2. Justificación

2.1 Justificación, adecuación de la propuesta y procedimientos

Objetivos generales del título (finalidad, enfoque u orientación)

El objetivo fundamental del Máster Interuniversitario en Química Aplicada es proporcionar a los estudiantes una formación avanzada en Química, de carácter aplicado, especializado y multidisciplinar, a través de la adquisición de conocimientos y aplicación de técnicas sobre la base de las metodologías de la investigación y con proyección a los distintos sectores aplicados de la Química. Se pretende la formación de expertos que sean capaces de solucionar los problemas científico-tecnológicos derivados de las actividades de la sociedad dentro de los campos de actuación de la Química.

El Máster solicitado constituye una continuación lógica del Máster Interuniversitario en Química por las Universidades de Almería, Cádiz, Córdoba, Huelva, Jaén y Málaga que actualmente se está impartiendo. Este máster fue una iniciativa integradora que tuvo como objeto aprovechar el esfuerzo y la experiencia conjunta de diversos profesores y grupos de investigación en otros másteres previamente impartidos en dichas universidades, así como la infraestructura disponible, para lograr una propuesta de alto nivel formativo para los titulados en Química. Inicialmente participaron en este máster las cinco primeras universidades citadas, el cual fue impartido en el curso 2013-14, después de conseguir la correspondiente Verificación. La inclusión de la Universidad de Málaga en el Máster, lo que supuso un nuevo proceso de verificación, dio lugar a partir del curso 2014-15 a las participación de las seis universidades en la docencia del máster.

Aunque en el próximo curso 2017-18 se seguirá impartiendo el Máster Interuniversitario en Química por las seis universidades, dos de ellas, la Universidades de Almería y Cádiz han manifestado su deseo de desvincularse del máster, mientras que las cuatro restantes (Universidades de Córdoba, Huelva, Jaén y Málaga) han optado por continuar colaborando conjuntamente en un Máster Interuniversitario.

Aunque, como ya se ha indicado, el máster que ahora se solicita es continuación del Máster Interuniversitario actual, la nueva propuesta presenta diversas modificaciones que pretenden evitar o paliar algunos aspectos negativos detectados a lo largo de la impartición de dicho máster durante los últimos cuatro años.

Para diseñar el nuevo máster se han seguido las indicaciones dadas por los Vicerrectores de Posgrado de las Universidades implicadas en el máster, los cuales, en su reunión del 13 de enero de 2017, manifestaron su convencimiento de la necesidad de contar con un máster interuniversitario en Química pero con una oferta de créditos menor que la del máster actual. En dicha reunión se marcaron unas directrices para tener unas mínimas garantías de que el nuevo título de Máster pueda superar la nueva verificación y de acuerdo con las indicaciones tanto de la Junta de Andalucía como de la propia Agencia de Acreditación. Estas directrices se centran en que el plan de estudios contenga:

- Un módulo común de 20 créditos (en lugar de los 24 créditos del actual máster).
- Un módulo de especialización de 20 créditos por universidad participante, sin optatividad (a diferencia del actual máster en el que se ofertan 40 créditos por especialidad para que el estudiante escoja 20 créditos).
- Prácticas externas obligatorias de 6 créditos (no contempladas en el actual máster).

csv: 266827387222871135862477

- Un Trabajo Fin de Máster de 14 créditos (a diferencia del actual que tiene 16 créditos).

Otro cambio que se ha introducido en el nuevo máster ha sido en el título, pasando a denominarlo “Química Aplicada”, con objeto de hacerlo más atractivo a los futuros estudiantes, que han recibido una amplia formación teórica y básica en Química durante sus estudios de Grado, pero necesitan completar su formación profundizando en los aspectos aplicados de la Química.

En el diseño del plan de estudios del Máster propuesto se ha tenido en cuenta también su compatibilidad con la estructura de la especialidad de Física y Química del Máster de Formación de Profesorado, con el fin de que las universidades implicadas puedan ofertar la doble titulación mediante la simultaneidad de ambos estudios.

Aunque el Máster está básicamente orientado a la formación investigadora de los estudiantes para incorporarse a un programa de doctorado, los futuros egresados del Máster adquirirán la capacidad necesaria para abordar la resolución de problemas a los que se enfrentan centros públicos y privados de investigación química relacionados con el sector industrial. Es de prever que la inclusión de prácticas externas en la estructura del máster contribuya a completar la formación de los estudiantes.

La actual propuesta responde a las nuevas demandas que se han ido recogiendo en los procesos de evaluación interna del actual máster interuniversitario en Química, a través de encuestas y en reuniones con estudiantes y egresados, así como en las reuniones y discusiones de los claustros de profesores de estos másteres. Para la realización de la propuesta presentada se han tenido en cuenta las nuevas necesidades formativas que han surgido en relación a los planes de estudio de los nuevos grados, lo que permitirá a los estudiantes disponer de esta nueva oferta formativa. Al cambiar los enfoques y contenidos de las enseñanzas, así como las destrezas y competencias que adquieren los estudiantes en los grados, también deben cambiar el complemento a nivel formativo, competencias y destrezas que proporciona el presente Máster.

En resumen, la propuesta que se realiza tiene tres objetivos concretos:

- Facilitar a los estudiantes el acceso a un programa de doctorado con las suficientes garantías de formación básica y aplicada en el campo de la Química que permita seguir nutriendo, en el futuro, a los grupos de investigación con doctores que desarrollen su actividad en este campo.
- Contribuir a formar especialistas en Química, completando la formación del Grado, que constituye uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de los nuevos retos tecnológicos.
- Promover la interacción del profesorado y los estudiantes del Máster entre las universidades implicadas, institutos y centros de investigación y empresas relacionadas con la Química.

