



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2016/2017

Nº de proyecto: 253

Título del proyecto: “Material docente interactivo en inglés para la enseñanza práctica y el autoaprendizaje de (bio) sensores químicos ópticos en Grado y Máster”

Nombre del responsable del proyecto: Ana Belén Descalzo López

Centro: Facultad de Química

Departamento: Química Orgánica

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.

El presente Proyecto tiene como objetivo introducir nuevos contenidos interactivos en inglés, desarrollando material audiovisual y de autoaprendizaje para la enseñanza de un tema multidisciplinar como son los sensores y biosensores químicos ópticos. Este Proyecto se considera una continuación del Proyecto nº 166 “MATERIAL AUDIOVISUAL DE APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE (BIO) SENSORES QUÍMICOS EN GRADO Y MÁSTER” (año 2013), en el marco del cual se desarrolló material audiovisual de apoyo para las asignaturas relacionadas con sensores (bio) químicos. Esta materia forma parte de los contenidos curriculares de varias asignaturas de grado y máster en la Universidad Complutense y en otros centros de nuestro país. Los vídeos ya editados muestran el proceso de fabricación de un (bio) sensor químico, con especial énfasis en los dos elementos básicos que componen estos dispositivos: el elemento de reconocimiento selectivo (químico, bioquímico o biomimético) y el transductor (óptico, electroquímico o de masa). La idea del Proyecto actual es adaptar estos contenidos a la enseñanza en inglés y también, elaborar material adicional para apoyar el desarrollo de prácticas y trabajos relacionados con el tema. Así por ejemplo, se pretende redactar Guías de Laboratorio en inglés describiendo procedimientos experimentales para alguna de las prácticas propuestas en el Proyecto anterior, así como prácticas adicionales. Además de los protocolos experimentales, las guías de laboratorio contienen varias cuestiones para que el alumno profundice en los conceptos de la práctica, así como referencias bibliográficas de literatura en inglés. Algunas de estas referencias se proponen al principio de la práctica como material de trabajo en tutorías o seminarios. Esto no sólo ayudará al alumno a comprender la importancia del inglés en un trabajo de investigación, sino también a analizar textos científicos relacionados con el tema de (bio) sensores. Se pretende concienciar a los alumnos de la importancia de trabajar en un entorno en inglés y de la importancia de acceder a fuentes bibliográficas en busca de información actualizada; desarrollar su espíritu crítico y fomentar su capacidad de trabajo en grupo.

Además, para facilitar el seguimiento del proceso de aprendizaje y autoevaluación, se propone incorporar al material didáctico elaborado cuestiones de respuesta múltiple online relacionados con el contenido del material audiovisual. Proponemos la utilización de “Formularios de Google”, plataforma que ya utiliza la UCM para otros propósitos.

El material interactivo que se preparará en inglés en el proyecto incluye:

- Guiones de prácticas con una introducción aclaratoria del tema y protocolos experimentales para el desarrollo de distintos tipos de sensores ópticos o preparación de (nano) materiales para su empleo en detección óptica. Al final de cada práctica se incluirá una serie de cuestiones y una selección de trabajos científicos en inglés relacionados con el tema de (bio) sensores ópticos que se pueden emplear como trabajos en tutorías y posibles trabajos en grupo.
- Traducción al inglés de algunos de los vídeos del Proyecto nº 166 (convocatoria 2013).
- Elaboración de cuestionarios de respuesta múltiple en inglés para autoevaluación de los alumnos en relación con los temas tratados en los vídeos. Estos cuestionarios se difundirán empleando la herramienta disponible en la nube Google-UCM “Formularios de Google”.

Entre las diversas líneas prioritarias que se establecen en la convocatoria Innovación 2016, el Proyecto que aquí se propone, se adecuaría a varias de ellas:

1) "Diseño de herramientas de aprendizaje para las nuevas generaciones de estudiantes". Todo el material que aquí se genere será interactivo (material audiovisual, cuestionarios de respuesta múltiple, propuestas para trabajos en grupo en inglés) y podrá utilizarse con herramientas online de acceso libre en la UCM.

