impacto, tal vez mayor en niveles básicos, las corrientes inductivistas inspiradas en una concepción del aprendizaje como descubrimiento autónomo. Estos enfoques han sido profundamente cuestionados por su visión simplista de la metodología científica, descuidando aspectos clave de la misma (Hodson, 1994; Salcedo *et al.*, 2005).

Un análisis similar podría realizarse acerca de las propuestas relacionadas con la aplicación, tal vez excesivamente rígida, de los modelos de cambio conceptual que, allá por la década de los 80, surgieron en el contexto del gran desarrollo que adquirió la investigación basada en el estudio de los errores conceptuales y esquemas conceptuales alternativos de los estudiantes. Sin embargo, la evolución de estos modelos incorporando los aspectos metodológicos y actitudinales del aprendizaje, así como una aproximación más adecuada desde el punto de vista epistemológico a la naturaleza del trabajo científico, propició en la década de los 90 un notable impulso a la investigación didáctica sobre el trabajo de laboratorio (Gil y Valdés, 1996).

Podemos distinguir dos factores clave en el origen de esta nueva orientación: por una parte, el establecimiento de un amplio consenso teórico en torno a una concepción socioconstructivista del aprendizaje, que proporciona un sólido fundamento teórico a un modelo de aprendizaje investigativo, basado en situaciones problemáticas abiertas abordadas en contextos colaborativos (Gil y Valdés, 1996).

Al mismo tiempo, la irrupción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) nos ha proporcionado instrumentos para el acceso a la información y para la creación de espacios interactivos virtuales que favorecen notablemente los procesos de discusión y puesta en común, contribuyendo decisivamente al desarrollo del aprendizaje cooperativo y colaborativo. Ello afecta decisivamente al trabajo en el laboratorio ya que muchos de sus objetivos tradicionales pueden lograrse más eficazmente con las nuevas tecnologías, como ocurre, por ejemplo, con la adquisición de datos o la observación de ciertos hechos experimentales. Ahora bien, la disposición de estos recursos, lejos de hacer innecesario el trabajo en el laboratorio, le abre nuevas y prometedoras perspectivas al permitirnos una mayor dedicación a los aspectos más relevantes y genuinos del trabajo científico como el planteamiento y contrastación de hipótesis, la discusión de diseños experimentales, etc. De este modo, existe

actualmente un panorama especialmente rico y sugestivo en la investigación sobre el trabajo de laboratorio, donde problemas tales como la evaluación, la redacción de informes, las interacciones durante las sesiones de trabajo, etc. son objeto de creciente atención (Hofstein y Lunetta, 2003).

Nuestro punto de partida

Frente a todas estas expectativas generadas por la investigación didáctica, la realidad de nuestro trabajo en el laboratorio se halla frecuentemente condicionada por carencias teóricas, metodológicas y organizativas que obstaculizan su transformación. El problema que nos planteamos en muchos contextos educativos es, en primer lugar, identificar dichas carencias y, posteriormente, establecer criterios y adoptar decisiones que contribuyan a crear ambientes de aprendizaje que favorezcan la introducción de metodologías inspiradas en una orientación socioconstructivista del aprendizaje.

El contexto educativo en el que se plantea este trabajo, que no lo consideramos, ni mucho menos, una excepción en nuestro entorno universitario, viene determinado por un conjunto de rasgos que configuran lo que podríamos denominar enfoque tradicional de las prácticas de laboratorio.

En primer lugar, hemos de aludir a la aceptación acrítica de su conveniencia, sin una mayor profundización en sus objetivos y metodología. Esta actitud podría vincularse con el denominado pensamiento docente espontáneo (Pessoa de Carvalho, 1993), según el cuál la visión del profesorado acerca del trabajo en el laboratorio tendría sus orígenes en su propia experiencia como alumnado. Ello se traduce habitualmente en la ausencia de modelos teóricos explícitos que orienten el diseño, desarrollo y evaluación del trabajo en el laboratorio.

Esta ausencia de modelos teóricos se traduce en una evidente pobreza epistemológica, de manera que sus objetivos suelen limitarse habitualmente a la adquisición de habilidades y técnicas experimentales, más o menos relacionadas con el contenido del curso, así como a la mera ilustración y constatación de principios teóricos, no incorporando estrategias de carácter investigativo.

Coincidiendo con Domin (1999), estas insuficiencias teóricas determinan uno de los rasgos más característicos de la concepción tradicional de las prácticas de laboratorio: su descontextualización con respecto al resto de la asignatura y de los estudios de los que forma parte.

