



Desarrollo de líneas experimentales para su aplicación en los Trabajos de Fin de Grado en Química*



Germán López-Pérez

Departamento de Química Física de la Universidad de Sevilla | gerlopez@us.es



Manuel María Domínguez Pérez

Departamento de Química Física de la Universidad de Sevilla | domingue@us.es



Domingo González-Arjona

Departamento de Química Física de la Universidad de Sevilla | dgonza@us.es



Antonio Gustavo González González

Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla | agonzale@us.es



María Jesús Martín Valero

Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla | mmartin@us.es



Rut Fernández Torres

Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla | rutf@us.es



Mercedes Villar Navarro

Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla | mvn@us.es



Juan Vázquez Cabello

Departamento de Química Orgánica de la Universidad de Sevilla | cabello@us.es

| Fecha presentación: 07/10/2011 | Aceptación: 22/02/2012 | Publicación: 20/06/2012

Resumen

Desde el punto de vista académico, los Trabajos Fin de Grado en Ciencias Químicas se presentan como proyectos experimentales relacionados con problemas reales, orientados a progresar en conocimientos y fortalecer competencias adquiridas, convirtiéndose en claves del currículo para el mundo profesional. Se abordan una serie de proyectos de laboratorio como una aproximación más realista al aprendizaje integral. La metodología docente propuesta favorece la búsqueda de información, pensamiento crítico, superación continua y éxito de los estudiantes, similar a la que se realiza en el mundo real, estimulando su interés y motivación durante el proceso de aprendizaje.

Palabras clave: Trabajos fin de grado, Proyectos experimentales integrales, Enseñanza multidisciplinar

Resum

Des del punt de vista acadèmic, els Treballs Fi de Grau en Ciències Químiques es presenten com a projectes experimentals relacionats amb problemes reals, orientats a progressar en coneixements i enfortir competències adquirides, convertint-se en claus del currículum per al món professional. S'aborden una sèrie de projectes integrals de laboratori com una aproximació més realista a l'aprenentatge integral. La metodologia docent proposada afavoreix la busca d'informació, pensament crític, superació contínua i èxit dels estudiants, semblant a la que es realitza en el món real, estimulant el seu interès i motivació durant el procés d'aprenentatge.

Paraules clau: Treballs fi de Grau, Projectes experimentals integrals, Ensenyament multidisciplinari

Abstract

From the academic point of view, the bachelor thesis in Chemistry is presented as a project based on a real problem. The goal is to progress in strengthening knowledge and skills already acquired. This is a key element for the students' curricula related to their integration into the professional world. A comprehensive series of laboratory projects have been developed as a more realistic approach to the concept of integral learning. Teaching methodology promotes information searching, critical thinking, continuous improvement and success. The procedure is performed in conditions close to the real world, stimulating interest and motivation during the learning process.

Key words: Bachelor thesis, Experimental integral projects, Multidisciplinary teaching

* Convocatoria de Proyectos de Innovación y Mejora Docente. I Plan Propio de Docencia, Universidad de Sevilla.



1. Introducción

Los nuevos títulos de Grado en Química incluyen una asignatura con un perfil especial, que no existía en los anteriores planes de estudios, y que se denomina Trabajo Fin de Grado (TFG), de carácter troncal y obligatorio para todos los alumnos que cursan la titulación con una carga lectiva de 18 créditos ECTS¹. Según las directrices del documento de verificación del título: “*el trabajo a desarrollar por los estudiantes en ningún caso será exclusivamente bibliográfico, deberá ser original y consistente en un proyecto integral en el ámbito de la Química, en el que se desarrollen las competencias adquiridas en las distintas materias de la titulación. Su realización podrá corresponder a un caso real que pueda presentarse en la realización de prácticas en empresas, a trabajos de introducción a la investigación, o actividades de otro tipo que se determinen por la universidad*”.

De acuerdo a esta definición, el TFG debe presentarse como un proyecto eminentemente práctico, orientado a progresar en los conocimientos y a fortalecer las competencias adquiridas a lo largo del Grado, convirtiéndose en un elemento clave del currículo de los estudiantes puesto que puede facilitar su inserción en el mundo profesional. El TFG debe proporcionar oportunidades al estudiante para favorecer su desarrollo personal, tiene que integrar, aplicar e incorporar competencias (autonomía, iniciativa, puesta en práctica y desarrollo de conocimientos), habilidades y estrategias adquiridas anteriormente, así como dar solución eficiente a los problemas derivados del propio trabajo propuesto. Por estos motivos, es necesario que se establezcan unas líneas de TFG prioritarias por parte de los docentes que integren unas metodologías adecuadas para fortalecer el proceso de aprendizaje. Así, se permite que los estudiantes puedan alcanzar todos los objetivos planteados, haciéndose evidente la necesidad de realizar una programación estructurada y organizada que asegure una formación integral de los mismos.

El precedente con mayor similitud a los TFG en la actual Licenciatura en Química en la Universidad de Sevilla corresponde a la asignatura de 5º curso “Experimentación Química” (15.5 créditos ECTS) que comprende 180 horas de trabajo experimental en el laboratorio. En estas horas se realizan tres proyectos (no necesariamente individuales) de 60 horas cada uno, a desarrollar en tres áreas de conocimiento diferentes, cuyos objetivos fundamentales corresponden a la resolución de problemas analíticos y sintéticos concretos, sus aplicaciones al estudio de problemas clínicos, agroalimentarios, toxicológicos, ambientales e industriales. En el año académico 2009/10 han cursado esta asignatura 54 alumnos, lo cual asegura que existe una cantidad suficiente de ellos para poder experimentar con distintas líneas de trabajo que puedan ser transferidas en el futuro a los TFG incorporando las necesidades y requerimientos específicos anteriormente mencionados.