2) "Internacionalización y docencia en inglés". Este es el principal objetivo del proyecto: dar apoyo a la docencia en inglés en asignaturas relacionadas con el tema de (bio) sensores químicos ópticos. Además de ofrecer todo el material empleado en inglés, la novedad y actualidad de los temas que se proponen (casos prácticos de desarrollo de (bio) sensores) hace que el interés de los temas sea general.

3) "Innovación en recursos educativos en abierto y enseñanza virtual". Todo el contenido podrá estar disponible online, a través por ejemplo, del uso del Campus Virtual, lo que facilitará el proceso de autoaprendizaje de los alumnos.

## 2. Objetivos alcanzados.

La internacionalización de los estudios universitarios requiere de un dominio cada vez más importante del inglés. Los trabajos científicos de investigación, el desarrollo de nueva instrumentación científica, nuevas técnicas y protocolos se difunden en su gran mayoría en inglés. Esto hace necesaria la formación de los estudiantes españoles en este idioma (en el que en ocasiones presentan carencias importantes). Por otro lado, la implementación de estudios en inglés es una tarea pendiente en las universidades españolas. La ampliación de la oferta de asignaturas en inglés, tendría sin duda un impacto positivo en el número de alumnos extranjeros matriculados en Universidades españolas. En el caso de los Estudios de Química sí que se ofrece uno de los pocos Másteres que se imparten íntegramente en inglés: Máster Erasmus Mundus Monabiphot (Molecular Nano and Biophotonics for Telecommunications and Biotechnologies). Este Máster cuenta con asignaturas de contenido en Sensores (Bio) químicos y todos los componentes del equipo del Proyecto imparten docencia en inglés en dicho Máster.

Se pretende que el Proyecto aquí presentado sirva de soporte virtual e interactivo tanto para alumnos como para profesores que puedan impartir materia relacionada con el tema de sensores. El uso de herramientas de e-learning como las que aquí se proponen sin duda beneficiaran al alumno a la hora de un aprendizaje más autónomo y además facilitará la comprensión de los contenidos gracias al soporte audiovisual de las prácticas que aquí se describen. Se proponen además protocolos experimentales para la elaboración de sensores y bioensayos con detección óptica que pueden ser empleados como Guión de Laboratorio en prácticas.

Los sensores y biosensores químicos y los aspectos relacionados con su diseño y fabricación forman parte de los contenidos curriculares de varias asignaturas, tanto de Grado como de Máster. Identificamos dos ámbitos claros de aplicación: (1) Utilización inmediata del material desarrollado en el Máster Universitario Erasmus Mundus “Molecular Nano and Bio-photonics for Telecommunications and Biotechnology”, dentro de la asignatura “Chemical Sensors and Biosensors”, en la que todos los participantes en este proyecto imparten docencia en inglés. (2) Disponibilidad en un futuro del material docente en inglés que facilite el impulso de la incorporación de este idioma en el Grado de Química y así abrir paso a la implantación del grado bilingüe en la Facultad de Química. Los temas que se han tratado en el marco del proyecto pueden emplearse como material de apoyo en:

- **Grado en Química.** Asignaturas: “Metodologías Avanzadas en Química Analítica (optativa de 4º curso)”; “Bioquímica (obligatoria de 3er curso)”; “Técnicas de Análisis Bioquímico I (obligatoria de 1er curso)”.
- **Grado en Bioquímica.** Asignatura: “Bioquímica General (obligatoria de 1er curso)”.
- **Grado en Biología.** Asignatura: “Bioquímica General (obligatoria de 1er curso)”.
- **Máster en Ciencia y Tecnología Química.** Asignatura: “Sistemas automáticos miniaturizados, sensores y biosensores en análisis”
- **Máster Erasmus Mundus, MONABIPHOT.** Asignatura: “Chemical Sensors and Biosensors” y “Photochemistry”.