Antecedentes

El profesorado de las cuatro universidades implicadas en el Máster en Química Aplicada que se propone tiene una dilatada experiencia, de más de diez años, en la impartición de enseñanzas de posgrado, como se describe en el Apartado 2.1.1 de esta Memoria. Aunque el antecedente más próximo es el actual Máster Interuniversitario en Química, impartido durante los últimos cuatro años, las cuatro universidades participantes en el nuevo máster han impartido previamente los másteres "Química Fina Avanzada” (Universidad de Córdoba, cursos 2006-07 al 2012-13), “Técnicas Instrumentales en Química” y “Ciencia y Tecnología Química”

csv: 266827387222871135862477

(Universidad de Huelva, cursos 2002-03 a 2011-12), “Tecnología e Instrumentación Química” (Universidad de Jaén, cursos 2007-08 al 2010-11), y “Química Avanzada: Preparación y caracterización de Materiales" (Universidad de Málaga, cursos 2006-07 al 2013-14). Todos ellos se extinguieron para ser sustituidos en el curso 2013-2014, y en el curso 2014-15 en el caso de la Universidad de Málaga, por el Máster Interuniversitario en Química, surgido de la colaboración y experiencia del profesorado que ha participado en los másteres indicados.

Interés académico, científico y profesional

El interés del Máster propuesto es múltiple como se justifica a continuación:

- Supone ofertar un título único coordinado en el que participan cuatro universidades andaluzas, generando sinergias que permitan la viabilidad y sostenibilidad de la propuesta. El estudiante podrá elegir la especialidad que desee cursar y el profesorado tendrá la oportunidad enriquecedora de intercambiar y actualizar sus conocimientos.
- Sobre la base de la experiencia docente e investigadora de los grupos participantes, el Máster tiene el perfil investigador que constituye la etapa formativa del Doctorado. El uso de las TICs como soporte básico permitirá a los estudiantes atender la docencia en tiempo real al margen del lugar donde se encuentren.
- La formación que aporta el Máster, en el que se incluye la realización de prácticas externas, permitirá al egresado que decida no realizar el Doctorado optar a puestos de trabajo en el campo de la Química, tanto industrial, docente y de gestión, a niveles superiores a los obtenidos con su titulación de Grado o Licenciado.
- Las distintas especialidades ofertadas dentro del título lo son desde la experiencia contrastada por los grupos de investigación que las soportan. Se pretende proporcionar a los estudiantes, futuros investigadores y profesionales, una base sólida de conocimientos, no adquiridos en el grado o licenciatura, que les permita desarrollar habilidades prácticas en el entorno de la investigación en Química y su aplicación en sectores clave de la economía andaluza. Esto les permitirá generar ideas nuevas y resolver problemas complejos en empresas, universidades y centros públicos de I+D+i, tanto en el ámbito de la investigación básica como la aplicada.
- La Química es una disciplina que incide directamente en el desarrollo económico y social de nuestra sociedad actual, ayudando a la mejora de la esperanza y calidad de vida y al desarrollo de la sociedad del bienestar. Su continuado progreso ha elevado el bienestar en todos los ámbitos de la vida, con aportaciones importantes en el desarrollo de nuevos materiales para la industria, el transporte, la construcción y las comunicaciones, y la elaboración de productos y tecnologías en el campo de la alimentación y agroalimentario, el control del medio ambiente y la salud, entre otros sectores.
- La gran importancia actual de diversos temas emergentes en campos relacionados con la química y la tecnología química, como la nanoquímica, los nuevos materiales, los catalizadores de última generación, los productos derivados de la biotecnología, la automatización de las metodologías químicas, el bioanálisis, los contaminantes emergentes, la calidad de los alimentos, la producción de alimentos funcionales, la calidad de los laboratorios y los procesos químicos sostenibles, son nuevos retos en la formación de nuestros titulados. Para que nuestros estudiantes tengan la formación, competencias y destrezas necesarias en estos campos se precisan de nuevas propuestas formativas, que aúnen la experiencia investigadora

csv: 266827387222871135862477

de los docentes con la disponibilidad de infraestructuras instrumentales y laboratorios idóneos para la transmisión de las nuevas metodologías, así como la adquisición de nuevas competencias y destrezas en el campo profesional. De esta forma se podrá hacer frente a las demandas que en la actualidad plantea la sociedad tanto a nivel científico y académico como profesional.

El Máster en Química Aplicada va a permitir al alumno que lo curse conocer de forma directa y en profundidad los fundamentos y las tecnologías químicas necesarias en el campo de las nanopartículas, el diseño de los catalizadores y su aplicación para el desarrollo de procesos industriales de una forma sostenible, la caracterización analítica de contaminantes emergentes, la caracterización de biomoléculas, la identificación de biomarcadores y su aplicación en el laboratorio químico actual, regido por estrictas normas de control de calidad. Asimismo, permitirá su especialización en campos como el medioambiental, el alimentario, el biotecnológico, el de la catálisis o el de los nuevos materiales, en los que la aplicación de las nuevas tecnologías químicas constituye una herramienta metodológica habitual y fundamental para su desarrollo. Por otro lado, la formación que proporciona el master será de gran utilidad para el desarrollo I+D+i en los sectores empresariales en los que la química constituye un componente decisivo.

csv: 266827387222871135862477

2.1.1. Experiencias anteriores de cada universidad en la impartición de títulos de características similares

Las cuatro universidades tienen experiencia demostrada en la impartición de másteres relacionados con la Química cuyos títulos se resume en la siguiente tabla:

UNIVERSIDAD	MÁSTER
CÓRDOBA	Química Fina Avanzada y, desde 2013/14, Máster en Química
HUELVA	Técnicas Instrumentales en Química/Ciencia y Tecnología Química y, desde 2013/14, Máster en Química
JAÉN	Tecnología e Instrumentación Química y, desde 2013/14, Máster en Química
MÁLAGA	Química Avanzada: Preparación y caracterización de materiales y, desde 2014/15, Máster en Química

A continuación se describen sucintamente los másteres ya extinguidos y el máster interuniversitario en Química que actualmente se está impartiendo:

El Máster "Química Fina Avanzada" (Universidad de Córdoba) procede del Programa de Doctorado de Química Fina impartido desde el curso 2001-2002, que recibió de forma continuada la Mención de Calidad del Ministerio de Educación y Ciencia desde que fue convocada (2003) (MCD2003-0028 y MCD2006-00377). El Máster fue verificado por el procedimiento abreviado (BOE 26/02/2010) y constituyó la etapa formativa de citado Programa de Doctorado con Mención hacia la Excelencia (MEE2011-0109) (BOE 253 20/10/2011).