Esta experiencia se basa en los principios de actuación ya presentados a la anterior convocatoria del I Plan de Docencia bajo el título: “*Diseño e Implementación de un Laboratorio Avanzado de Química: Plan Piloto de Aplicación a los Trabajos Fin de Grado*” y tiene como objetivos fundamentales establecer, en esta segunda fase del mismo, unas líneas de proyectos multidisciplinares transferibles que per-

mitan a algunas de las áreas de conocimiento que participan en la docencia del Grado en Química disponer de una amplia variedad de recursos para su empleo futuro en los TFG, intentando establecer un marco inicial necesario para el diseño de los proyectos de fin de grado en Química. Además, debido a la interrelación existente entre las áreas de conocimiento implicadas en la docencia de esta asignatura, se pretende que tanto las líneas prioritarias como los trabajos propuestos integren una fuerte componente de interdisciplinariedad de modo que se diseñen proyectos integrales que puedan ser realizados de forma coordinada por dos o más áreas de conocimiento. En este sentido, hay que asumir que estos planteamientos docentes aplicados a los TFG pueden generar ciertos problemas de organización. Por estos motivos, se pretende establecer contactos con otros centros universitarios que poseen gran experiencia en el trabajo multidisciplinar y coordinado, y así solventar esta situación de una forma satisfactoria dentro del ámbito de los TFG en Química.

Por último, es muy importante también destacar que debido a las características propias de los TFG (fundamentalmente de carácter práctico) se favorece desde el punto de vista docente el empleo de metodologías activas de enseñanza, como son la aplicación de los métodos de casos, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje por proyectos, etc. El equipo docente implicado en este proyecto posee una dilatada experiencia previa, destacando las participaciones en diversos proyectos de innovación docente (I Plan Propio de Docencia 2010, 2009, 2008) y ponencias en congresos de carácter docente (González-Arjona 2010: FO-05-1, Fernández Torres 2010: BP36, Vázquez Cabello 2010: BP43) donde se han presentado los resultados más destacados en este área de trabajo.

Dadas las características y tipología que presenta la asignatura “*Experimentación Química*”, se puede emplear como una herramienta experimental que permita aplicar las líneas de trabajo propuestas, con el objetivo de sentar las bases para disponer de un variado conjunto de proyectos que los estudiantes puedan desarrollar en los futuros TFG. El desarrollo de las líneas propuestas y su puesta en práctica por parte de los colaboradores participantes en el proyecto (asignados a la docencia de la asignatura “*Experimentación Química*”) ha tenido lugar durante el curso académico 2010/11 (Primer y Segundo Cuatrimestre). En cuanto a los alumnos participantes, han sido los asignados dentro de esta asignatura, a las áreas de Química Orgánica (QO), Química Física (QF) y Química Analítica (QA).

2. Método

Para poder desarrollar esta experiencia, un grupo de tres estudiantes han dedicado 120 horas de laboratorio que han realizado de forma consecutiva en los departamentos de QA y QF respectivamente, bajo la supervisión directa de los correspondientes profesores responsables. El resto del equipo docente se ha centrado en tareas de preparación de los materiales docentes, asesoramiento y, fundamentalmente, en aspectos de coordinación necesarios para poder llevar a cabo el proyecto de forma viable y con garantías de éxito. El hecho de no poder participar directamente en la docencia viene determinado en gran medida por la organización docente del Centro y principalmente de los Departamentos implicados,

¹ Según el Plan de Estudios de la Facultad de Química en la Universidad de Sevilla

que se perfila como uno de los mayores inconvenientes para la puesta en marcha y realización de este tipo de actividades que requieren una tarea previa muy importante en materia de coordinación docente.

El hilo conductor durante todo el proceso formativo ha sido el fenómeno del solvatocromismo. Los estudiantes se han familiarizado desde el principio con este efecto, tanto desde el punto de vista teórico (a partir de los conocimientos propios de la titulación y también de los recursos bibliográficos consultados) como experimental (trabajo de laboratorio con los disolventes y las sondas solvatocrómicas), de modo que han podido avanzar muy rápidamente en la adquisición de nuevas habilidades. De este modo, han sido capaces de enfrentarse a nuevas situaciones que han surgido durante el proceso de aprendizaje y que requerían de la puesta en práctica de competencias poco entrenadas habitualmente durante su progreso en la titulación, como por ejemplo: capacidad de organizar y planificar, pensamiento crítico, análisis de resultados, creatividad, iniciativa y espíritu emprendedor, etc. Este procedimiento ha resultado ser un proceso que se ha desarrollado de una forma natural y casi espontánea por parte de los estudiantes, mostrando de esta manera una de las principales ventajas que posee el empleo y aplicación de este tipo de metodología docente.

Por otra parte, se ha establecido que durante el proceso de aprendizaje los estudiantes sigan un proceso continuo de indagación y exploración sobre el proyecto realizado, avanzando desde lo más básico y conocido hacia aquellos aspectos más complejos y desconocidos, buscando las soluciones a cada problema planteado y descubriendo por ellos mismos el camino por recorrer hasta alcanzar la solución del mismo, siempre con la ayuda y bajo la supervisión del profesor tutor.