En concreto, se han conseguido los siguientes objetivos:

- 1) Elaboración de un **Guión de Prácticas en inglés “Optical chemical (bio)sensors. Guide notes for laboratory protocols”**, que contiene protocolos experimentales para cuatro prácticas relacionadas con el tema de (bio)sensores: 1) “Automated portable array biosensor for multisample microcystin analysis in freshwater samples”; 2) “Synthesis of silica nanoparticles and doping with molecular luminophores”; 3) “Optical sensors for oxygen detection”; 4) “Optical sensors for pH”. Todas las prácticas cuentan con una pequeña introducción al tema; protocolos experimentales con los procedimientos, material, reactivos e instrumentación necesaria; cuestiones relacionadas con la práctica; y finalmente una lista de referencias bibliográficas de trabajos científicos en inglés. Las prácticas 2) y 3) van soportadas además con material audiovisual para su mejor comprensión (la práctica 2 con el “Vídeo 2-Synthesis of silica nanoparticles and luminescent doping”; en el caso de la práctica 3) los vídeos se han ido insertando a lo largo del documento con enlaces directos a *Youtube*).
- 2) Elaboración de **material audiovisual** de soporte para las prácticas 2) y 3) (ver arriba), más un vídeo adicional “Vídeo 1: Biosensor for genotyping mitochondria single nucleotide polymorphisms (SNPs) to trace maternal ancestry”, en el que se muestra la aplicación de un genosensor.
- 3) Propuesta de **trabajo en grupo para seminarios**. En cada una de las unidades del Guión de Prácticas, se propone al principio una o dos referencias de la literatura científica en inglés que puede ser empleado como material para realizar trabajos en grupo y discusión en seminarios/tutorías previas a las prácticas de laboratorio.
- 4) Se ha elaborado además una lista de **preguntas con respuesta múltiple en inglés** como material de autoevaluación para que los estudiantes puedan profundizar en los contenidos de los vídeos 1 y 2. Se sugiere que este material puede utilizarse para la elaboración de formularios en Google (empleando la herramienta “Google Formulars”: <https://www.google.com/intl/es/forms/about/>) para que los estudiantes puedan acceder on-line.

### 3. Metodología empleada en el proyecto

Consideramos requisito indispensable introducir nuevos contenidos interactivos en inglés, desarrollando material audiovisual y de autoaprendizaje para la enseñanza de un tema multidisciplinar como son los sensores y biosensores químicos ópticos. Se ha tomado como base parte del material ya desarrollado en el proyecto anterior (Ref. 166). Nos ha parecido además interesante elaborar guiones para la realización de prácticas novedosas relacionadas con el tema de (bio) sensores químicos ópticos. Dichas prácticas, o una selección de ellas se podrían implementar en alguna de las asignaturas de Grado / Máster propuestas en el apartado “2. Objetivos alcanzados”.

La metodología para el desarrollo del Proyecto ha consistido en las siguientes etapas:

1. Elaboración, traducción al inglés y discusión de los guiones que recojan aspectos novedosos en el tema del desarrollo de (bio) sensores y (bio) ensayos ópticos para la elaboración de prácticas de laboratorio.
2. Complementar el material de cada práctica con un ejemplo de la bibliografía en inglés (artículo científico) para poder utilizar en tutorías como tema de discusión / trabajo en grupo.
3. Edición de las prácticas seleccionadas, combinando el paquete audiovisual con textos, animaciones y diapositivas originales y en inglés para facilitar la comprensión de los aspectos teóricos por parte del alumno.
4. Preparación de preguntas de respuesta múltiple que engloben los distintos aspectos tratados en los videos elaborados sobre la plataforma “Formularios de Google” que se podrá distribuir a los alumnos, por ejemplo, mediante el Campus Virtual de la UCM.
5. La última etapa consistirá en la distribución del material a los profesores y a los alumnos físicamente, si procede. En cualquier caso, todo el material estará disponible en el repositorio de producción académica de libre acceso de la UCM “**E-Prints Complutense**”.

#### 4. Recursos humanos

La docencia de esta materia requiere conocimientos en el ámbito de la química analítica, la química orgánica y la bioquímica. Es por ello que el presente proyecto cuenta con la colaboración de profesores expertos en estas áreas de conocimiento, algunos de los cuales han participado en la enseñanza de esta materia a nivel de Doctorado y Máster, desde hace tiempo.