El Máster "Técnicas Instrumentales en Química" (Universidad de Huelva) se ofertó por primera vez en el curso 2002/2003, como parte del Programa de Doctorado que consiguió la Mención de Calidad en 2003. Este Máster fue sustituido por el de "Ciencia y Tecnología Química" que daba acceso al Programa de Doctorado de su mismo nombre con Mención hacia la Excelencia (MEE2011-0517).

El Máster "Tecnología e Instrumentación Química" (Universidad de Jaén) se ha impartido desde el año 2007 hasta el 2011. Dentro de otros marcos normativos, la Universidad de Jaén ha impartido programas de post-grado (doctorado) como "Química Fundamental y Aplicada", "Metodologías y Técnicas de Investigación en Química Física y Analítica", "Metodologías y Técnicas de Investigación en Química Fundamental y Aplicada", "Estructura, Preparación y Propiedades de Compuestos de Interés Biológico", "Química y Biología Ambientales: de la Molécula al Agroecosistema", y "Química de Moléculas Bioactivas. Diseño de Fármacos".

El Máster "Química Avanzada. Preparación y Caracterización de Materiales" (Universidad de Málaga) se ha ofertado desde el curso 2006/2007 y constituyó el periodo formativo del Programa de Doctorado en "Química Avanzada. Preparación y Caracterización de Materiales. Este Programa de Doctorado obtuvo la Mención hacia la Excelencia (MEE2011-0078) con período de validez de 2011/2012 a 2013/2014 (BOE 20/10/2011) y ha contado con la Mención de Calidad desde el año 2005 (MCD2005-00192).

csv: 266827387222871135862477

El Máster Interuniversitario en “Química” (Universidades de Almería, Cádiz, Córdoba, Huelva, Jaén y Málaga), fruto de la colaboración entre estas universidades andaluzas, ha constituido una alternativa innovadora y muy enriquecedora, que ha sido posible gracias al esfuerzo y la experiencia previa del profesorado implicado. El máster se inició en el curso 2013/14 con la participación de las cinco universidades pertenecientes al Campus de Excelencia Internacional en Agro Alimentación de Andalucía (ceiA3) y, desde el curso 2014/15 también participa la Universidad de Málaga. Este máster da acceso a los programas de doctorado que imparten las seis universidades. La utilización de videoconferencia para la docencia del módulo común obligatorio por profesorado de las distintas universidades, ha permitido que el máster tenga carácter interuniversitario y, a su vez, ha evitado los costes derivados del desplazamiento de los estudiantes y/o el profesorado por las distintas sedes. La oferta de las especialidades de las distintas universidades permite que el estudiante curse el máster completo en su propia universidad, en la que también realiza el trabajo fin de máster. Este máster se extinguirá cuando el nuevo máster en “Química Aplicada” supere el proceso de verificación.

2.1.2. Datos y estudios acerca de la demanda potencial del título y su interés para la sociedad

El Master en Química Aplicada está dirigido a Titulados Superiores en Química o en otras titulaciones en las que se impartan conocimientos de Química, tales como Licenciaturas y Grados de las ramas de Ciencias e Ingenierías como son Farmacia, Biología, Biotecnología, Bioquímica, Ingeniería Química, Enología, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ciencias Ambientales, Ciencias del Mar, Ingeniería Industrial, etc. Los contenidos del Máster permitirán a estos titulados continuar su formación como investigador, docente o profesional y adquirir experiencia o especializarse en los tópicos cubiertos por el programa.

Igualmente se contempla el acceso de titulados de grado medio que quieran ampliar su formación a un nivel superior y a profesionales que deseen actualizar, adquirir o ampliar sus conocimientos en todos o varios de los sectores anteriormente mencionados.

La presente propuesta se dirige a aquellos estudiantes que quieran profundizar en el estudio de la Química para orientar su carrera profesional en la investigación, la innovación y el desarrollo, en la empresa o en la docencia, la universidad o en la enseñanza preuniversitaria.

La Química como ciencia ocupa una posición central. Según estadísticas recientes, el sector químico en España supone el 10% del PIB y lidera la inversión industrial en I+D+i acumulando el 25% del total nacional. Además, el 20% de los investigadores que trabajan en la industria lo hacen en el sector químico. Por otra parte, según datos del INEM la profesión de Químico es de las más demandadas (~35%).

El interés social del Máster en Química Aplicada incide no sólo en los sectores de la industria química y farmacéutica, agroalimentación, medio ambiente, etc, sino también en otras áreas aparentemente más alejadas como la ecología, investigación médica, laboratorios clínicos, etc.

El uso de TICs podrá facilitarles el acceso remoto a la docencia sin necesidad de desplazamiento físico.

Como punto de partida sobre la posible demanda del Máster en Química Aplicada, cabe indicar el número de alumnos matriculados en los últimos tres cursos en el Máster Interuniversitario en Química que actualmente se está impartiendo: 48 (2014/15), 42 (2015/16) y 43 (2016/17). Aunque no son datos elevados, hay que tener en cuenta que el

csv: 266827387222871135862477

número de egresados del Grado de Química en estos cursos ha sido bastante bajo, pero existe una clara tendencia ascendente, según se deduce del número de estudiantes matriculados actualmente en los últimos cursos del grado.

El Máster en Química Aplicada constituirá la etapa formativa de los Programas de Doctorado que se imparten en las cuatro universidades que participan en el Máster, como ya se ha indicado, de los que tres de ellos merecieron la Mención hacia la Excelencia: Química Fina (Universidad de Córdoba) (MEE2011-0109), Ciencia y Tecnología Química (Universidad de Huelva) (MEE2011-0517) y Química Avanzada: Preparación y caracterización de materiales (Universidad de Málaga) (MEE2011-0078). Es de destacar que el número de doctorandos que cursan estos programas es bastante elevado, lo que avala que la demanda potencial del Máster en Química Aplicada pueda ser alta. Por ejemplo, el número de tesis defendidas en el Programa de Doctorado de Química Fina de la Universidad de Córdoba en los últimos cinco años asciende a 93, de las cuales 46 han obtenido la Mención Europea o Internacional y 11 han merecido el Premio Extraordinario de Doctorado. En los Programas de Doctorado de Técnicas Instrumentales en Química y Ciencia y Tecnología Química de la Universidad de Huelva se han defendido 26 tesis doctorales en el periodo comprendido entre 2011 y 2016, de las que 14 han obtenido la Mención Europea o Internacional y 4 han merecido el Premio Extraordinario de Doctorado. En la Universidad de Jaén se matricularon en el programa de doctorado de Química 14 alumnos en los últimos 5 años, se defendieron 3 tesis doctorales, 1 de ellas con Mención Internacional.