2.1 Desarrollo de líneas de trabajos transferibles a los TFG

Las líneas de trabajo se pueden dividir en base a las principales áreas de conocimientos implicadas en el Grado en Química, puesto que deben ser éstas la que soporten una mayor carga docente en relación a la adscripción y realización de los TFG por parte de los estudiantes. Ello puede suponer que los estudiantes tengan una visión muy focalizada de un problema químico real, dependiendo del área de conocimiento asignado al proyecto, y es por ello que el equipo docente se ha planteado en esta experiencia realizar una aproximación integral y multidisciplinaria a los TFG. En lugar de proponer diferentes líneas de trabajo propias de cada una

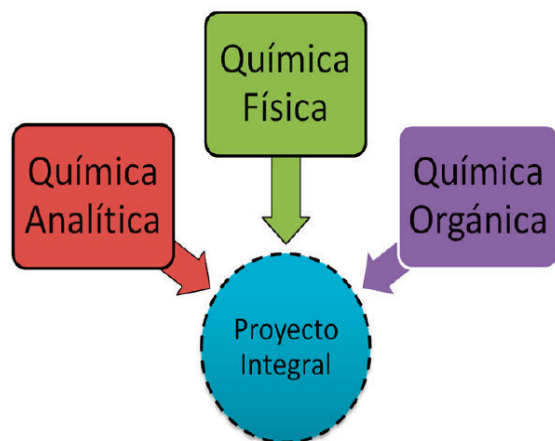


Figura 1. Esquema de las áreas de conocimiento que han participado en la implantación del proyecto integral relacionado con el solvatocromismo.

de las áreas de conocimiento, se ha propuesto un tema de carácter genérico cuyo planteamiento y resolución puede ser abordado desde una perspectiva global dentro del ámbito de la Química (Iimoto y Frederick, 2011, pp. 1069) permitiendo aplicar todos los conocimientos y competencias adquiridas por los estudiantes a lo largo de su formación.

Con este planteamiento se pretenden potenciar tres aspectos fundamentales durante el proceso de enseñanza-aprendizaje:

- Que el estudiante sea capaz de desarrollar sus actitudes y aptitudes personales para la resolución de un problema químico determinado.
- Que se apliquen las competencias, habilidades y estrategias adquiridas a lo largo de la titulación de una forma integral, con el objetivo de disponer de una herramienta que les permita poder ofrecer una respuesta satisfactoria al problema planteado.
- Que los estudiantes sean capaces por sí mismos de ofrecer una solución que les permita comprender como se comporta un sistema químico real y de este modo ser capaces de ofrecer nuevas perspectivas sobre el mismo.

Una vez puestos en práctica todos estos conceptos sobre un problema concreto se pueden conseguir los objetivos planteados y se dispondrán de unas líneas guía necesarias para poder realizar una adecuada estructuración de los futuros Trabajos Fin de Grado en Química.

Como proyecto integral experimental se ha elegido un tema de gran interés desde el punto de vista de la Química y que puede ser abordado desde la perspectiva de distintas áreas de conocimiento (Figura 1), mostrándose el carácter formativo de esta metodología integral de enseñanza. El hilo conductor del proyecto ha sido el estudio y aplicación de sustancias con marcado efecto solvatocrómico (fundamentalmente la betaína $E_T(30)$) en Química, que se ha llevado a cabo en los laboratorios de los departamentos de Química Analítica (QA) y Química Física (QF), principalmente. En un principio se planteó realizar también una parte del proyecto en los laboratorios de Química Orgánica (tal y como se muestra en la Figura 1) pero problemas de carácter organizativo impidieron la realización de esta fase durante el curso académico. Esta fase pendiente se ha planteado y organizado para ser llevada a cabo durante el curso 2011/2012 dentro de la misma asignatura, con un doble objetivo: por una parte consumir la actividad planteada y por otra obtener las correspondientes conclusiones globales, desde el punto de vista docente, sobre el proyecto propuesto de forma completa.

2.2 Metodología docente

El solvatocromismo es una característica que presentan algunas sustancias químicas en presencia de un disolvente concreto y que se manifiesta por un cambio de coloración de la disolución (Figura 2). Uno de los factores principales que gobiernan este cambio es la polaridad del disolvente bajo estudio. Gran cantidad de procesos químicos de muy distinta naturaleza (tanto fundamentales como aplicados e industriales) se llevan a cabo en disolución con la participación de diferentes tipos de disolventes, y por ello, resulta ser un campo de estudio muy importante para un químico.

El estudio de la polaridad de un disolvente, partiendo de un aproximación sencilla en la que se considera el disolvente como un dieléctrico continuo, puede realizarse en base a distintas propiedades del mismo tales como la permitividad



Figura 2. Solvatochromismo mostrado por una sustancia química en presencia de distintos tipos de disolventes. Imagen tomada de Chem-Toddler.com

dieléctrica relativa (ϵ), el momento dipolar (μ) y el índice de refracción (n). De forma genérica se puede relacionar con la capacidad de solvatación de un soluto y con el estudio de las interacciones entre las moléculas de soluto y disolvente. Además, como el cambio producido desde el punto de vista macroscópico es muy importante, el efecto solvatoacrómico muestra una marcada dependencia de los espectros de absorción y emisión de luz, los cuales pueden ser estudiados por métodos teóricos (cálculos mecanocuánticos) y experimentales (técnicas espectroscópicas) y los resultados obtenidos ser correlacionados con distintas propiedades moleculares, tales como la polaridad o el momento dipolar.