El grupo está formado por docentes pertenecientes a dos Departamentos de la Facultad de CC. Químicas, con experiencia en desarrollo de Proyectos de Innovación Docente y experiencia complementaria en distintos campos de los (bio) sensores químicos y dominio del inglés a nivel docente e investigador.

**Ana B. Descalzo** (Coordinación. Prof. Contratado Dr., Dpto. Química Orgánica) imparte charlas en inglés la asignatura “Chemical Sensors and Biosensors” y es responsable de la asignatura “Supramolecular Chemistry” (3 ECTS) del Máster ERASMUS-MUNDUS Molecular Nano/Bio Photonics”. Ha impartido varios workshops en inglés, ha asistido a 10 congresos internacionales (España, Alemania, Austria, Francia, Italia, República Checa) y ha realizado una estancia postdoctoral de más de 4 años en Berlín (Alemania) en la que el idioma de trabajo era el inglés.

**Guillermo Orellana** (Catedrático, Dpto. Química Orgánica) imparte totalmente en inglés la asignatura “Applications of Organic Photochemistry” del Máster ERASMUS-MUNDUS “Molecular Nano/Bio Photonics” desde el curso académico 2006-7 hasta la actualidad (3 ECTS, 4 ECTS desde el curso 2013-14). Asimismo, ha impartido en inglés 10 h (1 ECTS) en el Máster of “Science in Micro- and Nanotechnology” en la ENSCBP de Burdeos (Francia). Además, ha impartido más de 40 conferencias invitadas en Francia, Portugal, Italia, Alemania, Bélgica, China y EEUU, entre otros.

**María C. Moreno** (Catedrática, Dpto. Química Analítica) imparte en inglés la asignatura “Chemical and biochemical sensors” del Máster ERASMUS-MUNDUS “Molecular Nano/Bio Photonics” desde el curso 2006-7 hasta la actualidad (6 ECTS). Asimismo, imparte desde 2004 docencia en inglés (2 h/año) en el curso internacional "Advanced study course on optical sensor (ASCOS)". Además, ha impartido más de 10 conferencias invitadas en Italia, USA, Francia, Austria o China, entre otros.

**Elena Benito** (Prof. Contratado Dr., Dpto. Química Analítica) imparte totalmente en inglés seminarios y prácticas de laboratorio dentro de la asignatura “Chemical Sensors and Biosensors” del Máster ERASMUS-MUNDUS “Molecular Nano/Bio Photonics” desde el curso académico 2011-12 hasta la actualidad. Asimismo, disfrutó de un contrato postdoctoral durante 2 años y medio en la Universidad de Tufts (EEUU) donde impartió seminarios educativos y docencia práctica. Además, ha asistido a más de 20 conferencias en Francia, Portugal, Grecia y EEUU, entre otros.

**Javier Urraca** (Prof. Contratado Dr., Dpto. Química Analítica) imparte totalmente en inglés la asignatura “Chemical Sensors and Biosensors” del Máster ERASMUS-MUNDUS “Molecular Nano/Bio Photonics” desde el curso académico 2012-13 hasta la actualidad. Asimismo, disfrutó de un contrato postdoctoral durante 2 años en la Universidad de Dortmund (Alemania). Además, ha participado en más de 50 conferencias en Francia, Portugal, Italia, Alemania, Bélgica, China y EEUU, entre otros.

## 5. Desarrollo de las actividades

Tanto la elaboración del material docente, como su implantación y mantenimiento, implicaría una inversión económica sustancial. Sin embargo, hoy en día la Universidad Complutense ofrece un adecuado soporte institucional y tecnológico para poder incorporar nuestra propuesta a la enseñanza-aprendizaje online. Contamos con:

- (i) el Campus Virtual UCM, mecanismo más extendido y de mayor éxito para el uso de plataformas virtuales o e-learning en la enseñanza y el aprendizaje universitario.
- (ii) el repositorio de producción académica de libre acceso de la UCM “E-Prints Complutense”.
- (iii) aplicaciones en la nube Google-UCM. Por ejemplo, “Formularios de Google” permite la elaboración de cuestionarios de autoevaluación online.
- (iv) el portal virtual y los servicios informáticos de la UCM, que ofrecen la ayuda necesaria para la virtualización y publicación de contenidos docentes.