2.1.3. Relación de la propuesta con las características socioeconómicas de la zona de influencia del título

Por el carácter interuniversitario de la propuesta, las características socio-económicas de la zona de influencia del título son muy variadas. En cualquier caso, se le facilita al estudiante la posibilidad de una formación superior especializada que le habilitará para continuar estudios de doctorado y/o incorporarse al mercado de trabajo en mejores condiciones.

En lo que se refiere a la provincia de Huelva, el Polo Químico constituye un claro ejemplo de desarrollo social y profesional amparado en la utilización y el conocimiento actualizado de las tecnologías que serán objeto de estudio en el Máster en Química Aplicada. Resulta fundamental destacar la importancia de la dimensión formativa y profesional que tendrá su impartición en un entorno geográfico donde existe una de las mayores concentraciones de Industrias Químicas en España (la segunda en dimensión tras el Polo de Tarragona). En el término municipal de la capital onubense y en la localidad de Palos de la Frontera se ubican quince plantas agrupadas en la Asociación de Industrias Químicas Básicas y Energéticas de Huelva (AIQBE). Es importante destacar que las Industrias Químicas radicadas en el Polo Industrial Onubense (Air Liquide, Algry Química, AtlanticCopper, Cepsa Refinería, Cepsa Química, Enagas, Ence, Endesa Generación, Fertiberia, Repsol YPF, CLH, decal, Electro Química Onubense, Gas Natural Fenosa) representan, además del peso económico (con un valor de producción de 10.056 millones de euros según datos del 2015), y social (con más de 7.800 empleos directos, indirectos e inducidos), una salida laboral para los/as futuros/as egresados del Máster en Química Aplicada. La interacción entre la Industria Química y la Universidad de Huelva queda patente, no sólo por los numerosos convenios de colaboración entre ambas entidades, sino también por la creación y constitución de las Cátedras CEPSA y AIQBE en la

csv: 266827387222871135862477

propia Universidad de Huelva, entre cuyos objetivos destacan los siguientes: promover la investigación y el desarrollo tecnológico, la innovación y la difusión de resultados científicos; la capacitación de postgraduados y la preparación de profesionales y, finalmente, la formación de los alumnos.

No menos importante que el sector químico es el agroalimentario, en el que los cultivos de cítricos y fresas, la industria porcina y la industria vitivinícola basan sus excelentes métodos de control de calidad en las nuevas tecnologías químicas. La construcción del Polígono Agroalimentario Parque Huelva Empresarial, para el que las previsiones del SEPES ubican alrededor de 300 empresas del sector agroalimentario, que están generando 3.000 puestos de trabajo directos y 15.000 indirectos, constituye un dato adicional. Destacan especialmente en este sector agroalimentario la industria ganadera (según el Consejo regulador de la denominación de origen "Jamón de Huelva" en 2007 solo en jamones y paletas se certificaron piezas por un valor superior a los 11 millones de €, y la industria vinícola con varias denominaciones de origen como la de "Vinos del Condado de Huelva". Por ello, el carácter emergente de las enseñanzas que propone el Master abrirá también a los egresados este mercado de trabajo. Además, por su ubicación en este entorno socioeconómico, el Master en Química Aplicada representará una posibilidad adicional de reciclado y puesta al día de los numerosos profesionales que trabajan dentro de estos sectores productivos.

Tanto el INEM como Infoempleo aportan datos para conocer la distribución regional de la Oferta de Empleo en el sector. Ambas fuentes sitúan a Cataluña, Madrid, País Vasco y Andalucía como las Comunidades Autónomas en las que se concentra más del 50% del total de ofertas de empleo. Los principales emplazamientos del sector se sitúan en Tarragona y Huelva, siendo otras zonas importantes el Campo de Gibraltar (Andalucía), Puertollano (Castilla-La Mancha), Cartagena (Murcia), Asturias y Vizcaya (País Vasco). Según constata el informe Infoempleo, el sector químico ha experimentado un fuerte impulso en los últimos años generando en el 2015 un aumento del 12,54% de las ofertas de empleo dentro del macrosector industrial y un aumento del 1,78% dentro del global de la oferta de empleo.

El Máster en Química Aplicada puede completar el currículo de los futuros graduados en Química y otras titulaciones afines y hacerlos competitivos en este entorno. Otras ofertas de empleo para los egresados del Master se orientarían al sector industrial, al alimentario, el de la salud y el docente.

En las provincias de Córdoba y Jaén, los egresados del Máster en Química Aplicada tienen sus principales salidas en el sector agroalimentario como es la industria del aceite, teniendo en cuenta que son las provincias con mayor producción en este sector. Cabe citar también las industrias cárnica y láctea del Valle de los Pedroches y la industria vinícola de la zona de Montilla-Moriles. También es reseñable el sector del Plástico y Polímeros de la provincia de Jaén (ANDALTEC, Centro tecnológico del Plástico).En general, existe una demanda notable de químicos en los laboratorios dedicados al control de calidad de estos productos.