Por otra parte, puesto que los grupos cromóforos de las sustancias químicas son los responsables del solvatochromismo, la modificación y sustitución (mediante técnicas de síntesis molecular) y caracterización de estos grupos empleando técnicas analíticas permite investigar el efecto que poseen distintos grupos funcionales y en concreto su estructura electrónica, lo cual permite racionalizar y vislumbrar cuales son las propiedades más importantes en el estudio de este efecto.

Además, el solvatochromismo tiene un gran campo de aplicación desde el punto de vista analítico puesto que se puede utilizar como una sonda que sirva para caracterizar y determinar el porcentaje de un disolvente en una muestra determinada. El compuesto que se emplea como sonda, es una sustancia que presenta un marcado efecto sobre la posición de sus bandas de absorción en la región UV-Vis. Este procedimiento puede emplearse como una herramienta experimental para la detección de contaminación o fraudes en muestras de muy diversa índole.

2.2.1. Laboratorio de Química Física

Los estudiantes han realizado un total de 60 horas de trabajo experimental en las que se ha abordado el estudio de tres sondas solvatoacrómicas (betaína $E_T(30)$, 4-nitroanisol y 4-nitrofenol) con el objetivo de analizar el estudio de la polaridad aplicando distintas escalas y empleando con este fin ocho disolventes diferentes: acetona (ACET), acetonitrilo (ACN), tetrahidrofurano (THF), dimetilsulfóxido (DMSO), N,N-dimetilformamida (DMFA), metanol (MeOH), isopropanol (i-PrOH) y terc-butanol (t-ButOH), atendiendo principalmente a las distintas interacciones que presentan estos disolvente con las moléculas de soluto propuestas. Una vez establecidas las diferentes escalas (Dimroth-Reichardt y Kamlet-Taft) se han comparados por una

parte los resultados obtenidos con los descritos previamente en la bibliografía para ese conjunto de disolventes. Por otra parte, se han correlacionado algunas propiedades típicas de sustancias o procesos en disolución, como las constantes de acidez o de velocidad. Estas propiedades están afectadas por el efecto del disolvente y se pueden correlacionar con la modificación de la posición de las bandas de absorción de la sonda solvatoacrómica, empleando distintos parámetros característicos del medio.

También se ha estudiado el comportamiento espectrofotométrico de distintas carbocianinas (de similar estructura química) en los disolventes anteriormente mencionados y se han sistematizado los resultados obtenidos en base a las diferentes escalas de polaridad previamente establecidas. En este sentido, se han realizado cálculos teóricos con ayuda de programas de modelización molecular (Figura 3) para analizar las variaciones del momento dipolar (μ) en estas moléculas y para obtener las configuraciones tanto del estado fundamental y del primer estado excitado, ya que estos niveles electrónicos son los que determinan principalmente el carácter solvatoacrómico de estas sustancias. Como culminación de este estudio, se investigaron también las diferencias existentes entre ambos niveles electrónicos cuando se realizan los cálculos tanto en presencia de un disolvente determinado o cuando se realizan en el vacío, poniéndose de este modo de manifiesto la magnitud de las interacciones soluto-disolvente.

2.2.2. Laboratorio de Química Analítica

Los estudiantes han realizado un total de 60 horas de trabajo experimental en las que se ha abordado el estudio de la betaína $E_T(30)$ (usada como sonda solvatoacrómica), desde el punto de vista espectroscópico en presencia de los disolventes anteriormente mencionados: ACET, ACN, THF, DMSO, DMFA, MeOH, i-PrOH y t-ButOH. Se analizó también el desplazamiento que se observa en los distintos espectros de absorción en la región visible del espectro cuando estos disolventes contienen cantidades traza de otros disol-

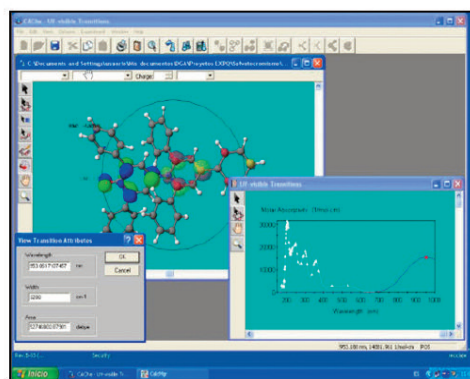


Figura 3. Estudio teórico de las distintas carbocianinas analizadas en presencia de algunos de los disolventes propuestos.

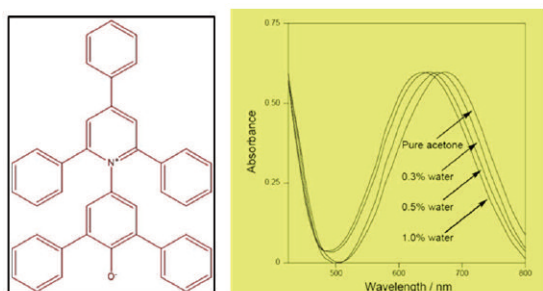


Figura 4. Estructura principal de la betaína ET(30) y espectros de absorción de la sonda en presencia de distintos porcentajes de agua. Imagen tomada de *J. Chem. Educ.* 78 (2001) 370

ventes, como por ejemplo agua, tal como se encuentra en la bibliografía (Figura 4). En base a los resultados experimentales de los estudiantes, se ha establecido un método analítico experimental para la determinación de agua en algunos de los disolventes propuestos. Para aquellos disolventes (ACET, ACN, THF) que presentaban las características adecuadas, se realizó un estudio de validación teniendo en cuenta los siguientes parámetros de calidad del método analítico: concentración óptima de la sonda, rango de linealidad del método, sensibilidad en base a parámetros como los límites de detección y cuantificación y por último, repetitividad del método.

