

Modelos de Memoria Xustificativa e Memoria Económica (Orde de 20 de marzo de 2012 que desenvolve o Decreto 222/2011, sobre autorización de titulacións oficiais no Sistema Universitario de Galicia)

http://www.xunta.es/dog/Publicados/2012/20120329/AnuncioG0164-220312-13863_gl.pdf

ANEXO I Memoria xustificativa (artigo 5.1.a)

* Requisitos xerais:

I. Xustificación de interese socioeconómico para a Comunidade Autónoma.

– Estudo sobre a incidencia e beneficios xerais e económicos derivados da nova ensinanza (xustificación da oportunidade da titulación).

El Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología responde a la necesidad de integrar en un cuerpo de conocimiento los avances que se están produciendo en el campo de la nanociencia y las aplicaciones tecnológicas de los nanosistemas en ámbitos muy diversos. Si bien algunos conceptos asociados con la nanociencia y la nanotecnología son objeto de atención en materias de grado de grandes áreas como Ciencias y Ciencias de la Salud, no existe en el Sistema Universitario de Galicia (SUG) ninguna oferta formativa que ofrezca una visión de conjunto del cuerpo de conocimiento de la nanociencia ni de los procesos tecnológicos de producción, caracterización y aplicaciones de los nanosistemas.

La nanociencia y la nanotecnología se centran en el estudio y el empleo de materiales en la nanoescala y encuentran aplicación en todos los campos científicos, incluyendo la biomedicina, la química, la biología, la física, la ciencia de materiales, y la ingeniería. Los avances más relevantes del siglo XX y los que se esperan en el siglo XXI están directamente asociados a un mejor conocimiento de los procesos que tienen lugar en la nanoescala y a la posibilidad de modularlos y preparar nuevos materiales con propiedades y capacidades inalcanzables de una manera diferente. No obstante, el grado en que se desarrollen la nanociencia y la nanotecnología depende de la formación de los nuevos profesionales. Como se destaca en análisis recientes, existe una **clara necesidad de “alfabetizar” en el sector de la nanociencia y la nanotecnología** asumiendo su carácter trans-, inter- y multidisciplinar intrínseco, que impide su abordaje en el entorno de una sola rama de conocimiento.

En un ámbito como el actual en el que todos los sectores socio-económicos están influidos cada vez más por la aplicación transversal del conocimiento, el Master en Nanociencia y Nanotecnología pretende actuar como **polo de formación de nuevos profesionales y de atracción del conocimiento para el avance científico-tecnológico, y como promotor de la actividad económica de empresas de base tecnológica.**

La Nanociencia y Nanotecnología tienen el potencial de transformar la medicina, la biotecnología, la agricultura, la industria manufacturera, la ciencia de los materiales, la industria aeroespacial, las tecnologías de la información y las telecomunicaciones, entre otros muchos sectores. La **cuarta revolución industrial** se fundamenta principalmente en la interdisciplinariedad y versatilidad de técnicas y procedimientos que son aplicables a campos muy diversos. A modo de ejemplo, herramientas como Big Data (que permite el tratamiento y análisis inteligente de amplios conjuntos de datos), Chatbot (que permite establecer plataformas conversacionales con robots), Impresión 3D (que permite la fabricación y elaboración de prototipos cuya efectividad puede ser probada y adaptada más rápido que

nunca), o Wearables (dispositivos electrónicos que se incorporan en alguna parte del cuerpo, en forma de prenda o complemento, para captar señales que se convierten en información digital) deben buena parte de su avance al progreso en nanociencia y nanotecnología. La convergencia de la **biotecnología**, la **nanotecnología** y la **informática** (principalmente la cognotecnología o cómo la información es representada y transformada en la mente humana), conforman el **triángulo del saber en el que se basará la producción del siglo XXI**.