La descontextualización del trabajo en el laboratorio

La manifestación más evidente de la descontextualización del trabajo experimental es el desarrollo paralelo e independiente de las sesiones de prácticas frente a las de “teoría”, no formando parte de un diseño global común de la asignatura en cuanto a contenidos, objetivos, aspectos metodológicos, etc. De este modo, las prácticas de laboratorio acaban constituyendo unidades de aprendizaje notoriamente desvinculadas del resto de la materia. En ellas se pretende que en un breve espacio de tiempo nuestros alumnos sean conscientes del problema que van a abordar, recuerden o aprendan sus fundamentos teóricos, planifiquen y ejecuten un experimento.

En ocasiones, también se les exige ser capaces de discutir y valorar sus resultados, extraer conclusiones y relacionar las tareas realizadas con otros contenidos de la asignatura en la propia sesión. La descontextualización es pues un obstáculo evidente ante cualquier intento de desarrollar competencias de elevado nivel cognitivo relacionadas con el trabajo cooperativo y colaborativo, con el aprendizaje basado en problemas y con el estímulo de la actividad metacognitiva. De hecho, la descontextualización del trabajo experimental propicia su planteamiento como receta, es decir, como la ejecución de una secuencia predeterminada de operaciones transmitidas al alumnado que deben llevar indefectiblemente y de modo unívoco al “resultado correcto”.

Por otra parte, este modo de desarrollar las prácticas de laboratorio da lugar a un elevado nivel de *ruido*, entendiéndolo éste como la recepción por los alumnos de una información escasamente estructurada y jerarquizada (Johnstone y Letton, 1990), constituida por un elevado y heterogéneo número de unidades de muy distinto nivel cognitivo, a veces escasamente relevante, y que oculta los aspectos esenciales y el significado del trabajo que realiza (*señal*) (Byrne, 1990).

¿Qué pretendemos lograr a través del trabajo en el laboratorio? Diversos métodos para distintos objetivos

Una conclusión evidente de las reflexiones formuladas hasta ahora es que la integración del trabajo experimental en un curso de química requiere un replanteamiento global de su naturaleza y objetivos, superando la tradicional división entre problemas, prácticas y teoría (Gil, D. *et al.*, 1999). Al mismo tiempo, el concepto de trabajo práctico ya no puede quedar limitado al trabajo experimental, pues, tal

como ya hemos señalado, las nuevas tecnologías pueden facilitar con mayor eficacia el acceso a la observación, la obtención de datos experimentales, etc. Estas reflexiones deben llevarnos a cambiar radicalmente algunas de nuestras preguntas habituales: ¿Qué prácticas proponemos? ¿Cómo podemos rentabilizarlas desde el punto de vista de los objetivos de la clase de “teoría”?, etc., por otras como: ¿Qué competencias pretendemos que los alumnos desarrollen? ¿Qué secuencias de aprendizaje planteamos y con qué metodología? ¿Qué lugar tienen y qué función cumplen en dichas secuencias los recursos experimentales? ¿Cómo se concreta el uso de estos recursos en el diseño y organización de sesiones de trabajo en el laboratorio?

Para dar respuesta a estos problemas es necesario, en primer lugar, evitar un error bastante frecuente en la investigación e innovación educativas: la confusión entre la fundamentación teórica como conjunto de principios que inspiran una propuesta didáctica y los criterios organizativos y metodológicos que de ellos se derivan. Éstos, obviamente, son consecuencia de los principios teóricos pero no determinan necesariamente su identidad. Así, desde una orientación teórica dada, pueden establecerse enfoques metodológicos diferentes en función de los objetivos que se pretende lograr y del contexto en que se aplica cada actividad. No es lo mismo, por ejemplo, indagar sobre la naturaleza electroquímica de la corrosión, que aprender a manejar un nuevo modelo de cromatógrafo de gases o reconocer la presencia de un catión por la formación de un precipitado característico.