2.2.3. Laboratorio de Química Orgánica

Está proyectado que los estudiantes realicen un total de 60 horas de trabajo experimental con el objetivo de sintetizar diferentes derivados de la betaína ET(30) con grupos funcionales específicos y marcado carácter dador o aceptor de electrones al sistema principal. La inclusión de estos grupos permitirá modular las propiedades electrónicas de la sonda solvatocrómica modificada estructuralmente (Figura 5), lo cual afecta a las configuraciones del estado fundamental y del primer estado excitado, y por tanto se espera que exista una diferente respuesta del sistema en lo que se refiere a sus propiedades espectroscópicas.

Cada una de los derivados de la sonda que se hayan sintetizado en el laboratorio serán caracterizados por técnicas de análisis típicas como son la espectroscopia infrarroja (IR), resonancia magnética nuclear (RMN) y espectrometría de masas (MS). Una vez comprobado que se ha realizado la correspondiente síntesis de forma adecuada, se emplearán estos nuevos derivados para investigar su comportamiento espectroscópico en la región visible del espectro, intentando correlacionar las modificaciones estructurales durante la etapa de síntesis con el carácter dador o aceptor de electrones de los grupos funcionales introducidos. Es de esperar que se produzcan marcadas diferencias en los espectros de absorción de la sonda solvatocrómica, las cuales serán analizadas en base a las modificaciones que producen dichos grupos en los niveles energéticos implicados en las transiciones electrónicas que tienen lugar durante el proceso de excitación.

2.3 Coordinación docente

Como ya se ha comentado previamente, uno de los aspectos más importantes y a la vez más complejos que debe abordar el equipo docente cuando se pretende llevar a cabo la realización de proyectos integrales con la participación de profesorado adscrito a distintas áreas de conocimientos resulta ser el problema de la coordinación. Pero no solo se hace referencia aquí a la propia coordinación del profesorado participante en la experiencia, que puede ser resuelta favorablemente en mayor o menor grado, sino también a los problemas

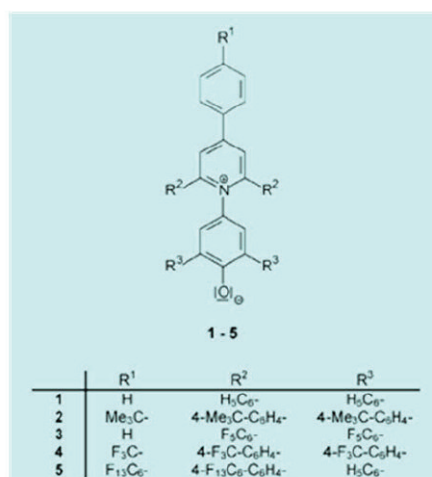


Figura 5. Estructura de los posibles grupos sustituyentes de la betaína ET(30) con carácter dador o aceptor de electrones. Imagen tomada de *J. Phys. Org. Chem.* 14 (2001) 737

sobvenidos de la organización docente que no depende directamente de ellos, es decir todos aquellos aspectos que dependen directamente de la organización y funcionamiento marcados por el propio Centro y los Departamentos.

Para poder avanzar en toda la problemática relacionada con estos aspectos organizativos y de coordinación, el equipo docente contó con la presencia durante dos días del profesor D. Rosendo Pou Amerigo (Facultad de Química, Universidad de Valencia) que es un experto en este tipo de tareas debido a su intensa trayectoria tanto en aspecto de innovación docente como en cuestiones de coordinación. Su experiencia se ha centrado fundamentalmente en su Centro docente habitual durante la implantación de actividades piloto relacionadas con el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), así como durante su etapa como responsable del Centro de Formación de Profesorado de la Universidad de Valencia, dependiendo directamente del Instituto de Ciencias de la Educación de su Universidad.

En este sentido, ha sido muy positivo poder contar con él como experto externo pues ha aportado al equipo docente una gran cantidad de información que ha sido de gran interés para su aplicación en el desarrollo final del proyecto, especialmente todas aquellas relacionadas con las diferentes técnicas y herramientas para poder realizar las tareas de coordinación de una forma eficiente, facilitando de este modo la labor del equipo docente.