En la provincia de Málaga se encuentra situado el Parque Tecnológico de Andalucía, uno de los referentes de la innovación en el panorama nacional, con el que la Universidad de Málaga ha mantenido una estrecha vinculación desde la creación del mismo y en el que radican tanto empresas de base tecnológica como centros de investigación (BIONAND, Instituto de Hortofruticultura Subtropical UMA-CSIC, etc) que demandan químicos especializados en diferentes campos. A eso se une un activo sector agroalimentario provincial que tiene en las comarcas y zonas aledañas de Ronda, Antequera y Velez-Málaga sus máximos exponentes.

csv: 266827387222871135862477

Finalmente, no hay que olvidar la proyección de Andalucía al mundo hispanoamericano y del norte de África en los que la demanda de estas competencias, conocimientos, tecnologías y destrezas es muy elevada, y se ha constatado por la matriculación de alumnos de esta procedencia en los másteres anteriores de las universidades participantes. Por otro lado, en la presente propuesta se pretende extender la oferta formativa a países europeos que participan en actividades de movilidad de alumnos con estas universidades (especialmente a través del programa Erasmus), los cuales en los contratos de formación actualmente en marcha han manifestado su interés por integrarse en una oferta educativa de posgrado. En este sentido hay que tener en cuenta la experiencia previa de los diversos departamentos de Química que participan en la presente propuesta, con alumnos de pregrado de la República Checa, Eslovenia, Grecia, Francia, Alemania, Portugal y otros, ha sido notable en los últimos 15 años, lo que constituye un aval para la ampliación de esta experiencia al posgrado.

Hay que destacar el papel del Químico como agente gestor del conocimiento y facilitador de la transferencia tecnológica. Prueba de ello es la presencia del Químico en Organismos Intermedios y agentes del Sistema Andaluz del Conocimiento como son Centros Tecnológicos, OTRIs, Agencia IDEA, Confederaciones Empresariales, Red de Espacios Tecnológicos de Andalucía, etc.

Evidentemente, con el cambio de las enseñanzas en el marco del EEES, donde se contempla la formación en dos niveles grado y master, corresponde al master una profundización en la formación y especialización que lo capacita para tomar responsabilidades más altas. Por ello la oferta de un Master en Química Aplicada para los graduados supone un plus en su formación que los habilita para abordar la Gestión de la I+D+i. como:

(1) Formación.
(2) Proyectos de I+D+i.
(3) Ensayos de tipo físico-químico.
(4) Asesoría técnica (registro de patentes, automatización, etc.).
(5) Relación institucional (cooperación empresarial).
(6) Técnicas de innovación.
(7) Homologación de productos.
(8) Certificación de sistemas (calidad, medioambiente, seguridad).
(9) Metrología y calibración.
(10) Tratamientos térmicos y superficiales.
(11) Analíticas.
(12) Otros.

2.1.4. Justificación de la existencia de referentes nacionales e internacionales que avalen la propuesta

El Máster en Química Aplicada responde a una doble necesidad:

a) Cubrir el espacio académico de formación de posgrado en Química en las cuatro universidades participantes, aunando la experiencia y medios humanos y materiales disponibles en los correspondientes departamentos y grupos de investigación que avalan la propuesta.

csv: 266827387222871135862477

b) Seguir atendiendo a la demanda de profesionales que tiene planteado el entorno productivo industrial relacionado con la Química.

Constatada la necesidad de la oferta formativa, su configuración se ajusta a la estructura y contenidos, al menos en lo esencial, de ofertas académicas anteriores de las cuatro universidades. En este sentido, el nuevo Master en Química Aplicada nace como fruto del esfuerzo por agrupar contenidos fundamentales de especialización en la vertiente más aplicada de la Química, así como en técnicas modernas de amplio uso en investigación y en los laboratorios de control de calidad de las empresas. Estos aspectos formativos son imprescindibles para el ejercicio profesional, tanto en el terreno público como en el privado, lo que permitirá a los estudiantes que hayan finalizado su formación en el grado iniciarse en tareas de investigación y desarrollo transferibles a centros públicos o privados. Asimismo, los que deseen dedicarse al ejercicio de la profesión de químicos en empresas del sector, estarán en disposición de afrontar problemas y situaciones que demanden un alto nivel de conocimientos, y la capacidad para aplicarlos.

En España existen diversos másteres de Química cuyos contenidos son, en parte, similares a los del Máster propuesto. Como ejemplos cabe citar los másteres en Química Aplicada (Universidad Autónoma de Madrid), en Ciencia y Tecnología Química (Universidad Complutense de Madrid), en Química (Universidad de Salamanca), en Química Sostenible (Universidad de Zaragoza). La principal diferencia con estos másteres es que son impartidos en su mayoría en una universidad concreta. No obstante, el carácter interuniversitario del nuevo Máster en Química Aplicada le confiere una mayor versatilidad debido a las diversas especialidades ofertadas, fruto de la experiencia de los másteres previamente impartidos por las universidades participantes. Esta oferta permite al estudiante elegir la especialidad que mejor se adapte a sus intereses formativos.

Existe un Máster Interuniversitario de Química Orgánica, titulación impartida conjuntamente por las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid, de Barcelona y de Santiago de Compostela. Los estudiantes deben trasladarse a las distintas universidades para cursar las correspondientes asignaturas. Otro Máster Interuniversitario es el de Química Teórica y Computacional De las Universidades Rovira i Virgili, Autónoma de Barcelona, Barcelona y Gerona, en el que es obligatoria la movilidad de los estudiantes. También existe un Máster Interuniversitario de “Electroquímica. Ciencia y Tecnología” en el que participan nueve universidades españolas. Toda la docencia se imparte en la Universidad de Alicante lo que implica la necesidad de disponer de las correspondientes ayudas para la movilidad de profesores y alumnos. Para evitar esta movilidad, el Máster en Química Aplicada propuesto prevé la utilización de la teledocencia para las asignaturas compartidas por las distintas universidades participantes.

La importancia de la Química en Europa queda reflejada mediante el elevado número de másteres impartidos en diversas universidades y centros de investigación europeos de elevado prestigio. Al igual que en España, existen másteres sobre Química en general, sobre algún área concreta y sobre aspectos aplicados de la química. La amplia oferta disponible pone de manifiesto la demanda social de personal muy cualificado en el campo de la Química.

Si en España el número de Másteres relacionados con los estudios de Química es elevado, como consecuencia del papel relevante de esta titulación en la mayoría de nuestras universidades y la importancia del sector químico en nuestra economía, en el contexto de las universidades europeas este número crece en varios órdenes de magnitud. Muchos son como

csv: 266827387222871135862477

el nuestro interdisciplinares y en general sus contenidos abarcan áreas de actualidad como materiales, biomoléculas, química clínica, química verde, química del medio ambiente, petroquímica, química fina, polímeros, nanoquímica… Hay una diferencia importante, motivada por el plan de estudio del grado, habitualmente tres años. La mayoría de los másteres de las universidades europeas tienen una duración de 2 años (120 créditos) por lo que sus contenidos obviamente dificultan la comparación. No obstante es posible una cierta comparación que demuestra que el modelo dado al Master Universitario presentado es homologable, al menos en sus contenidos y objetivos, con otros másteres europeos. A modo de ejemplo se describirá con brevedad algunos másteres que guardan una cierta relación con el propuesto.

