

ACTIVIDADES FORMATIVAS Y METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EMPLEADAS EN EL DESARROLLO DE LAS ASIGNATURAS DEL MÁSTER EN CIENCIAS ANALÍTICAS Y BIOANALÍTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

J.M. Costa Fernández, J. Ruiz Encinar
Dpto. de Química Física y Analítica. F. Química. U. Oviedo. 33006. Oviedo. SPAIN

La adaptación al EEES ha dado lugar a numerosos cambios en la estructura y organización de las enseñanzas universitarias. La puesta en marcha de planes de estudios de Grado con reducido grado de especialización ha potenciado la aparición de Másteres especializados para ayudar a completar la formación de los estudiantes universitarios. En este sentido, desde un punto de vista académico e investigador y profesional, la demanda existente por completar la formación en Análisis Químico de los Graduados en Química es un hecho constatable, que no sólo se circunscribe a las Facultades o Estudios de Química, sino a muchas otras titulaciones y Centros de Investigación. Disciplinas de la Ciencia tan dispares como la forense, farmacia, antropología, química, ingeniería, medicina, biología molecular, toxicología, materiales, etc., todas tienen en común que dependen de análisis químicos para responder a sus preguntas y sacar conclusiones. Sin embargo, en España, a diferencia de lo que ocurre en otros países europeos existen muy pocos Másteres centrados en el Análisis Químico. De hecho, los pocos que hay o son demasiado específicos (una rama muy concreta del análisis químico, como la espectroscopia, la nanotecnología o la quimiometría) o generales (Química General con un itinerario dedicado al Análisis).

Más allá de los conocimientos científicos básicos y habilidades, los egresados de los Másteres relacionados con la Química Analítica deberán cumplir los requisitos del mercado de trabajo desde una perspectiva a largo plazo. Este es el objetivo principal del Máster en Ciencias Analíticas y Bioanalíticas que se desarrolla en la Universidad de Oviedo. La coordinación con la Universidad de Pau (Francia), para la obtención de una titulación doble de Máster por la universidad de Oviedo y la universidad de Pau constituye un valor añadido al Máster de cara a complementar la formación de los estudiantes en distintas áreas de la Química Analítica y potenciar el carácter internacional de los estudios.

Descripción del plan de estudios

Para cumplir con los objetivos propuestos, el Máster se ha configurado en seis módulos: dos Obligatorios, uno Optativo general, el Proyecto Fin de Máster y los optativos correspondientes a los perfiles profesional e investigador. El esquema del título se muestra en la Figura 1.

Los módulos obligatorios, tanto el teórico como el práctico (módulos 1 y 3, respectivamente) constituyen una visión general del abanico de técnicas y metodologías experimentales de análisis disponibles en los laboratorios de investigación presentes en Universidades, en Centros de Investigación Públicos y Privados y, por supuesto en centros tecnológicos y empresas. Además se hace hincapié en las herramientas estadísticas disponibles y en el control de calidad de los análisis realizados, aspectos fundamentales hoy en día en cualquier laboratorio no sólo de rutina sino también de investigación.

MASTER EN CIENCIAS ANALÍTICAS Y BIOANALÍTICAS

PROGRAMA EDUCATIVO : 1 AÑO ACADÉMICO (60 ECTS)

Primer semestre

Cursos Obligatorios (21 ECTS):

- Espectrometría de masas para análisis elemental y molecular (3 ECTS)
- Métodos avanzados de detección espectroscópica (3 ECTS)
- Métodos avanzados de detección electroquímica (3 ECTS)
- Técnicas para el análisis de sólidos y superficies (3 ECTS)
- Sensores y biosensores (3 ECTS)
- Técnicas actuales en ciencias de separación (3 ECTS)
- Quimiometría y análisis de datos avanzado (3 ECTS)

MÓDULO 1

Cursos optativos (9 ECTS, 3 cursos):

- | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Análisis clínicos y farmacológicos (3 ECTS) | 4. Análisis medioambiental (3 ECTS) | 7. Introducción a los nanomateriales y a su caracterización (3 ECTS) |
| 2. Proteómica cualitativa y cuantitativa y análisis de biomarcadores (3 ECTS) | 5. Análisis forense (3 ECTS) | 8. Técnicas de bioconjugación para la aplicación de nanomateriales en bioanálisis (3 ECTS) |
| 3. Análisis de alimentos y toxicológico (3 ECTS) | 6. Métodos de análisis basados en el uso de isótopos estables (3 ECTS) | 9. Miniaturización y automatización en análisis (3 ECTS) |

MÓDULO 2

Segundo semestre

Cursos obligatorios (9 ECTS):

- Introducción experimental a las técnicas analíticas avanzadas en laboratorios de rutina e investigación (9 ECTS)

MÓDULO 3

Orientación profesional (3+6= 9 ECTS):

- 1. Gestión de pequeñas y medianas empresas (3 ECTS)
- 2. Prevención de riesgos laborales en laboratorios de análisis (3 ECTS)
- 3. Análisis industrial y de procesos (3 ECTS)
- Prácticas en empresa privada (6 ECTS)

MÓDULO 4

Orientación investigadora (9 ECTS):

- Habilidades profesionales en ciencia y tecnología (3 ECTS)
- Especialización en técnicas analíticas avanzadas en laboratorios de investigación (6 ECTS)

MÓDULO 5

TRABAJO FIN DE MÁSTER (12 ECTS)

MÓDULO 6

Figura 1. Plan Formativo del Máster en Ciencias Analíticas y Bioanalíticas de la Universidad de Oviedo (en rojo se indican las asignaturas cuya docencia se desarrolla en inglés).

Cabe resaltar que toda la enseñanza práctica de este módulo está concentrada en el módulo obligatorio práctico en una sola asignatura de 9 ECTS (*“Introducción experimental a las técnicas analíticas avanzadas en laboratorios de rutina e investigación”*) porque de esta manera y de una forma coordinada, se proporcionará al alumno acceso a la instrumentación correspondiente presente no sólo en los Servicios Científico-Tecnológicos de la Universidad de Oviedo sino también a instrumentación específica presente en algún laboratorio de los Grupos de Investigación involucrados en el Máster. Esta asignatura constituye uno de los pilares del máster, ya que en esta asignatura se proporcionará al alumno la base práctica para poder trabajar con las técnicas de análisis más importantes y presentes en la mayoría de los laboratorios de rutina e investigación.

El módulo optativo general del primer semestre (módulo 2), constituye una oferta, a nuestro modo de ver, atractiva y suficientemente especializada en aspectos concretos del análisis tanto de los compuestos químicos y las biomoléculas más importantes (proteínas, ácidos nucleicos) como de (nano)materiales y superficies. Por supuesto, en este módulo optativo se discuten muchas aplicaciones concretas de elevado interés en diferentes campos de la ciencia (biomedicina, ciencia

de los materiales, bioquímica, nanotecnología, biotecnología, análisis forense), lo que le confiere carácter multidisciplinar. Evidentemente, el importante componente práctico de la mayoría de las asignaturas proporcionará además a los estudiantes el dominio a nivel de usuario de las habilidades y metodologías de investigación tratadas. La amplia oferta de este módulo (9 cursos con 27 ECTS totales de los que hay que escoger 9 ECTS) garantiza que los diferentes estudiantes podrán completar una formación especializada e intensiva en diferentes campos científicos. Por tanto, se convertirá en una plataforma ideal para que orienten sus propios estudios, construyendo su propio currículum vitae y enfocándolo hacia las materias en las que estén interesados (tesis

doctoral en Universidad, CSIC o Centro tecnológico, investigación en laboratorio privado, laboratorio privado o público). De este modo, resulta posible orientar el Máster hacia el análisis de materiales y superficies, análisis medioambiental, biomédico, etc. Como puede verse en la figura 1, los estudiantes pueden elegir entre dos perfiles diferentes de estudio. Aquellos con una orientación industrial seleccionan un curso de tres ECTS, en su mayoría impartido por profesionales de empresas privadas, y realizarán unas prácticas externas tutorizadas en los laboratorios de alguna de las empresas asociadas. Los estudiantes más atraídos por la investigación y la academia seguirán un curso más especializado, con elevado contenido práctico, de 6 ECTS. Los módulos cuarto y quinto están compuestos por las orientaciones que se les ofertan a los estudiantes. Por un lado, el cuarto módulo es la orientación profesional donde se cursará una asignatura optativa de 3 ECTS (a escoger entre tres posibles) y se realizará una estancia (prácticas) de 6 ECTS en una de las múltiples empresas/instituciones asociadas que colaboran con el Máster.