A nivel mundial se están sucediendo grandes cambios en los sistemas económicos impulsados por el **crecimiento exponencial de las nuevas tecnologías**. En este marco, la nanotecnología es una pieza estratégica de la aceleración de la tecnología avanzada, indispensable para la competitividad, y capaz de transformar la futura economía global; hasta tal punto que se estima que **el nivel de desarrollo en nanociencia y nanotecnología se utilizará como índice de la viabilidad y la riqueza de las naciones, las organizaciones y las industrias en un futuro no muy lejano**. Se prevé que esta nueva revolución industrial afecte a todas las vertientes de la economía: tipos de empleos, inputs tecnológicos, nuevas ofertas, nuevas demandas. La generación de materiales, productos y servicios altamente innovadores y la automatización de procesos complejos afectarán a la inmensa mayoría de la industrias relacionadas con cadenas de abastecimiento, canales de distribución, cadenas de valor, etc. Al tiempo que surgen nuevos sectores productivos, los más tradicionales deberán readaptarse, previsiblemente en espacios de tiempo muy reducidos. Los países más avanzados se están posicionando para formar profesionales que puedan sacar partido de las posibilidades que ofrece **la industria 4.0** minimizando los riesgos socioeconómicos que lleva consigo para las actividades productivas tradicionales. El *Center for Responsible Nanotechnology* (http://crnano.org/about_us.htm) hace referencia explícita a que una implementación rápida y no regulada de la nanotecnología a todos los niveles industriales llevaría a la desaparición de numerosas líneas de producción de productos no fabricados con nanotecnología, que dejarían de ser competitivos, con la consiguiente pérdida de empleos y la posible aparición de monopolios ligados a estos grandes saltos tecnológicos. Para evitar que las infraestructuras económicas queden obsoletas en muy poco tiempo es necesaria una apuesta clara por las tecnologías emergentes. Aun cuando la nanoproducción masiva no sea un hecho inmediato y la nanotecnología molecular (para la aplicación de la robótica a nanoescala generando nanomáquinas) se encuentre en un estado incipiente de desarrollo, los avances ya tangibles en nanomedicina (diagnóstico por técnicas avanzadas no invasivas, tratamientos personalizados, nanomedicamentos dirigidos selectivamente a células afectadas) y en la miniaturización de la industria de la computación son ya una realidad. Los países más preparados y conscientes de la revolución nanotecnológica están llamados a experimentar las mejoras socioeconómicas más relevantes y sostenibles.

El Master que se propone se alinea con la apuesta clara de la Comunidad Autónoma de Galicia por la industria 4.0 (<http://www.igape.es/es/ser-mais-competitivo/galiciaindustria4-0>).

El Master está abierto a graduados en titulaciones científicas y técnicas muy diversas, y busca proporcionar los conocimientos complementarios necesarios para que los egresados se puedan integrar en grupos de trabajo altamente competitivos dedicados a la investigación, la formación continuada, y/o la reglamentación en nanociencia y nanotecnología. La nanotecnología debe ser un ejemplo a medio plazo de la rentabilidad de la sociedad del conocimiento. Las inversiones en I+D deben propiciar una economía más fuerte, que vaya dando forma a nuevos sectores productivos e infiltrándose intersectorialmente para ganar competitividad internacional.

El Master en Nanociencia y Nanotecnología se alinea con **los principios de la Estrategia de Especialización Inteligente (RIS3)** (http://www.ris3galicia.es/?page_id=3911&lang=es) y debe contribuir a posicionar a Galicia como región líder del sur de Europa en innovación. Los nuevos titulados estarán en condiciones de contribuir a abordar con mayores garantías de éxito los tres grandes retos. En lo que se refiere al RETO 1 *Nuevo modelo de gestión de recursos*

naturales y culturales basado en la innovación, la nanociencia y la nanotecnología aportan herramientas innovadoras para la modernización de los sectores primario y secundario, particularmente en lo que se refiere a mejoras en los procesos de extracción y valorización de productos naturales y en el aprovechamiento de las fuentes naturales de energía.

La nanociencia y la nanotecnología tienen un impacto directo en el RETO 2 *Nuevo modelo industrial sustentado en la competitividad y el conocimiento*. Además de tratarse de una de las principales tecnologías facilitadoras, la nanotecnología requiere entornos multidisciplinares para su desarrollo, con las ventajas que de ello se derivan para impulsar el conocimiento y mejorar la competitividad industrial.

En lo que se refiere al RETO 3 *Nuevo modelo de vida saludable cimentado en el envejecimiento activo de la población*, la nanociencia y la nanotecnología tienen numerosas implicaciones sociales y un enorme impacto en la vida diaria de las personas (salud, alimentación, vivienda, comunicaciones, electrónica, automoción, transporte aéreo, energía, textiles, preservación del medioambiente,...). La nanociencia y la nanotecnología constituyen dos pilares fundamentales de los avances en los sectores de la salud, aportando soluciones más eficaces para la sostenibilidad del sistema sanitario, y de la alimentación, contribuyendo al desarrollo de alimentos más seguros y con prestaciones diferenciadas (funcionales).

- Carácter esencial ou estratéxico: resposta a necesidades prácticas e científicas do SUG.