En este sentido, puede ser útil el análisis que Domin (1999) lleva a cabo desde una triple perspectiva: el objetivo del trabajo en el laboratorio, su enfoque epistemológico y el modo de llevarlo a la práctica. El citado autor distingue cuatro estilos didácticos: expositivo, investigativo, por descubrimiento y basado en la resolución de problemas. Esta distinción la establece en función de tres descriptores: objetivo (predeterminado o indeterminado), enfoque (deductivo o inductivo) y origen del procedimiento experimental (proporcionado por el profesor o generado por el alumno). En una misma línea, Bennet (1998) realiza un detallado análisis de las destrezas desarrolladas en los trabajos de laboratorio, estableciendo una clasificación basada en su mayor o menor apertura y en el grado en que incorporan los procesos de investigación. A partir de estas consideraciones podríamos distinguir tres tipos de trabajo experimental:

- a) El que forma parte de secuencias inspiradas en el aprendizaje basado en problemas o en el investigativo. Podrían incluirse las actividades encaminadas a la introducción de conceptos, así como las que tienen por objeto la adquisición de competencias de una elevada demanda cognitiva, tales como la capacidad para analizar críticamente un diseño experimental, introducir en él las modificaciones correspondientes, planificar el trabajo cooperativo y colaborativo, etc.
- b) El aprendizaje de técnicas específicas que constituyen recursos metodológicos necesarios en actividades más complejas, incluyendo evidentemente el manejo de los equipos e instrumentos habituales del laboratorio. En estas actividades predominaría el denominado estilo expositivo, siendo las competencias más características las relacionadas con la manipulación, la recogida y proceso de los datos, etc.
- c) Por último, las actividades encaminadas a ampliar el campo de conocimiento factual de los alumnos, ligadas al desarrollo de destrezas cognitivas tales como la observación y la descripción. Diferentes autores aluden a esta necesaria familiarización con nuevos fenómenos, ampliando el campo de experiencia del alumno (Woolnough, 1985; Hodson, 1994). Los estilos implicados serían principalmente el expositivo y por descubrimiento.

Una propuesta para la contextualización del trabajo de laboratorio

Criterios generales

Partiendo de los diversos objetivos que pueden asignarse al trabajo experimental y desarrollando los criterios propuestos por Shiland (1999) desde una concepción constructivista del aprendizaje, sugerimos un conjunto de propuestas metodológicas para una integración más adecuada del trabajo experimental en los currícula de química.

Aspectos organizativos

En primer lugar, desde el punto de vista organizativo, el trabajo de laboratorio debe constituir un elemento más en el diseño global del curso, formando parte de secuencias de actividades cada vez más amplias y con unos objetivos claros y definidos dentro de las mismas. Una práctica habitual que contribuye al logro de este objetivo es la realización de actividades *pre-laboratorio* y *post-laboratorio*, las

primeras para establecer los objetivos de cada sesión y para introducir los conceptos y métodos necesarios para su desarrollo; las segundas, para establecer conexiones con el resto de contenidos del curso y consolidar los conocimientos adquiridos. Las actividades prelaboratorio han sido evaluadas con éxito (Charlesworth, 2006). Algunos ejemplos de este tipo de actividades son la elaboración de diagramas de flujo (Davidowitz, 2001) o de mapas conceptuales (Markow, 1998).

Selección del contenido

En segundo lugar, por lo que respecta al contenido del trabajo en el laboratorio, podrían sugerirse los siguientes principios:

- El trabajo de laboratorio ha de incluir actividades de elevada demanda cognitiva, que incorporen elementos del aprendizaje basado en situaciones problemáticas abiertas. Éstas deben ser significativas, es decir, deben ser percibidas por los alumnos como tales y ello exige tener en cuenta sus esquemas conceptuales previos, así como su nivel de destrezas metodológicas. Por otra parte, estas actividades han de situarse en la denominada por Vygotsky (1984) *zona de desarrollo próximo*, que puede definirse como el espacio dinámico entre el nivel de competencias de un estudiante de forma individual, denominado nivel de desarrollo real, y el nivel de calidad alcanzado en dichas competencias cuando ese mismo estudiante recibe la ayuda de un compañero más capaz, denominado nivel de desarrollo potencial.
- En cuanto a los métodos y técnicas, pueden establecerse algunos criterios para su selección. En primer lugar, su relevancia conceptual. Es evidente, por ejemplo, que en un primer curso universitario de química, una actividad basada en la preparación y normalización de disoluciones debe tener un lugar indiscutible por el carácter fundamental de los conceptos implicados y su utilidad. Lo mismo puede decirse de las actividades que implican procesos de carácter transversal, siendo comunes a un amplio conjunto de métodos, como, por ejemplo, la obtención y aplicación de una curva de calibrado.