La Universidad de Uppsala, una Universidad de prestigio en el campo de la Química, oferta un Master en Química de dos años de duración en el que el alumno puede elegir siete especialidades (Química Analítica, Bioquímica, Química de Energías Renovables, Química Biológica, Química Orgánica, Química Física y Química Teórica). El Máster está dividido en tres semestres y en el primero los alumnos reciben diferentes cursos en Química que les proporcionan sólidos fundamentos para continuar los estudios de la especialidad en los dos semestres siguientes. El Máster posee una fuerte componente investigadora. El Proyecto fin de Máster puede abarcar hasta 45 créditos y los alumnos tienen la oportunidad de participar en las actividades de los diferentes grupos de investigación y asistir a reuniones de los grupos y seminarios de investigación.

La Universidad alemana de Erlangen-Nürnberg, una de los primeros centros de investigación en los campos de la química básica y aplicada, oferta un Máster en Química y Ciencias Moleculares de dos años de duración. Los estudios abordan un amplio espectro de la Química con contenidos asociados a la química de los alimentos, de productos farmacéuticos, propiedades de los materiales, química molecular, etc. Al estar formado por módulos, el estudiante puede orientar su formación hacia temas específicos, que en parte se asemejan a los objetivos de nuestro Master y que en nuestro caso le hemos llamado especialidades.

En la Universidad de Bolonia se imparte un Máster en Química de dos años de duración y de carácter interdisciplinar. La realización de este Máster supone la especialización en áreas tan diversas como la síntesis de compuestos orgánicos e inorgánicos, incluyendo moléculas de alto valor añadido (química fina) así como biomoléculas. Especial atención se presta a la catálisis enfocada como materia básica para la para la producción eficiente y medioambientalmente sostenible de sistemas químicos. Paralelamente, los alumnos adquieren conocimientos precisos en modernas técnicas de caracterización y análisis químico, aplicables a sectores tan variados la industria química, los alimentos, la biología o el medio ambiente.

Las universidades francesas de la Sorbona y Paris Diderot ofrecen un Máster en Química interdisciplinar de dos años de duración dividido en tres especialidades: (i) Electroquímica Molecular y Biológica; (ii) Superficies, Interfases y Materiales Funcionales; (iii) Superficies, Láminas delgadas y Materiales Nanométricos. En el primer año los estudiantes adquieren el bagaje científico necesario para en el segundo año proceder a la especialización. Cada especialidad consta de módulos específicos (nanomateriales, electrónica molecular, captadores y biocaptadores, propiedades electrónicas de los nanoobjetos, ultramicroelectrodos, análisis de superficie, modelización molecular, análisis químico etc.). Las materias impartidas por las diferentes áreas de la Química (Analítica, Química Física,

csv: 266827387222871135862477

Inorgánica y Orgánica) constituyen los contenidos básicos del máster y ayudan al alumno a la elección de la especialidad.
De esta breve exposición se puede afirmar que el modelo de Máster presentado es comparable a otros impartidos en numerosas universidades europeas de prestigio tanto académico como de investigación.

2.1.5. Relación de la propuesta con la situación del I+D+i del sector científico-profesional.

Como se ha comentado en el apartado 2.1.3, se prevé que el titulado en el Master en Química Aplicada adquiera la formación requerida para realizar tareas de I+D+i. Hay que indicar que una parte destacable de los contenidos del Máster está relacionada con las acciones estratégicas del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, tales como "Biotecnología, Energía y Cambio Climático", "Nanociencia y Nanotecnología", "Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales". Por otra parte, los componentes de los grupos de investigación involucrados en el Máster mantienen niveles de investigación y de relación con empresas que quedan patentes en las diferentes Menciones de Calidad y hacía la Excelencia en las que han participado dentro de los correspondientes Programas de Doctorado.
El Máster en Química Aplicada propuesto tiene, por tanto, una estrecha relación con la situación del I+D+i toda vez que constituye una plataforma en la que el profesorado perteneciente a los distintos grupos de investigación participantes dará a conocer a los estudiantes los avances en Química y los resultados de sus investigaciones. Como consecuencia directa, el Máster permitiría a los estudiantes acceder a los Programas de Doctorado en Química que se desarrollan en las cuatro universidades participantes. Además, y sin perjuicio de lo anterior, el Máster tiene relación con el sector profesional pues ofrece a los estudiantes diversas especialidades que les permitirán acceder al mercado de trabajo en el sector químico, o relacionado, en mejores condiciones y les facultará para desarrollar nuevas estrategias o incorporarse a grupos ya constituidos en industrias del sector. Adicionalmente, la inclusión de prácticas externas en la estructura del Máster contribuirá a acercar al estudiante al sector empresarial.
En el contexto de los programas actuales de defensa del medio ambiente y de la calidad de la producción, como el REACH (Reglamento Europeo CE 1907/2006 relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos), es evidente que la industria necesita un control y evaluación de sus procesos, tanto productivos como de gestión de los residuos que genera. Esto representa un problema fundamental para el desarrollo industrial sostenible. Con esta perspectiva, se pretende formar al estudiante del Máster en el control de materiales y procesos que les permita evaluar la calidad y diferenciación de sus productos, así como de los residuos, a fin de cumplir con la normativa europea.
Las competencias y destrezas que se esperan del estudiante al concluir el Máster o, posteriormente, en el Doctorado, coinciden de manera explícita con los descriptores para ambos títulos propuestos en Dublín en 2002. Planteándose como objetivo principal la necesidad de formar profesionales que, no sólo conozcan y sepan realizar las operaciones básicas relativas a las distintas tecnologías químicas, así como la metodología a seguir, sino

csv: 266827387222871135862477

que además tengan capacidad crítica y de síntesis para afrontar y resolver las cuestiones derivadas del desarrollo profesional del químico. Esta última competencia constituye un verdadero motor de la I+D en las empresas o en los organismos públicos de investigación (OPIs) en los que estos profesionales participan. Así, pueden enumerarse los siguientes objetivos formativos: (i) evaluación de las tecnologías y los métodos químicos instrumentales más apropiados a partir del estudio de la bibliografía; (ii) adaptación de dichos métodos al problema o problemas concretos que se intenta solucionar, modificándolo si fuese necesario; (iii) diseño del protocolo más adecuado a la necesidad o necesidades existentes, considerando parámetros relacionados con la disponibilidad de equipamiento, tiempo de análisis, coste, etc; (iv) diseño del proceso; (v) evaluación y análisis del proceso; (vi) evaluación y análisis de los resultados y extracción de conclusiones; (vii) elaboración de informes.