Por otro lado, el quinto módulo corresponde a la orientación investigadora y consta de dos asignaturas, una asignatura teórica (3 ECTS) donde se trabajarán habilidades útiles para el investigador actual como redacción y gestión de proyectos, comunicación efectiva, creación de empresas de base tecnológica. Por otro lado, en la asignatura de prácticas (6 ECTS) los alumnos podrán especializarse, desde el punto de vista del laboratorio, en técnicas que han estudiado en el módulo 2 optativo y que van a emplear en sus correspondientes Trabajos fin de Máster.

Finalmente, el sexto módulo lo constituye un Trabajo Fin de Máster lo suficientemente amplio (12 ECTS) para que el estudiante pueda demostrar todos los conocimientos teóricos y aplicados adquiridos durante los dos primeros módulos. A los alumnos que hayan escogido el perfil profesional se les ofertará, siempre que se llegue a un acuerdo con la empresa, que parte de este módulo se realice en la misma empresa donde ha realizado la estancia. Además podrá desarrollar en su plenitud otro tipo de competencias como la planificación autónoma, capacidad de innovación, habilidad para trabajar en grupo y, por supuesto, capacidad de expresar información científica avanzada de un modo coherente y ordenado. Estos trabajos tutorizados se llevarán a cabo principalmente en el contexto de los Grupos de Investigación presentes en el Departamento de Química Física y Analítica o en cualquiera de los Centros de Investigación asociado colaboradores. Aunque en determinados casos también podrán llevarse a cabo en las empresas colaboradoras.

Los estudios de Posgrado en Química Analítica están firmemente implantados en países económicamente desarrollados tanto a nivel europeo como mundial, debido a que como ya se comentó previamente, la mayor parte de los Químicos que trabajan en empresas privadas, pertenecen a la Rama de la Química Analítica.

De hecho, muchos de estos másteres internacionales han sido utilizados para obtener aspectos interesantes que introducir en el Master en Ciencias Analíticas y Bioanalíticas de la Universidad de Oviedo. Por poner algunos ejemplos, del “Master of Analytical Sciences” de la Universidad de Amsterdam pareció muy relevante parte de los contenidos presentes en la asignatura transversal de “academic skills” (comunicación efectiva, técnicas de presentación, etc.) que se introdujo en una asignatura obligatoria del primer semestre “Habilidades profesionales en ciencia y tecnología”. Del “Master Méthodes Analytiques pour l’Environnement et les Matériaux” de la Universidad de Pau pareció muy interesante la forma de combinar las orientaciones investigadoras y profesionales y la presencia de materias transversales como “inserción profesional” y “legislación” que fueron introducidos parcialmente en las asignaturas “gestión de pequeñas y medianas empresas”, “prevención de riesgos laborales” y “quimiometría y análisis de datos avanzados”.

Actividades formativas y metodologías de enseñanza y aprendizaje

Las actividades formativas presenciales de las asignaturas teóricas se organizan en los siguientes tipos: sesiones expositivas (clases magistrales y seminarios), tutorías grupales, actividades transversales y exámenes.

Las **sesiones expositivas** son clases magistrales que consisten en la exposición verbal por parte del profesor de los contenidos de las asignaturas (tanto teóricos como prácticos), poniendo a disposición de los estudiantes los materiales necesarios para su comprensión.

Las **Prácticas de aula/seminarios/talleres** son actividades de discusión teórica o preferentemente prácticas realizadas en el aula que requieren una elevada participación del estudiante.

Las **Prácticas de laboratorio/campo/aula informática** son actividades prácticas realizadas en los laboratorios, en el campo o en las aulas de informática.