Aspectos metodológicos

En cuanto al desarrollo de las sesiones de trabajo en el laboratorio, podemos formular las siguientes reflexiones:

- Es necesario modificar progresivamente los papeles de profesores y alumnos, avanzando hacia una consideración del docente como gestor y facilitador del aprendizaje. En el laboratorio este papel consiste principalmente en sugerir problemas, reconducir las preguntas de los alumnos y promover la reflexión sobre los errores, en oposición a una función centrada principalmente en transmitir conocimiento ya elaborado, resolver incidencias de todo tipo y “saber lo que tiene que ocurrir”.
- Es también importante otorgar una especial relevancia a los procesos de metacognición y retroalimentación. En este sentido es fundamental el papel de los materiales didácticos y de los informes. En el primer caso, porque constituyen la referencia básica del trabajo en el laboratorio (Johnstone y Letton, 1990). En segundo lugar, porque la tarea de escribir es esencial para promover la reflexión y el establecimiento de relaciones y lograr una visión global del proceso. Debe destacarse, en este sentido, la creciente importancia otorgada a las tareas escritas asociadas al trabajo en el laboratorio, en la línea de iniciativas tales como el LabWrite Project (2007). La importancia del cuaderno de laboratorio es también destacada por autores como Byrne (1990) que propone estructuras concretas para su confección. Algunos autores como Olney (1997) recomiendan la reelaboración de los protocolos experimentales mediante la adaptación de los propuestos en los manuales. Otras iniciativas se basan en la introducción en los informes de laboratorio de la estructura típica de los trabajos científicos (Whelan, 2003) o en su utilización como punto de partida para el aprendizaje de destrezas de expresión escrita (Tilstra, 2001)
- Debe prestarse particular atención a la componente social del aprendizaje, propiciando abundantes oportunidades para que los alumnos expliquen, discutan, acuerden y negocien sus puntos de vista. En definitiva, estableciendo una organización del trabajo basada en el aprendizaje cooperativo y colaborativo.

La evaluación

Un importante aspecto metodológico es el papel asignado a la evaluación. El papel meramente complementario que a veces se concede al trabajo en el laboratorio es reforzado frecuentemente por criterios de evaluación que se concretan en una pequeña contribución a la calificación final. Al mismo tiempo,

la evaluación formativa apenas si se considera, ya que unas actividades prácticas fragmentadas y desvinculadas del desarrollo del curso, no suelen proporcionar muchas oportunidades de realimentación.

Sin embargo, un adecuado desarrollo del trabajo experimental en su contexto exige abordar su evaluación, que necesariamente deberá ser compleja como lo son las propias actividades. En este sentido, los métodos cualitativos basados en el paradigma de investigación naturalista: observación participante, entrevistas, análisis de secuencias de actividad, etcétera, pueden ser una valiosa ayuda como puede apreciarse en trabajos tales como Teixeira-Dias *et al.* (1999) sobre la generación de preguntas durante las sesiones de laboratorio. También cabe citar la aplicación de métodos como las parrillas de observación para evaluar el propio desarrollo de una actividad experimental, principalmente, en lo que respecta a las habilidades manipulativas y a la aplicación correcta de los métodos experimentales (Shymansky, 1979; Manuales CIFEC, 1988). Hofstein, A.; (2004) describe en su revisión los métodos habitualmente empleados: examen de prácticas o cuestionarios escritos, así como las estrategias de evaluación formativa basada en los “hot reports” (informes producidos por los grupos a lo largo de todo el proceso, en el propio laboratorio o inmediatamente después) y la observación del profesor. También ha ido adquiriendo una importancia progresiva su integración en el denominado “portafolio” del estudiante (Adamchik, 1996; Phelps, 1997), así como la introducción de técnicas como los carteles, típicas de la comunicación científica (Kennedy, 1985).

Organización y desarrollo del trabajo de laboratorio en un curso universitario de química general

Las características generales del curso que se propone como ejemplo y las alternativas sugeridas para la evaluación vienen descritas en anteriores trabajos (Llorens, 2005a, 2005b, 2006). La característica fundamental de nuestra propuesta es la distribución de los contenidos en el conjunto de actividades del curso, de modo que ninguna de ellas posea un carácter accesorio. De este modo, tanto el trabajo experimental como la realización de trabajos monográficos de profundización en pequeños grupos no están concebidos exclusivamente para ilustrar o ampliar los contenidos de carácter conceptual introducidos en las sesiones de clase ordinarias, sino que sirven de contexto y cauce específico para la introducción

de otros contenidos del curso. Así, los conceptos de carácter más general y de mayor nivel cognitivo son tratados en las sesiones presenciales ordinarias, pero las aplicaciones prácticas y los contenidos de carácter descriptivo son desarrollados a través de trabajos monográficos vinculados a los experimentales. Las sesiones de laboratorio, con sus actividades asociadas, tanto previas como posteriores, se dedican también a la revisión de aquellos conceptos que, por el enfoque de la asignatura, no son introducidos conceptualmente a mayor nivel sino que se plantean como una revisión de contenidos de cursos anteriores.