Asimismo, disponemos también del material audiovisual, creado por parte de nuestro equipo en la anterior convocatoria de 2013, que se ha adaptado al inglés y se ha complementado con algunas nociones teórico-básicas que ayuden al estudiante internacional al aprendizaje correspondiente. La adaptación al inglés se ha llevado a cabo directamente por los miembros del grupo que, como se indica en el apartado de viabilidad, poseen una amplia experiencia docente internacional impartida en el idioma anglosajón.

A continuación, se incluye un resumen del contenido de las distintas partes elaboradas:

**A.- Guión de Prácticas en inglés “OPTICAL CHEMICAL (BIO)SENSORS. GUIDE NOTES FOR LABORATORY PROTOCOLS”.** EL guión contiene protocolos experimentales para las siguientes prácticas: 1) “Automated portable array biosensor for multisample microcystin analysis in freshwater samples”; 2) “Synthesis of silica nanoparticles and doping with molecular luminophores”; 3) “Optical sensors for oxygen detection”; 4) “Optical sensors for pH”:

- 1) **“Automated portable array biosensor for multisample microcystin analysis in freshwater samples”.** En esta práctica se describe el desarrollo de un ensayo automatizado en *bioarray* basado en excitación por onda evanescente y detección de fluorescencia para el análisis de microcistinas (MCs), toxinas producidas por cianobacterias. El trabajo de laboratorio se basa en la inmovilización covalente de MCLR (microcistina-leucina-arginina) sobre la superficie de una guía de onda plana. La unión de anticuerpos monoclonales anti-MCLR a la MCLR inmovilizada es inhibida competitivamente por la MCLR libre en la muestra. La cantidad de anticuerpo unida al antígeno se revela mediante el empleo de IgG *anti-mouse* etiquetada con el fluoróforo AlexaFluor®647. El calibrado se realiza teniendo en cuenta que la señal fluorescente es inversamente proporcional a la concentración de MCLR presente en las muestras.
- 2) **“Synthesis of silica nanoparticles and doping with molecular luminophores”.** El objetivo de esta unidad es introducir a los estudiantes en la síntesis de nanomateriales –nanopartículas de sílice– siguiendo un procedimiento sencillo de síntesis como el método de Stöber. Este método se



basa en la condensación de un precursor de sílice en un medio alcohólico básico en presencia de cantidades controladas de agua. Adicionalmente, las nanopartículas transparentes e incoloras de sílice serán dopadas con un luminóforo molecular, un complejo de rutenio (II),  $(Ru(phen)_3Cl_2)$ , para proporcionar propiedades luminiscentes a las nanoesferas. Es importante resaltar que el tiempo en el que el colorante de Ru(II) se adiciona a la disolución de Stöber influye en las propiedades luminiscentes del nanomaterial final. Esto último se evalúa mediante espectroscopía de fluorescencia.

- 3) **“Luminescent sensors for oxygen measurements”**. El objetivo de esta práctica es la fabricación y prueba de una película sensora óptica para la medida de oxígeno molecular en aire o en agua. Este trabajo de laboratorio pretende ilustrar el principio de optosensado de  $O_2$  disuelto basado en indicadores luminiscentes mediante la observación del efecto de dicho gas en la luminiscencia de un indicador apropiado en disolución. Se fabricará una película delgada de polímero dopada con el indicador, idéntico a los que se emplean en sensores ópticos comerciales para la monitorización de  $O_2$ . Finalmente, se probará la respuesta del sensor al analito de interés en fase gas.
- 4) **“Determination of pH in aqueous samples by fluorescence using a phase-sensitive sensor”**. En esta unidad se describe el desarrollo de un sensor óptico automatizado basado en medidas de tiempo de vida de fluorescencia por desplazamiento de fase para la determinación del pH en aguas de río. Para ello se empleará un indicador luminiscente sensible a los cambios de pH, inmovilizado en una membrana polimérica.