Sin embargo, las mayores limitaciones y problemas encontrados en aspectos organizativos y de coordinación para la realización de esta experiencia resultan derivar de cuestiones que vienen impuestas por el propio Centro (Facultad de Química), Departamentos o la Universidad, debido probablemente a que no se diseñaron dichos procedimientos de funcionamiento para llevar a cabo el tipo de proyectos integrales aquí presentados. En este sentido, se pueden enumerar algunos de los problemas a resolver desde el punto de vista del equipo docente relacionados con esta problemática:

a) Resultó muy complicado poder encontrar un grupo de alumnos que pudieran realizar el trabajo experimental en los laboratorios de QF, QA, y QO de forma secuencial y en el orden designado para una realización adecuada del proyecto. Por esta razón, solo han podido participar en esta experiencia un grupo muy reducido de tres alum-

nos. Esperamos que este número pueda ser ampliado en próximas actuaciones que realice el equipo docente, planteando la actividad con suficiente antelación para puedan evitarse las dificultades de organización.

b) Por otra parte, la asignación de profesorado por parte de los Departamentos al plan de organización docente (PAP) dificulta en gran medida la participación de los mismos en experiencias de innovación docente, especialmente si se tienen que compaginar periodos temporales de docencia de los profesores con los correspondientes grupos de alumnos asignados a la asignatura sobre la que se ejecuta la acción de innovación solicitada. Este fue el motivo principal por el que algún profesor no pudo impartir el grupo correspondiente de la asignatura de Experimentación Química y se ha pospuesto la realización de esta fase del proyecto para el presente curso 2011/12.

Puesto que se contaba con la presencia de un experto externo con una experiencia contrastada en materia de innovación docente, se ofreció una conferencia (Figura 6) a todo el personal docente e investigador de la Facultad de Química (abierta también a otros centros de la Universidad de Sevilla, mediante el anuncio correspondiente realizado por el ICE), así como a los estudiantes (futuros licenciados y graduados en Química) titulada: “¿Es factible diseñar Trabajos Fin de Grado formativos, útiles para el profesor y atractivos para el estudiante?”².

La conferencia se centró en cuatro aspectos principales relativos a los TFG:

- a) *Actividades formativas*: en este sentido se presentaron aquellas características más destacables del proceso formativo de los TFG relacionadas con la educación basada en el aprendizaje (elemento clave del EEES) y la formación por competencias. En este sentido se demostró como los TFG basados en proyectos integrales resultan ser una herramienta que cumple a la perfección con estas premisas.
- b) *Utilidad para el profesor*: dentro de este apartado se prestó especial atención a todos los aspectos relativos a la dificultad del proceso de evaluación cuando se tienen que

valorar competencias integradas: criterios de valoración, evaluación formativa, empleo de herramientas concretas de evaluación (rúbricas). Todos estos aspectos se ponen en práctica cuando los estudiantes realizan proyectos integrales y es de suma importancia su análisis y valoración si se quieren trasladar este tipo de experiencias a los TFG.

c) *Actividades de coordinación*: el conferenciante destacó cuales son los aspectos más susceptibles de conflicto tanto entre docentes como con la institución responsable y sus posibles vías de solución. También destacó la necesidad e importancia de la figura del profesor coordinador y sus principales atribuciones como elemento clave para la resolución de problemas, cuando se realizan proyectos integrales que requieren de su actuación para poder llevar a buen término este tipo de experiencias.

d) *Atracción para el estudiante*: el invitado hizo referencia en este apartado principalmente a la motivación de los estudiantes como un elemento clave para el proceso de enseñanza-aprendizaje (Finkel 2008). También destacó como los TFG basados en proyectos integrales pueden cumplir perfectamente con esta premisa principal, desde la base de que no hay nada que motive más para una persona que la consecución de un éxito determinado.

3. Resultados

Con todas las premisas presentadas hasta este momento, se consiguió coordinar a alumnos y profesores asignados a la asignatura troncal Experimentación Química (5º curso de la Licenciatura en Química) para la realización del proyecto integral relativo al solvatomismo durante el curso académico 2010/11³. En cualquier caso y debido al carácter experimental, el número de estudiantes ha resultado ser muy adecuado para la implantación de esta metodología en su fase inicial.

El desarrollo de la experiencia puede catalogarse como altamente satisfactoria tanto desde el punto de vista de los docentes como de los estudiantes en función de los resultados obtenidos, pudiéndose destacar las ventajas e inconvenientes procedentes de cada una de las partes implicadas en esta experiencia recogidas en las tablas 1 y 2.

En cualquier caso, es muy importante destacar que los estudiantes han valorado de una forma muy positiva esta metodología docente enfatizando principalmente aspectos como las ventajas relativas al proceso de aprendizaje y las tareas de coordinación docente relativas a la organización para el tratamiento de un problema químico determinado, abordado desde el punto de vista de distintas áreas de conocimiento.

Este tipo de acciones ha resultado ser algo muy novedoso para los estudiantes en cuanto a su puesta en práctica por parte de los docentes, aunque reconocen que debería ser la manera habitual de trabajar en una asignatura eminentemente práctica como resulta ser la Experimentación Química. Todo ello contrasta claramente con el procedimiento habitual seguido en esta asignatura en la que los alumnos realizan un trabajo experimental de 60 horas de laboratorio en tres áreas de conocimiento o Departamentos adscritos al centro cuya temática resulta ser totalmente inconexa entre sí. Este actuación habitual resulta ser uno de los motivos

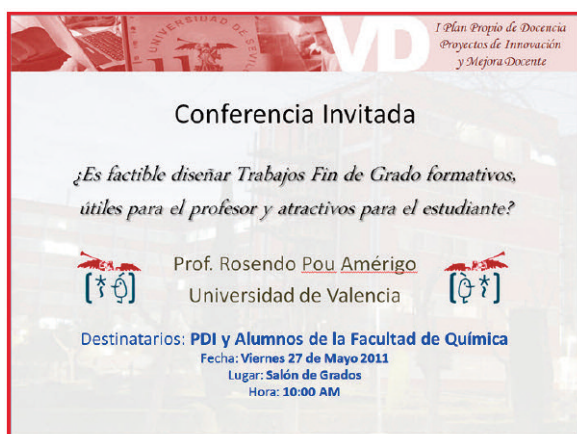


Figura 6. Anuncio de la conferencia impartida en la Facultad de Química relativa al diseño de los TFG.