Elementos del diseño del curso y su descripción

Los tipos de actividades que constituyen el modelo de curso propuesto son:

- Clases presenciales.
- Trabajo de laboratorio.
- Tutorías de apoyo.
- Seminarios (prelaboratorio).
- Trabajos monográficos en grupo.

Clases presenciales

En ellas se desarrolla un programa de actividades básicas que conjuga tanto la realización de ejercicios en pequeños grupos, las explicaciones del profesor y la formulación y discusión de cuestiones para todo el grupo mediante la aplicación de la técnica ConceptTest (Kovac, 1999)

Trabajo de laboratorio

Las sesiones de laboratorio tienen una duración de dos horas y el alumnado está agrupado en parejas, las cuales realizan conjuntamente el trabajo experimental. Las dos parejas que comparten una misma mesa constituyen habitualmente un grupo de cuatro alumnos para la realización de los trabajos monográficos. Desde el punto de vista del contenido, las sesiones de laboratorio se hallan siempre enmarcadas dentro de las tareas ordinarias de la asignatura, de manera que aunque se dedican principalmente al trabajo manipulativo, éste ha sido previamente planteado, discutido y fundamentado teóricamente en las clases anteriores. Del mismo modo, en la clase posterior pueden discutirse los resultados, establecerse conclusiones, etc. Además, en las propias sesiones de laboratorio hay espacios dedicados a la evaluación de conocimientos previos (cada sesión experimental comienza con un pequeño test de opción múltiple sobre los objetivos y fundamentos teóricos de la práctica, que es calificado) y a pequeñas explicacio-

nes para organizar y orientar el trabajo. Se incluye una sesión final de recapitulación, en la que se proporcionan orientaciones para la elaboración de las memorias. Las actividades experimentales que proponemos giran en torno a los siguientes problemas, relacionados entre sí:

- Relación entre la composición de una aleación (acero) y sus propiedades.
- La corrosión, analizando las formas alternativas de protección y prestando especial atención a la protección catódica por su fundamentación electroquímica.
- La aplicación de los polímeros como materiales alternativos y la extensión de su estudio a algunas reacciones de síntesis de polímeros, así como a algunos métodos sencillos para su identificación.

La elección de estos temas como hilo conductor responde a las características específicas de la especialidad “Mecanización Agraria y Construcciones Rurales”, donde se pretende apoyar la asignatura “Ciencia de los Materiales” posterior. También se incide en aspectos relacionados con las propiedades físicas y químicas de materiales de amplio uso agrícola: polímeros en invernaderos e instalaciones de riego, aceros en maquinaria y estructuras metálicas, etc.

Seminarios de apoyo a las clases prácticas (pre-laboratorio)

En aquellas actividades experimentales de mayor complejidad, que requieren un fundamento teórico más avanzado, se realizan sesiones presenciales previas para tratar el problema que va a abordarse en el laboratorio, realizar ejercicios sobre los cálculos que van a ser necesarios, introducir algún nuevo concepto, etc. Concretamente, se realizan los siguientes:

- Espectrofotometría UV-visible.
- Revisión de los conceptos de ácido-base y cálculos sencillos sobre el pH de disoluciones.
- Revisión de los conceptos de oxidación-reducción y su aplicación a las pilas galvánicas, estableciendo la escala de potenciales de reducción.