Las **tutorías grupales** son actividades programadas de seguimiento del aprendizaje en las que el profesor se reúne con un grupo de estudiantes para orientar sus labores de aprendizaje autónomo y de tutela de trabajos dirigidos o que requieren un grado de asesoramiento muy elevado por parte del profesor. En estas sesiones, los estudiantes disponen con suficiente antelación de los enunciados de las cuestiones y ejercicios que deben resolver de forma individual, o colectiva, antes de la tutoría. En el desarrollo de ésta el alumno expone los ejercicios propuestos y el profesor aclara las dudas y problemas que los estudiantes hayan podido encontrar en la resolución de las tareas propuestas.

En las **actividades transversales** se participa, junto con el resto de las asignaturas del curso, en actividades tales como visitas, seminarios interdisciplinarios, etc.

En el caso de las **asignaturas experimentales**, las actividades formativas presenciales constan fundamentalmente de: i) realización de las prácticas y exámenes; ii) seminarios o prácticas de aulas; iii) tutorías grupales. Se programan seminarios previos a la ejecución de cada práctica en los que el profesor expone el fundamento teórico y las operaciones experimentales a realizar, así como las precauciones de seguridad a tener en cuenta. Al final de cada práctica, durante las sesiones de tutorías grupales, se lleva a cabo una recapitulación de resultados y discusión en grupo.

Como se ha mencionado anteriormente, es especialmente reseñable es el elevado contenido práctico de las actividades programadas en el Master. Así, dentro de las **actividades previstas en las asignaturas de laboratorio** se incluye el acceso a la instrumentación disponible en los servicios científico tecnológicos (SCTs) de la Universidad de Oviedo, unidad que

pretende apoyar a grupos de investigación en la Universidad y en otras instituciones públicas y empresas privadas y que está constituido en una serie de laboratorios y talleres divididos en cuatro secciones (medidas químicas, caracterización de sólidos, biomedicina y soporte tecnológico), equipadas con equipos altamente sofisticados y operados por asistentes técnicos altamente cualificados.

Los equipos involucrados (HPLC–o LA–ICP–MS, ESI–QTOF, MALDI, LIBS, difracción de Rayos X, FT–IR, HPLC–ESI–QQQ, GC–MS, SDS–PAGE, sensores electroquímicos nanoestructurados, AF4, ICP–QQQ, etc.) son muy caros y su uso requiere entrenamiento intensivo, los estudiantes no trabajan independientemente en el laboratorio ejecutando sus propios proyectos (Esto ocurre más tarde, durante el proyecto fin de Máster). En cambio, reciben una enseñanza práctica (6 – 14 h) frente a los instrumentos, impartidos por reconocidos expertos. Al final de cada curso, los estudiantes realizan el análisis químico de patrones y muestras reales bajo la supervisión del instructor. Los estudiantes son también los responsables de llevar a cabo el análisis de datos y resultados de los análisis, que deben presentarse como un pequeño informe independiente para cada experimento (dichos informes se emplean en la evaluación de las correspondientes asignaturas experimentales).

Por último, todos los estudiantes llevan a cabo un **proyecto final de Máster** de 12 ECTS, ya sea dentro de un grupo de investigación en el departamento de química física y analítica o en uno de los centros tecnológicos y los institutos de investigación asociados. Los estudiantes eligen su proyecto dentro de una lista de proyectos que cubre todos los temas incluidos en el Máster. El proyecto aborda temas analíticos atractivo y consiste en una revisión de literatura breve y del correspondiente trabajo experimental en el laboratorio. La evaluación final incluye:

1. escribir un informe científico (la memoria del TFM)
2. presentación de resultados; y,
3. discutir resultados con el tribunal en sesión pública.