² El contenido completo de esta conferencia puede ser consultado solicitando a los autores una copia digital de la grabación realizada.

³ Los contenidos fundamentales de este proyecto se pueden consultar desde la wiki 2.0 de la Universidad de Sevilla, en la dirección: <https://web20.us.es/node/658>

Ventajas	
Docentes	Estudiantes
Perspectivas interdisciplinares de los proyectos integrales	Motivación propia para la realización del trabajo
Integración directa de las competencias curriculares.	Capacidad de respuesta ante situaciones novedosas e imprevistas
Favorece el trabajo del equipo en el proyecto	Trabajo en equipo con otros compañeros
Satisfacción personal por un proyecto conjunto y coordinado	Trabajo en equipo con los docentes

Tabla 1: Ventajas fundamentales encontradas por los docentes y estudiantes durante la aplicación de esta metodología.

Inconvenientes	
Docentes	Estudiantes
Mayor esfuerzo personal que tareas docentes similares	Mayor carga de trabajo personal
Genera cierta inseguridad en el profesorado ante la realización de proyectos multidisciplinares	Necesidad de uniformidad en los criterios de evaluación
Grandes dosis de organización y planificación previa	Necesidad de previsión en el diseño de los TFG
Requiere un fuerte apoyo institucional que favorezca y reconozca el esfuerzo realizado	Poca implicación de los estudiantes por desconocimiento o lejanía de implantación

Tabla 2: Inconvenientes fundamentales encontradas por los docentes y estudiantes durante la aplicación de esta metodología.

más criticados por los estudiantes e indican que debería ser uno de los aspectos más importantes y, por tanto valorado, para ser incluido cuando se diseñen los futuros TFG en el Grado en Química, tanto desde el punto de vista organizativo del Centro como formativo para los alumnos.

Como participantes en la experiencia y desde su punto de vista, los estudiantes también consideran que sería muy deseable que este tipo de metodologías pudieran ser consideradas como un marco inicial metodológico de referencia para diseñar los futuros TFG, por las ventajas que proporcionan respecto a su proceso formativo integral.

Una vez concluida su labor, los estudiantes presentaron el trabajo realizado al V Congreso de Estudiantes de Química, actividad organizada por la Facultad de Química y celebrada los días 25-26 de Mayo de 2011, en forma de una comunicación oral (Figura 7) y dos carteles, donde expusieron los resultados obtenidos durante su trabajo relativo al solvatocromismo. Es importante destacar que la comunicación oral titulada: “Solvatocromismo: fundamentos, estudio de la polaridad de disolventes y propiedades analíticas” representaba un resumen del trabajo integral realizado y fue reconocida por el tribunal correspondiente con la mención a la mejor presentación oral, hecho que culminó con el entusiasmo de los alumnos por el reconocimiento a la labor realizada. Así mismo, esta participación permitió que otros docentes asistentes al congreso conocieran esta experiencia y se interesaran por participar en la misma en una siguiente actuación.



Figura 7. Comunicación Oral presentada al V Congreso de Estudiantes realizada por los alumnos participantes en la experiencia.

Como muestra de la implicación y motivación de los estudiantes durante la realización de su trabajo, establecieron lo que ellos denominaron los diez mandamientos del solvatocromismo. Aunque este decálogo puede considerarse como anecdótico, resulta ser muy significativo la realización de una actividad que en ningún momento ha sido solicitada por parte de los docentes y que viene a mostrar como con este tipo de metodologías se favorece la motivación personal y la creatividad de los estudiantes, pues refleja el deseo de ejecutar una acción por la acción en sí misma y no por los resultados que se esperan obtener de la misma por parte de otros. Este comportamiento corresponde claramente al concepto pedagógico de la motivación intrínseca (Marina 2005), que es una de las bases fundamentales para que el proceso de enseñanza-aprendizaje progrese de una forma natural y productiva tanto para el docente como para el estudiante.

Por último, es importante destacar que todos los resultados obtenidos durante la realización de esta experiencia han sido presentados, gracias a la financiación recibida por parte del Vicerrectorado de Docencia de la Universidad de Sevilla, dentro de la línea “Ayudas para la Divulgación de Proyectos de Investigación, Innovación y Mejora de la Actividad Docente” del I Plan Propio de Docencia, en la VI Reunión de Innovación Docente en Química (INDOQUIM 2011) celebrada en Alicante, del 19 al 22 de Julio de 2011, como una comunicación oral titulada: “Desarrollo de Líneas Prioritarias de Proyectos para su Transferencia y Aplicabilidad a los Futuros Trabajos Fin de Grado (TFG) en Química”.

4. Conclusiones

De los resultados obtenidos en esta experiencia podemos destacar como aspectos más importantes, tanto desde el punto de vista de los docentes como de los estudiantes implicados, las ventajas que ofrece la metodología propuesta (proyectos integrales de laboratorio) para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una vez establecida la viabilidad de este proyecto en esta fase inicial, se puede considerar la posibilidad de extender dicha experiencia a un grupo más amplio de docentes y estudiantes, y valorar entonces la posibilidad de ser transferida a los futuros Trabajos Fin de Grado como un elemento de interés.