Cabe destacar también que algunas de las especialidades ofertadas en el Máster en Química Aplicada incluyen materias que inciden en el campo científico de la Nanociencia y la Nanotecnología, lo que constituye actualmente un área de investigación prioritaria a nivel mundial. Algunos equipos de investigación en los que trabaja parte del profesorado del Máster pertenecen a la Red Española de Nanotecnología (NanoSpain) cuyo objetivo prioritario es promover el intercambio de conocimiento entre grupos españoles que trabajan en este campo, fomentando la colaboración entre universidades, instituciones de investigación públicas y privadas, e industria. Asimismo, este profesorado participa activamente en los Encuentros sobre Nanociencia y Nanotecnología de Investigadores y Tecnólogos Andaluces (NANOUCO) que se celebran desde el año 2008 en la Universidad de Córdoba.

También hay que indicar que una parte del profesorado que se prevé que imparta docencia en el Máster pertenece al Instituto Universitario de Investigación de Química Fina y Nanoquímica (IUIQFN) de la Universidad de Córdoba, el cual procede del anterior Instituto Andaluz de Química Fina y Nanoquímica registrado como Agente Andaluz del Conocimiento con nº AC00173CI. El IUIQFN fue creado por el Decreto 254/2011, de 29 de julio de 2011, del Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía, BOJA núm. 148 de 29 de julio de 2011. El IUIQFN es un Centro de la Universidad de Córdoba que pretende contribuir de forma eficaz y eficiente a la creación de conocimiento (investigación básica), al desarrollo y a la transferencia del conocimiento (innovación) en los ámbitos interrelacionados de la Química Fina y la Nanoquímica. Esta actividad centrada en la investigación se complementa con una importante tarea académica dirigida a la formación de estudiantes de máster y doctorado y de personal especializado en técnicas y metodologías útiles en ambos campos de trabajo. Como objetivo estratégico, el IUIQFN pretende dar una dimensión andaluza a la estructura del Instituto, incorporando grupos de investigación o investigadores de otras Universidades de Andalucía que desarrollen su actividad en el campo de la Química Fina y la Nanoquímica. La colaboración entre las universidades andaluzas que participan en el Máster en Química Aplicada abre perspectivas prometedoras para que este objetivo se alcance a medio plazo ya que facilitará la interrelación entre grupos de investigación afines a la Química Fina y la Nanoquímica y la posibilidad de su integración en el Instituto.

Asimismo, esta interrelación, y el carácter multidisciplinar del consorcio representado por las cuatro universidades que se integran en la realización del presente máster se enriquecerá con la participación de otros tres centros de investigación aprobados por la Junta de Andalucía e integrados en el catálogo de Agentes del Sistema Andaluz del Conocimiento, todos adscritos a la Universidad de Huelva: el Centro de Investigación en Química Sostenible (CIQSO), el Centro

csv: 266827387222871135862477

de Investigación en Recursos Naturales, Salud y Medio Ambiente (RENSMA) y el Centro Internacional de Estudios y Convenciones Ecológicas y Medioambientales (CIECEM). Es de destacar también otro centro de investigación de referencia en Andalucía, en este caso con sede en el Parque Tecnológico de Andalucía en Málaga, el Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología (BIONAND), que acoge ya en sus instalaciones a grupos de investigación regentados por profesores del Máster.

2.2. Referentes externos a las Universidades de Córdoba, Huelva, Jaén y Málaga que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características académicas

Para realizar el diseño del Máster en Química Aplicada se han tenido en cuenta las siguientes referencias externas:

- Real Decreto 861/2010 que modifica el 1393/2007 por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales
- Libro Blanco del Título de Grado en Química (ANECA, 2004)
- Libro Blanco del Título de Grado en Ciencias Ambientales (ANECA, 2004)
- Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería Industrial (ANECA, 2006)
- Marco Europeo de Cualificaciones para la Educación Superior (Descriptores de Dublín)
- Proyecto "TuningEducationStructures in Europe", Informe final, Proyecto piloto (fase I) ISBN: 84-7485-892-5. (http://ec.europa.eu/education/policies/educ/tuning/tuning_en.html)
- The Chemistry Eurobachelor, del ECTN. Versión de Enero de 2007
- Guía Común de la Titulación de Química para las Experiencias piloto de adaptación al sistema ECTS. (Mayo de 2003, Junta de Andalucía)
- Proyecto EA2007-0243 del Ministerio de Ciencia e Innovación titulado "Evaluación de las Competencias de los estudiantes de los futuros grados de la rama de conocimiento de Ciencias".
- Directrices dadas por los Vicerrectores de Posgrado de las Universidades implicadas en el máster, junto con las propias de las cuatro universidades participantes para la elaboración de los Títulos de Master.

El Máster que se presenta es coherente con el modelo aplicado en otros programas similares en Universidades españolas, según el cual se conforma un núcleo de conocimientos en las áreas fundamentales de la Química que se consideran relevantes para el ejercicio profesional de los graduados, tanto en la vía más académica (investigación y docencia) como en el desarrollo de la actividad profesional en entidades no académicas. El programa propuesto coincide con otros comentados, en cuanto a la aplicación de técnicas modernas de diversas disciplinas de la Química a la resolución de problemas y retos científicos necesarios para el desarrollo de la ciencia y el desarrollo industrial.