El Master Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología ha sido diseñado para cubrir las necesidades profesionales y de investigación en todas las áreas relacionadas. Para ello, integra conocimientos teórico-prácticos que abarcan desde el diseño racional de materiales en la nanoescala, incluyendo fundamentos de bio-nanotecnología y diseño computacional, y los procedimientos de obtención de nanoestructuras, hasta la modelización de sus propiedades, las técnicas de caracterización, las aplicaciones tecnológicas y biomédicas, y los aspectos toxicológicos y regulatorios asociados a su uso. Mediante un exhaustivo estudio del estado del arte actual de la nanociencia y la nanotecnología y más de un año de reuniones con expertos académicos de distintas áreas relacionadas y del sector productivo, se ha conseguido aunar conocimientos transversales de las tres grandes áreas de conocimientos: Ciencias de la Salud, Ciencias, e Ingeniería y Arquitectura, requeridas para entender los avances futuros próximos en el campo de la nanociencia y la nanotecnología.

Para asegurar su éxito, el Máster compagina el enfoque profesional y el académico/investigador mediante la oferta de dos orientaciones/ramas bien diferenciadas:

(a) una de **Tecnología de Nanomateriales**, destinada a formar personal nuevo o a ofrecer formación continuada a profesionales que pretendan integrarse o ya estén integrados en sectores socioeconómicos relacionados con cualquier actividad que requiera conocimientos sobre nanociencia y nanotecnología, incluyendo centros de investigación tecnológicos (AIMEN, CTAG), Institutos punteros de I+D+i como el Laboratorio Ibérico de Nanotecnología (INL), así como importantes empresas del tejido industrial gallego, como las incluidas en los clústers de empresas de automoción (<http://www.ceaga.com/>), del sector naval ([http://aclunaga.es/\(S\(irevdbemgell4s1loqimtp5\)\)/aclunaga.aspx](http://aclunaga.es/(S(irevdbemgell4s1loqimtp5))/aclunaga.aspx)), de la madera (<http://clustermadeira.com/>), o de las energías renovables (<http://www.cluergal.org/>) y en la confederación de industrias textiles de Galicia (<http://www.cointega.com/>), entre otros.

(b) otra de **Bio-Nanotecnología**, destinada a formar personal nuevo o a ofrecer formación continuada a profesionales que pretendan integrarse o ya estén integrados en sectores socioeconómicos relacionados con los conocimientos y aplicaciones de la nanociencia y la nanotecnología al ámbito bio. En estos sectores se incluyen centros de investigación sanitarios

(IDIS, Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur), Institutos punteros de I+D+i como el Laboratorio Ibérico de Nanotecnología (INL), así como importantes empresas del tejido industrial gallego integradas en los clústers tecnológico empresarial de ciencias de la vida (<https://www.bioga.org/o-cluster/>), de salud (<https://clustersaude.com/>) o de acuicultura (<http://www.cetga.org/>), entre otros.

En ambas ramas, la formación académica otorga los conocimientos necesarios a aquellos estudiantes interesados en desarrollar una carrera científica a través de programas de doctorado.

Para ello, participa personal docente e investigador de las Universidades de Santiago de Compostela (USC) y de Vigo (UVigo) de reconocida experiencia y prestigio en el ámbito de la nanociencia y la nanotecnología, junto con profesionales sanitarios y de sectores industriales relacionados, que permiten dar respuesta a las necesidades de una formación actualizada multidisciplinar. El presente Máster nace con una vocación claramente **interuniversitaria e interdisciplinar**: Interuniversitario, porque participan tanto profesionales de la USC como de UVigo; interdisciplinar, porque se agrupan en este título los distintos perfiles, orientaciones y aplicaciones de la nanociencia y la nanotecnología en los ámbitos de las ciencias experimentales, ciencias de la salud e ingeniería, con la incorporación de especialistas en las materias correspondientes con el fin de proveer la mejor y más amplia formación a los estudiantes.

Para todos estos fines, el máster tiene una carga lectiva en 60 créditos ECTS, con 18 ECTS optativos en las ramas antes indicadas. Además, se han establecido 6 ECTS para **prácticas en empresas** y 15 ECTS para el Trabajo Fin de Máster (TFM).

La docencia teórica se impartirá en modo presencial o por videoconferencia simultánea a todos los alumnos en función de su ubicación física (USC o UVigo), mientras que la docencia práctica tendrá lugar en los distintos laboratorios destinados a tal efecto en los centros pertinentes. Los plazos de preinscripción y matrícula se publicarán de modo oficial en la web de las universidades y se indicarán en otros apartados de la web propia del máster.