Tutoría de apoyo

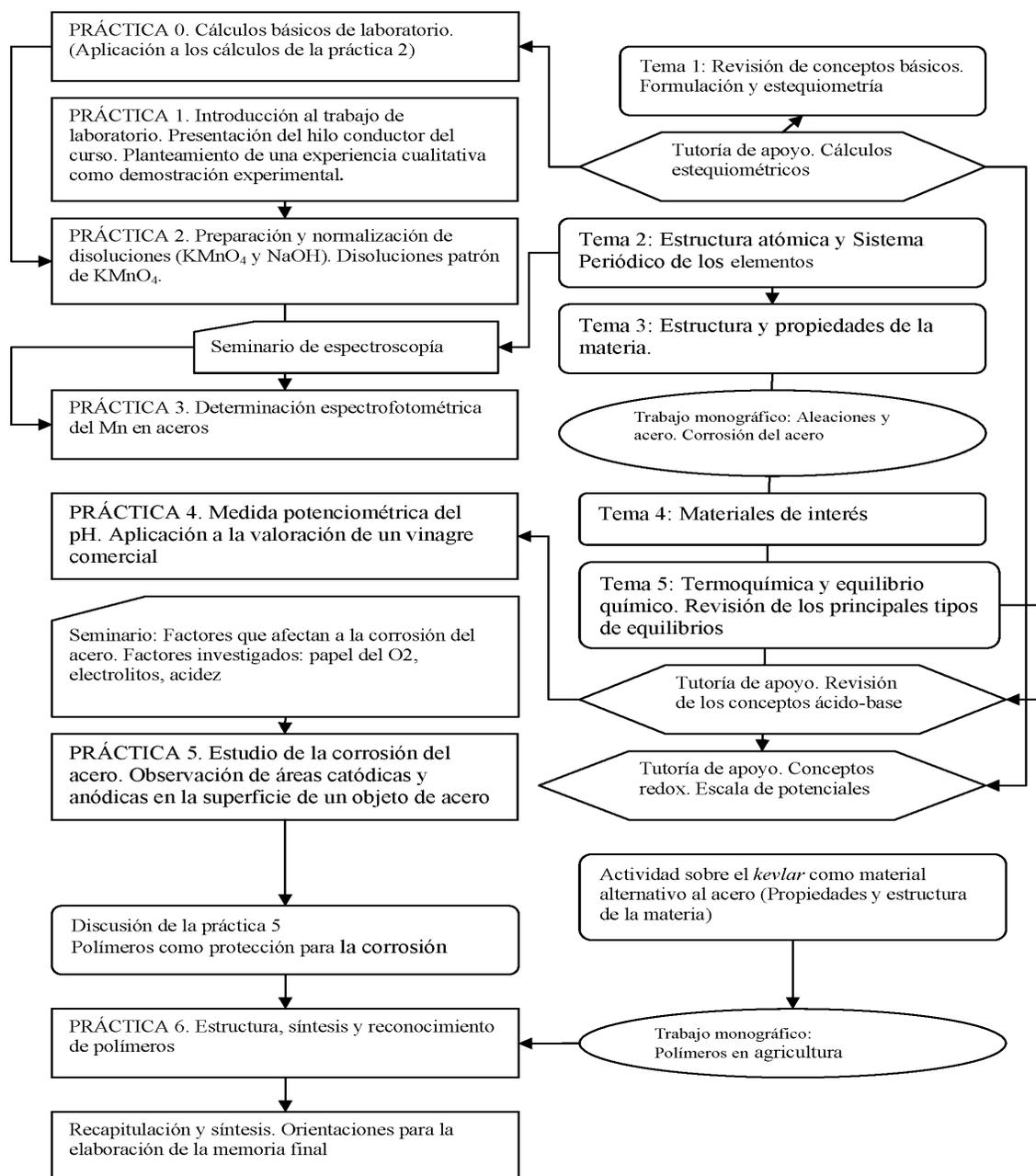
La tutoría de apoyo consiste en un conjunto de sesiones presenciales de carácter voluntario desarrolladas a lo largo del curso, cuyo objetivo es nivelar conocimientos previos. Se entiende que es un trabajo suplementario que realizan aquellos alumnos en cuya evaluación inicial se detectan insuficiencias importantes.

Trabajos monográficos en pequeños grupos

Consisten en una búsqueda bibliográfica, la elaboración de un informe y un resumen del mismo y una breve exposición en power-point. Los temas tratados pretenden establecer los problemas sobre los que se posteriormente se desarrollan los trabajos experimentales:

- Naturaleza de las aleaciones y composición de los aceros. Influencia de determinados metales como el Mn. La corrosión del acero: naturaleza electroquímica e impacto económico.
- Los polímeros en la actividad agrícola.