También se ha consultado mediante encuestas la opinión de los estudiantes egresados del Máster Interuniversitario en Química que se imparte actualmente, considerando los resultados de estas encuestas al realizar el diseño de los contenidos del máster.

La estructura adoptada para el Máster en Química Aplicada ha tenido en cuenta los contenidos de otros másteres en Química ofertados por diversas universidades españolas y europeas, algunos de ellos comentados en el Apartado 2.1.4 de esta Memoria. Obviamente, también se ha considerado la experiencia del profesorado que imparte o ha impartido docencia en el

csv: 266827387222871135862477

Máster Interuniversitario en Química actualmente vigente. Esta experiencia ha permitido consensuar tanto los contenidos de las materias comunes que impartirá conjuntamente el profesorado de las cuatro universidades como la propuesta de las distintas especialidades que se ofertan.

2.3. Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

Como ya se ha indicado, el Máster Interuniversitario en Química Aplicada por las Universidades de Córdoba, Huelva, Jaén y Málaga que se propone tiene como punto de partida el Máster Interuniversitario en Química, actualmente vigente, en el que participan estas universidades junto con las de Almería y Cádiz. Dado que estas dos universidades han manifestado su propósito de desvincularse del máster a partir del curso 2018-19, y que las otras cuatro universidades consideran muy positivas las sinergias conseguidas con el trabajo conjunto interuniversitario, estas universidades han optado por solicitar un nuevo máster interuniversitario.

Se ha formado una comisión de trabajo, con representación de las cuatro universidades para elaborar la propuesta del plan de estudios, la cual está formada por:

Universidad de Córdoba: Francisco José Romero Salguero

Universidad de Huelva: José Luis Gómez Ariza

Universidad de Jaén: Pablo Linares Palomino

Universidad de Málaga: Enrique Ramírez Losilla

Además, cada universidad cuanta con una subcomisión que ha participado activamente en el diseño de los contenidos del máster.

La comisión de trabajo ha acordado que la Universidad de Córdoba actúe como coordinadora del nuevo máster y se encargue de solicitar el correspondiente Verifica.

Dentro de los procedimientos de consulta internos utilizados para elaborar el plan de estudios de este máster se ha tenido muy en cuenta la experiencia adquirida en los últimos cuatro cursos, durante los que se han mantenido numerosas reuniones con profesores y estudiantes del máster para conocer los problemas que han ido surgiendo y buscar la mejor forma de solucionarlos. Los estudiantes del máster han mostrado durante estos cursos su plena satisfacción por la especialidad estudiada y el desarrollo del trabajo fin de máster, resultándoles más complicadas las asignaturas comunes debido al uso de videoconferencia y a la participación de varios profesores de distintas sedes en la docencia de estas asignaturas. Puesto que en el nuevo máster ha sido necesario mantener la docencia de estas asignaturas comunes por videoconferencia y la docencia compartida entre varios profesores, debido a su carácter interuniversitario, se pretende mejorar este aspecto del máster con un mayor control en la coordinación de estas asignaturas y la participación de un menor número de profesores en cada una de ellas.

Para elaborar el Plan de Estudios del nuevo máster se han seguido en primer lugar las directrices dadas por los Vicerrectores de Posgrado de las cuatro universidades, en las que se indica que debe incluir: 1) un módulo común de 20 créditos, 2) un módulo de especialización de 20 créditos por universidad participante, 3) prácticas externas obligatorias de 6 créditos, y 4) trabajo fin de máster de 14 créditos. A partir de estas pautas se ha procedido a desarrollar la

csv: 266827387222871135862477

propuesta del plan de estudios, la cual ha sido trasladada a los Consejos de los Departamentos a los que pertenece el profesorado que se responsabiliza de la docencia del nuevo máster.

La labor de la comisión de trabajo no se ha limitado a una reflexión en el seno de la misma o en ámbitos académicos, sino que ha establecido contactos y recibido sugerencias y recomendaciones de diversos colectivos tales como los Colegios de Químicos y Asociaciones de Industrias Químicas. Caben citar, por ejemplo, reuniones celebradas con el decano del Colegio Oficial de Químicos de Sevilla, D. Miguel Ángel Portillo Aguirre, y con el vocal de esta Corporación, D. Miguel Carranza Ariza, así como con el decano del Colegio Oficial de Químicos de Huelva, D. Antonio García Sánchez. Asimismo, se concertó una reunión con el Presidente de la Asociación de Químicos de Andalucía, D. Fernando Romero Guzmán y el gerente de Asociación de Industrias Químicas Básicas y Energéticas de Huelva (AIQBE), D. Rafael Romero García. También se han consultado a egresados del máster actual vinculados a las diversas universidades durante la realización de la tesis doctoral.

Con objeto de ampliar el nivel de información para elaborar el plan de estudios, se han realizado consultas a especialistas y profesionales a los que la comisión ha tenido acceso, los cuales han aportado su experiencia profesional, proporcionando una visión complementaria de gran utilidad.

Los resultados de todas estas consultas y el trabajo de la comisión y de las subcomisiones de cada sede han llevado a la conclusión de proponer un máster de carácter multidisciplinar y aplicado dentro de la Química, con la participación de las diversas áreas de dicha disciplina, con objeto de lograr una formación avanzada sólida, pero con la posibilidad de especializarse a través de rutas o itinerarios en las diversas universidades participantes. En definitiva, la conclusión final lograda con las diversas consultas realizadas ha sido <u>unir lo fundamental/avanzado con la aplicación, la especialización y la multidisciplinariedad.</u>

A partir de toda la información obtenida, se ha optado por estructurar el máster en cuatro módulos:

- Un módulo fundamental, obligatorio para todos los estudiantes y con la participación de las áreas de Química Analítica, Química Física, Química Inorgánica y Química Orgánica de las cuatro sedes, con el objetivo de conseguir un efecto nivelador en la formación de los estudiantes.
- Un módulo de especialidades, el cual se ha organizado considerando la experiencia del profesorado de cada universidad y las líneas de investigación en las que trabaja.
- Un módulo de prácticas externas.
- Un módulo del Trabajo Fin de Máster.

csv: 266827387222871135862477