El Programa de Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología persigue como objetivo fundamental la formación de profesionales cualificados y especializados con una formación científica y técnica interdisciplinar, preparados para trabajar con diversos tipos de materiales empleados en una amplia variedad de aplicaciones tecnológicas y/o procesos productivos, y con una elevada capacidad de adaptación en cualquier tarea/trabajo relacionado con procesos productivos o de I+D+i en donde la nanociencia y la nanotecnología juegan un papel clave.

La implantación de un Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología en el Sistema Universitario Gallego debe permitir:

1. Que se oferte formación de posgrado en un campo multidisciplinar emergente en el que el sistema universitario gallego no tiene un título específico a pesar del reconocimiento internacional de los investigadores de nuestra Comunidad Autónoma en nanociencia y nanotecnología. El Master debe constituir una **herramienta de tracción de la I+D+i de Galicia** al explotar de manera ordenada y eficiente la economía del conocimiento. A modo de ejemplo, el impacto de las investigaciones en nanomedicina desarrolladas en Galicia, reconocidas a nivel mundial, encontraría a través del Master un cauce adicional para una mejor entrega del avance del conocimiento a la sociedad en general y a los sectores sanitarios y regulatorios implicados, en particular.

2. **Dar respuesta a la demanda real de graduados** en carreras científicas y técnicas que buscan formarse en nanociencia y nanotecnología, y que en la actualidad deben desplazarse a otras comunidades autónomas o incluso fuera de España para satisfacer sus necesidades de formación. En la Memoria de Verificación del título se ofrece una relación de la oferta actual de másteres relacionados con la nanociencia y la nanotecnología, resaltando la ausencia de oferta en el entorno de la Comunidad de Galicia y también las peculiaridades del presente master que lo deben convertir en un foco de atracción de talento desde otras regiones de España y Europa. Todos los organismos públicos (europeos, nacionales y autonómicos), en los sucesivos programas y planes de investigación (Programas Marco Europeos, Programas Nacionales de Investigación y Desarrollo), priorizan la formación y la investigación dirigida a la nanociencia y la nanotecnología.

3. **Satisfacer las necesidades de personal altamente cualificado en nanotecnología** planteadas por las empresas de base tecnológica que desarrollan su actividad en nuestro entorno. La implementación de la industria 4.0 demanda profesionales con formación multidisciplinar en el ámbito de la nanociencia y la nanotecnología; sólo así se podrá hacer frente a los retos futuros. Esto implica no sólo a los departamentos de I+D de PYMES y grandes empresas, sino también al creciente número de empresas de base tecnológica que tienen su origen en patentes surgidas de universidades y centros tecnológicos gallegos (NANOGAP, KERAMAT, NEOKER, SCORBIOTECH, NANOIMMUNOTECH, NANOFABER o HGBEYOND) que demandan personal con conocimientos y habilidades adaptadas al nuevo marco socioeconómico en el que la competitividad se mide a nivel global. La captación/formación del personal cualificado es probablemente el activo más difícil de gestionar y retener, por lo que resulta imprescindible que el SUG proporcione egresados altamente cualificados de manera regular a nuestra comunidad y entornos próximos. Sólo así se logrará el crecimiento y la expansión de las empresas y los centros tecnológicos, el incremento de su cuota de mercado y la entrada en nuevos nichos.

- Equilibrio territorial do SUG: xustificación do campus elixido para a implantación da ensinanza en relación á especialización deste.

Este Master Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología surge del **trabajo conjunto de miembros de las Universidades de Santiago de Compostela y Vigo** por dar respuesta a una demanda real de formación. Incorpora personal altamente cualificado de la USC y UVigo y contempla la participación de profesionales procedentes de áreas externas e integrados en centros de investigación punteros y en el tejido industrial gallego, nacional e internacional. Con ello, se pretende dotar al Master de la visión trans-, inter- y multidisciplinar intrínseca a la nanociencia y la nanotecnología.

Este Programa de Máster se desarrollará conjuntamente en los Campus de Santiago de Compostela de la USC y de Vigo de la UVigo, coordinando las materias de modo que el profesorado imparta los conocimientos teóricos de manera presencial o a través de videoconferencia simultáneamente a todos los alumnos independientemente de su ubicación