Procedimiento general para valorar el progreso y los resultados

Existe un procedimiento general para valorar el progreso y los resultados de los alumnos del Máster. El sistema se aplica principalmente durante la presentación y defensa del trabajo fin de máster y consiste en:

1. Informe razonado de los alumnos
2. Evaluación suplementaria de los miembros de tribunal en los trabajos fin de Máster
3. Encuesta sobre grado de percepción del estudiante de su propio aprendizaje

Si bien los sistemas de evaluación calibran los resultados de aprendizaje, en gran medida referidos a las competencias específicas, con este procedimiento se pretende supervisar y conocer en qué medida los alumnos han adquirido las competencias propias de las enseñanzas avanzadas de máster, así como también que el profesorado conozca el progreso del alumno en este aspecto. Asimismo, se pretende recabar información del papel que ha jugado en el proceso formativo las actividades tuteladas y el trabajo autónomo. El procedimiento se lleva a cabo en la semana en que tiene lugar la presentación ante el tribunal de Trabajo Fin de Máster. Y se organiza del siguiente modo:

1. Por un lado, el alumno ha de redactar un informe en el que incluya:
 - a. Los aspectos originales de su Trabajo Fin de Máster.
 - b. En qué medida el trabajo fin de Máster le ha servido para solucionar problemas de su área de estudio y otros interdisciplinarios

- c. En qué medida el trabajo Fin de Máster le ha permitido emitir juicios sobre aspectos científicos, profesiones, sociales y/o éticos.

- d. Breve resumen del trabajo Fin de Máster, claro, conciso y sin ambigüedades, para un público no especializado

- e. En un breve cronograma de las actividades que ha realizado de forma autónoma en Trabajo Fin de Máster.

2. Por otro lado, el mismo día de la defensa todos los miembros del tribunal han de responder a un cuestionario, -individual, anónimo y entregado en sobre cerrado-, en el que responda a:

3. Finalmente, el alumno debe de responder a una encuesta en la que se persigue conocer el grado de percepción del estudiante de su propio proceso de aprendizaje.

Acuerdo de titulación doble

El acuerdo de titulación doble que actualmente se encuentra vigente en el Máster en Ciencias Analíticas y Bioanalíticas, es el resultado de la larga y fructífera colaboración entre el Laboratory of Analytical Bioinorganic and Environmental Chemistry (LCABIE; Profesor Ryszard Lobinski y Dr. Olivier Donard) en la Universidad de Pau (Francia) y el grupo de Espectrometría Analítica (profesor Alfredo Sanz-Medel) en la Universidad de Oviedo. En este contexto, durante el Segundo semestre del curso académico, los estudiantes de Master de ambas universidades pueden optar por realizar dicho segundo semestre en la Universidad del otro país, con el objetivo de conseguir una titulación de máster doble (reconocimiento de máster por las dos universidades).

Desde luego, los estudiantes que quieran acceder a la doble titulación deben cumplir con requisitos específicos, que dependen del país de origen. Los estudiantes que acceden a la doble titulación por la Universidad de Oviedo deben de haber superado los estudios del Grado en Química y estar matriculados en el Máster en Ciencias bioanalíticas y analíticas. En el caso de los estudiantes que acceden a través de la Universidad de Pau deben de haber obtenido el Grado en Química (en Francia tiene una duración de tres años) y deben haber superado el primer año de la titulación de Master en Ciencias analíticas para la vida y el medio ambiente (de dos años de duración) y estar matriculados en su segundo año. Además, los estudiantes españoles y franceses deben demostrar la fluidez necesaria en inglés y español, francés o inglés, respectivamente.

Además de la obvia ventaja que supone la obtención de un segundo título internacional, los estudiantes que participan en el acuerdo de doble titulación, desarrollan una gama extra de habilidades esenciales en el nivel de Master, incluyendo comunicación, manejo de un idioma extranjero, liderazgo, flexibilidad, adaptación al cambio de situaciones y la interacción con personas de otros entornos o disciplinas. Obviamente, estas habilidades se encuentran dentro de la mayoría de las listas de habilidades que los empleadores requieren hoy en día a los futuros titulados superiores.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer sinceramente la profesionalidad y dedicación de todos los profesores implicados en el programa de Master y el apoyo de los órganos de gobierno de la Universidad de Oviedo.

Referencias

- 1.- Berek J, Salzer R, Worsfold P, Andersen J (2012) Trends Anal Chem 35:1.
- 2.- Ruiz Encinar J, Bouyssiere B, Pannier F, Anal Bioanal Chem (2013) 405:8693.
- 3.- Página web de los servicios científico-tecnológicos de la Universidad de Oviedo. <http://www.sct.uniovi.es/> (15/07/2017)