Cada una de las prácticas se completa con un apartado de cuestiones. Además, al principio de cada práctica se propone 1 ó 2 artículos científicos que se pueden emplear para realizar trabajos en grupo o como tema de discusión en sesiones de seminarios previas a las prácticas.

### **B.- Tres vídeos:**

- 1) **Vídeo 1: “Biosensor for genotyping mitochondria single nucleotide polymorphisms (SNPs) to trace maternal ancestry”**. En este vídeo se muestra la preparación de un genosensor para la determinación del origen de nuestros antepasados maternos mediante el análisis del ADN mitocondrial a partir de un muestra de saliva. Se desarrolla un genosensor en formato de tira reactiva que permite el genotipado de un tipo de mutaciones denominadas polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs). El ensayo se basa en la unión de dos oligonucleótidos de ADN adyacentes en presencia del enzima ADN ligasa. El estudio implica la obtención de ADN mitocondrial de muestras de saliva, amplificación mediante PCR (reacción en cadena de la polimerasa) de las regiones que pueden contener las mutaciones de interés, y finalmente, identificación de la base modificada mediante el ensayo de ligación de oligonucleótidos y el genosensor de tira reactiva.
- 2) **Vídeo 2: “Synthesis of silica nanoparticles and luminescent doping”**. Vídeo relacionado con la Práctica del Guión Nº 2: “Synthesis of silica nanoparticles and doping with molecular luminophores”. A los estudiantes les puede servir como

soporte para visualizar antes de realizar la práctica. En este vídeo se hace una primera introducción al interés de métodos de análisis por detección de fluorescencia, y se presenta la tendencia actual del empleo de nanomateriales luminiscentes como sondas o marcadores luminiscentes. Se discuten distintos tipos de síntesis de nanopartículas de sílice, y su dopado con luminóforos moleculares. En concreto, en el vídeo se muestra el protocolo experimental para la síntesis de nanopartículas por el método de Stöber y su dopado con un complejo de rutenio (II) mediante atrapamiento por interacciones electrostáticas. Se muestra la luminiscencia de las nanopartículas preparadas, así como el tamaño y forma de las mismas.

La locución original de ambos vídeos es en castellano, con subtítulos en inglés. Todas las diapositivas de los vídeos se han traducido al inglés.

- 3) El tercer vídeo, relacionado con la práctica 3 del guión “Luminescent sensors for oxygen measurements” está integrado en la propia práctica con varios enlaces directos a *Youtube* para ayudar al estudiante a comprender mejor el protocolo de preparación del sensor.

**C.- Preguntas de elección múltiple para autoevaluación** del contenido del material audiovisual adjunto. Están escritas de manera que se podrían integrar directamente en una plataforma virtual tipo “Formularios de Google”: <https://www.google.com/intl/es/forms/about/> para que los alumnos tengan acceso online.

## 6. Anexos

Se adjunta:

- A) Guión de Prácticas** en inglés “**Optical chemical (bio)sensors. Guide notes for laboratory\_PID2016-17\_Nº253**” en pdf.
- B) Vídeos:** uno de ellos va integrado en el Guión de Prácticas, con enlaces directos a *Youtube*). **Como anexo**, se adjuntan además otros **dos vídeos** (la locución original es en castellano, van subtitulados en inglés. Todas las diapositivas de los vídeos se han traducido al inglés:
  - 1) “**Video1\_Discover your history\_Genetic ancestors test using genosensors\_PID2016-17\_Nº253**”.
  - 2) “**Video2\_Synthesis of silica nanoparticles and luminescent doping\_PID2016-17\_Nº253**”.
- C) “Formular for multiple choice questions for videos 1-2”** en pdf. Preguntas de elección múltiple para autoevaluación del contenido del material audiovisual, vídeos 1 y 2. El cuestionario puede integrarse directamente en una plataforma virtual tipo “Formularios de Google”: <https://www.google.com/intl/es/forms/about/> para que los alumnos tengan acceso online.