En este sentido, es significativo resaltar que los problemas organizativos y de coordinación pueden surgir como la principal dificultad para extender esta experiencia, y es por ello, que éstos deben ser minimizados, si se quieren aprovechar las ventajas que ofrece esta metodología para su aplicabilidad a los futuros Trabajos Fin de Grado.

5. Bibliografía.

- Domínguez Pérez, Manuel María; González González, Antonio Gustavo (2009). I Plan Propio de Docencia, Universidad de Sevilla *Diseño e Implementación de un Laboratorio Avanzado de Química: Plan Piloto de Aplicación a los Trabajos Fin de Grado*. <http://vdocencia.us.es/vicerrectorado-de-docencia/plan-propio-de-docencia/2009-10/documentos/Resolucion%20Innovacion%20y%20Mejora%20Docente%20-%20Nivel%20A.pdf>. Fecha de consulta: 06.10.2011.
- Fernández Torres, Rut, Pérez Bernal, Juan Luis, Villar Navarro, Mercedes (2010). El Informe de Prácticas como Herramienta de Aprendizaje e Introducción a la Investigación. En M.G. Bagur González, F. J. Carrillo Rosúa, M.C. Estepa Molina, S. Morales Ruano y M, Sánchez Viñas (Eds.), *V Reunión de Innovación Docente en Química (INDOQUIM 2010)*, Universidad de Granada, 2010, pp. BP-36.
- Finkel, Donald A. (1999). *Enseñar con la boca cerrada*. Valencia: Publicaciones de la Universitat de Valencia, 2008.
- González-Arjona, Domingo, Domínguez Pérez, Manuel María, González González, Antonio Gustavo, Martín Valero, María Jesús, López-Pérez, Germán, Fernández Torres, Rut, (2010). Diseño e Implementación de un Laboratorio Avanzado de Química: Aplicación a los Trabajos Fin de Grado. En M.G. Bagur González, F. J. Carrillo Rosúa, M.C. Estepa Molina, S. Morales Ruano y M, Sánchez Viñas (Eds.), *V Reunión de Innovación Docente en Química (INDOQUIM 2010)*. Universidad de Granada, 2010, pp. FO-05-1- FO-05-2.
- Iimoto, Devin S., Frederick, Kimberley A. (2011). Incorporating Student-Designed Research Projects in the Chemistry Curriculum. *J. Chem. Educ.*, vol. 88, pp. 1069-1073. <http://dx.doi.org/10.1021/ed1011103>.
- López-Pérez, Germán (2008). I Plan Propio de Docencia, Universidad de Sevilla, Convocatoria de Proyectos de Innovación y Mejora Docente Empleo de Metodologías Activas de Enseñanza para el Aprendizaje de la Química. http://vdocencia.us.es/vicerrectorado-de-docencia/plan-propio-de-docencia/documentos/accion1_A_anexo_I.pdf. Fecha de consulta: 06.10.2010.
- López-Pérez, Germán; González González, Antonio Gustavo (2010). I Plan Propio de Docencia, Universidad de Sevilla *Establecimiento y Desarrollo de las Líneas Prioritarias de Trabajo en un Laboratorio de Química para su Transferencia y Aplicabilidad a los Futuros Trabajos de Fin de Grado*. <http://vdocencia.us.es/vicerrectorado-de-docencia/plan-propio-de-docencia/2009-10/documentos/NIVEL%20A%20-%20Resolucion%20definitiva%20Innovacion%20Docente%202010-11.pdf>. Fecha de consulta: 06.10.2011.
- Marina, José Antonio, de la Válgoma, María (2005). *La màgia de llegir*. Barcelona: Rosa dels Vents.
- Prado Gotor, Rafael (2010). I Plan Propio de Docencia, Universidad de Sevilla *Interdisciplinariedad de la Nueva Asignatura de Física Aplicada a las Ciencias De La Salud: Evaluación de Competencias Complementarias en el Ámbito de Farmacia y Ciencias de la Salud*. <http://vdocencia.us.es/vicerrectorado-de-docencia/plan-propio-de-docencia/2009-10/documentos/NIVEL%20A%20-%20Resolucion%20definitiva%20Innovacion%20Docente%202010-11.pdf>. Fecha de consulta: 06.10.2011.
- Vázquez Cabello, Juan.; Iglesias Sigüenza, Francisco Javier (2010). Prácticas de Síntesis Orgánica Avanzada: Desarrollo de un Proyecto de Investigación. En: M.G. Bagur González, F. J.; Carrillo Rosúa, M.C.; Estepa Molina, S.; Morales Ruano y M, Sánchez Viñas (Eds.), *V Reunión de Innovación Docente en Química (INDOQUIM 2010)*. Universidad de Granada, 2010, pp. BP-43.

| Cita recomendada de este artículo

López-Pérez, Germán; Domínguez Pérez, Manuel María; González-Arjona, Domingo; González González, Antonio Gustavo; Martín Valero, María Jesús; Fernández Torres, Rut; Villar Navarro, Mercedes y Vázquez Cabello, Juan (2011). Desarrollo de líneas experimentales para su aplicación en los Trabajos de Fin de Grado en Química. @tic. revista d'innovació educativa. (nº 8). URL. Fecha de consulta, dd/mm/aaaa.