La estructuración de estas actividades en el curso queda reflejada en el siguiente diagrama:



Un análisis crítico sobre la aplicación de este modelo de curso. Perspectivas abiertas

Un análisis más detallado acerca de los resultados de este curso y de la valoración por el alumnado de sus diferentes aspectos puede hallarse en el trabajo ya citado (Llorens, 2005a). Nos centraremos ahora, desde un punto de vista meramente descriptivo y a modo de reflexión tras cinco cursos consecutivos de aplicación de este modelo, en los problemas de carácter general.

Si hubiera que destacar un problema a la hora de transformar los trabajos de laboratorio sería el de la percepción que el alumnado en general tiene del mismo. Resulta realmente muy costoso superar esa visión complementaria cuando no lúdica del laboratorio, cuya manifestación metodológica es la exagerada dependencia de un guión que indique en cada momento qué hacer y cómo. Si el impacto en la calificación es significativo (en nuestro caso, en torno al 50 %), puede observarse un cierto cambio de actitud que suele llegar demasiado tarde. Así, aunque la participación en las clases de laboratorio y su propio desarrollo pueden considerarse razonablemente satisfactorios, puede apreciarse una insuficiente dedicación a las actividades asociadas —previas y posteriores.

Otro importante problema del modelo de curso experimentado es su vulnerabilidad desde el punto de vista de la coordinación temporal de las diferentes actividades. En cuanto a la gestión de los laboratorios, por ejemplo, no es siempre sencilla la adaptación del trabajo experimental al resto de contenidos del curso. Por otra parte, la sincronización de actividades diversas en torno a un hilo conductor exige por parte del alumnado una dedicación muy continuada. En este sentido, la evaluación formativa desempeña un papel crucial, que debe corresponderse también con un peso significativo en la calificación.

Otro problema importante es la dificultad que el alumnado tiene para comprender los objetivos de cada tipo de actividad y captar su sentido en el contexto del curso. Generalmente, el alumnado está acostumbrado a un currículo lineal donde cada clase es como la anterior y donde exposición teórica, realización de ejercicios y trabajo de laboratorio son actividades completamente delimitadas y relativamente independientes. Otras actividades como los trabajos monográficos se perciben como complementarias e incluso como un medio para “suavizar” las calificaciones. Estas inercias suelen chocar frontalmente con cualquier propuesta innovadora y obli-

gan a invertir un esfuerzo suplementario en su explicación. Una vez más, la clave es la actividad metacognitiva, (Parolo, M. E. *et al.*, 2004) a la que no se presta la atención que requiere, pese a constituir uno de los elementos básicos de la orientación constructivista. No olvidemos que uno de sus rasgos definitorios es la responsabilidad del alumno acerca de su propio aprendizaje.

En cuanto a los logros obtenidos, el que los trabajos de laboratorio posean un hilo conductor y se hallen interrelacionados con el resto del curso mejora el grado de motivación e interés. También se ha observado progresivamente una mayor participación en las tutorías, espacios de atención personalizada al alumnado, tan decisivas en cualquier propuesta de metodología activa. No obstante, centrándonos estrictamente en el trabajo experimental, lo más positivo haya sido la mayor calidad de las propias sesiones de laboratorio. El “ruido” es menos acusado ya que el contenido de cada sesión de laboratorio se halla mucho mejor delimitado al estar integrado en secuencias de aprendizaje más amplias que incluyen sesiones ordinarias de clase. De este modo, es posible disminuir la densidad de información que el alumnado debe procesar durante el trabajo en el laboratorio. Ello puede explicar, por ejemplo, el hecho de que hayan podido realizarse satisfactoriamente actividades como la determinación espectrofotométrica de Mn en aceros que, en principio, podrían considerarse excesivamente complejas en un primer curso universitario con muchos alumnos con nula experiencia en el laboratorio de química. ▀

Referencias bibliográficas

- Adamchik, C.F. The Design and Assessment of Chemistry Portfolios, *Journal of Chemical Education*, **73**(6) 528, 1996.
- Bennet, S.W., O’Neale, K. Skills Development and Practical Work in Chemistry, *University Chemistry Education*, **2**(2) 58-62, 1998.
- Byrne, M.S., More Effective Practical Work, *Education in Chemistry*, **27**(1) 12-13, 1990.
- Charlesworth, B. *et al.* <http://chemical.chemistry.unimelb.edu.au/about/uniservePrelabs.pdf> (acceso 26/01/07).
- CIFEC *Manuel d’expériences de chimie*. Société Chimique de France. Université de Montpellier, 1988.
- Davidowitz, B., Rollnick, M. Effectiveness of Flow Diagrams as a Strategy for Learning in Laboratories, *Australian Journal of Education in Chemistry*, **57**, 18-24, 2001.

- Domin, D. S. A Review of Laboratory Instruction Styles, *Journal of Chemical Education*, **76**(4) 543-547, 1999.
- Gil, D. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las Ciencias*, **17**(2) 311-320, 1999.
- Gil, D.; Valdés, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo, *Enseñanza de las Ciencias* **14**(2) 155-163, 1996.
- Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(3) 299-313, 1994.
- Hofstein, A. The laboratory in Chemistry Education: thirty years of experience with developments, implementation and research, *Chemistry Education: Research and Practice*, **5**(3) 247-264, 2004.
- Hofstein, A.; Lunetta, V.N. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century, *Science Education*, **88**, 28-54, 2003.
- Johnstone, A.H.; Letton, K.M. Investigating undergraduate laboratory work, *Education in Chemistry*, **27**(1) 9-11, 1990.
- Kennedy, J.H. Poster Presentations for Evaluating Laboratory Coursework, *Journal of Chemical Education*, **62**(12) 1104-1105, 1985.
- Kovak, J. Student Active Learning Methods in General Chemistry, *Journal of Chemical Education*, **76**(1) 120-124, 1999.
- LabWrite Project 2000. <http://www.ncsu.edu/labwrite/res/res-studntintro-homr.html> (acceso: 31/05/07).
- Llorens, J.A. *La adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior: organización de los contenidos y estrategias de evaluación en un curso de química general*. VII Congreso Internacional de Didáctica de la Ciencias. Granada, 2005.
- Llorens, J.A.; López, R. *Los trabajos prácticos de química en los niveles iniciales de la enseñanza universitaria: aplicación a un primer curso de Ingeniería Técnica Agrícola*. Jornada sobre Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos. Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- Llorens, J.A. *Investigación sobre la evaluación en un curso universitario de química general*. En Watts, F. y García, A. (eds.) *La Evaluación Compartida: Investigación Multidisciplinar*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia (España), 2006.
- Markow, P.G.; Lonning, R.A. Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories: Students' Perceptions and Effects on Achievements, *Journal of Research in Science Teaching*, **35**(9) 1015-1029, 1998.
- Miguens, M.; Garret, R.M. Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades, *Enseñanza de las Ciencias*, **9**(3) 229-236, 1991.
- Olney, D. On Laboratory work, *Journal of Chemical Education*, **74**(11) 1343, 1997.
- Parolo, M.E., Barbieri, L.M., Chrobak, R. La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de química universitaria, *Enseñanza de las Ciencias*, **22**(1) 79-92, 2004.
- Pessoa de Carvalho, A.M.; Gil, D. *Formação de Professores de Ciências*. Cortez Editora, Sao Paulo, 1993.
- Phelps, A.J.; LaPorte, M.M.; Mahood, A. Portfolio Assessment in High School Chemistry: One Teachers Guidelines. *Journal of Chemical Education*, **74**(5) 528, 1997.
- Sabri, K.S. *Research in Post-Compulsory Education*, **4**(1) 87-96, 1999.
- Salcedo, L. *et al.* Las prácticas de laboratorio en la Enseñanza de la Química en Educación Superior, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso, 2005.
- Shiland, T.W. Constructivism: The implications for Laboratory Work, *Journal of Chemical Education*, **76**(1) 107, 1999.
- Shymansky, J.A., Penick, J.E. Use of Systematic Observations to Improve College Science Laboratory Instruction, *Science Education*, **63**(2) 195-203, 1979.
- Teixeira-Dias, J.; Pedrosa de Jesús, M.H.; Neri de Souza, F.; Watts, M. Teaching for Quality Learning Chemistry, *International Journal of Science Education*, **7**(9) 1123-1137, 1999.
- Tilstra, L. Using Journal Articles to Teach Writing Skills for Laboratory Reports in General Chemistry, *Journal of Chemical Education*, **78**(6) 762-764, 2001.
- Vygotsky, L.S. *Obras Escogidas (III)*. Visor Aprendizaje, Madrid, 1984.
- Whelan, R.J.; Zare, R.N. Teaching Effective Communication in a Writing-Intensive Analytical Chemistry Course, *Journal of Chemical Education*, **80**(8) 904-906, 2003.
- Woolnough, B. and Allsop, T. *Practical Work in Science*. Cambridge: University Press, 1985.