física. La docencia práctica (laboratorio) también se impartirá en la USC y la UVigo aprovechando el conocimiento experto y la infraestructura de los grupos de investigación en los que se engloban los docentes del Master. Aunque es factible la duplicidad de algunas prácticas en los dos campus, en la medida de lo posible se potenciará que los alumnos se integren como un solo grupo facilitando su desplazamiento al campus correspondiente utilizando los medios de transporte público o los disponibles en cada una de las universidades. Se pretende así fomentar el enriquecimiento personal de cada alumno por exposición a compañeros, docentes y ámbitos tecnológicos muy diversos. En el Campus Vida de Santiago de Compostela se desarrollarán, entre otras, algunas actividades más relacionadas con el módulo de Bio-Nanotecnología, especialmente las actividades prácticas sobre aspectos de nanomedicina, contando con el apoyo de los grupos de las Facultades de Farmacia, Medicina, Física y del CIMUS, CIQUS y CITIUS en los que se integran investigadores docentes en el Master. En el Campus de Vigo se abordarán algunas de las prácticas del módulo de Tecnología de Nanomateriales y del módulo de Bio-Nanotecnología, especialmente aquellas que requieren el acceso a equipos exclusivos en UVigo de preparación y caracterización de nanoestructuras utilizando técnicas punteras e infraestructuras singulares, como salas blancas. Para ello, en la Uvigo se contará con el apoyo de los grupos de las Facultades de Química, Biología, Ingeniería Industrial y del Centro de Investigaciones Biomédicas (CINBIO), en los que se integran investigadores docentes en el Máster.

II. Mercado laboral.

- Estudio das necesidades do mercado laboral en relación coa titulación proposta.

El Programa de Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología trata de responder a la **necesidad de formar especialistas en este ámbito**. La preparación multidisciplinar requerida por un posgraduado en Nanociencia y Nanotecnología se centra, en particular, en conocimientos teórico-prácticos que abarcan desde el diseño racional de materiales en la nanoescala, incluyendo fundamentos de bio-nanotecnología y diseño computacional, y los procedimientos de obtención de nanoestructuras, hasta la modelización de sus propiedades, las técnicas de caracterización, las aplicaciones tecnológicas y biomédicas, y los aspectos toxicológicos y regulatorios asociados a su uso.

Además de los **conocimientos y habilidades científico-tecnológicos específicos**, en la elaboración del Programa del Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología se ha tenido en cuenta la lista de las 10 **competencias transversales** (denominadas “soft skills”) más valoradas por los empleadores, elaborada por la agencia gubernamental de Reino Unido *National Careers Service* (<https://nationalcareersservice.direct.gov.uk/>): tomar decisiones, compromiso, comunicación interpersonal, flexibilidad, gestión de tiempo, liderazgo, creatividad y resolución de problemas, trabajo en equipo, responsabilidad y saber trabajar bajo presión. Para potenciar el desarrollo de estas habilidades, en el Programa se incluye una materia obligatoria sobre Planificación Estratégica y Gestión de Proyectos, que junto con la experiencia que adquiera el alumno en las prácticas externas y el desarrollo del TFM, debe contribuir a formar profesionales adaptables, flexibles, creativos y dispuestos a aceptar retos y cambios.

La industria nanotecnológica tiene una de las **tasas de crecimiento más altas a nivel mundial** y

una buena prueba de la creciente demanda de empleo en el sector es el amplio número de plataformas digitales en las que se recogen las **ofertas de empleo** que surgen tanto desde el sector público como del privado (<https://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/empleos.htm>; <https://academicpositions.es/jobs/micro-nanotechnology>; <http://www.nanospain.org/jobs.php?p=j>). Se estima que a nivel mundial la demanda de especialistas en nanotecnología supera los **dos millones de empleos**, de los cuales 400,000 corresponden a Europa, 500,000 a Japón, y un millón a USA. El *National Nanotechnology Infrastructure Network* de USA estima que los salarios en la industria nanotecnológica oscilan entre \$35,000 – \$50,000 para un graduado a \$75,000 – \$100,000 para una persona con formación de doctor.

Según el Catálogo de Compañías Nanotecnológicas de España (*Catalogue of Nano Companies in Spain 2017*) elaborado por la Phantoms Foundation, en España desarrollan su actividad 104 empresas con una importante cuota de mercado, de las cuales 4 (AMSLAB, Nanogap, NanoImmunoTech, y Neoker S.L.) están ubicadas en Galicia y cuentan con una importante proyección nacional e internacional (https://issuu.com/phantoms_foundation/docs/catalogue_of_nano_companies_in_spain_f80319297a6567?embed_cta=read_more&embed_context=embed&embed_domain=www.nanospain.org&embed_id=3670244%252F35423238). En la Figura 1 se muestra el crecimiento anual en España de empresas del sector nanotecnológico que cuentan con departamentos propios de I+D en nanociencia y nanotecnología. La mayoría son PYMES, que cubren a ámbitos muy diversos como se indica en la Figura 2.

No. of companies created per year



No. of companies by size

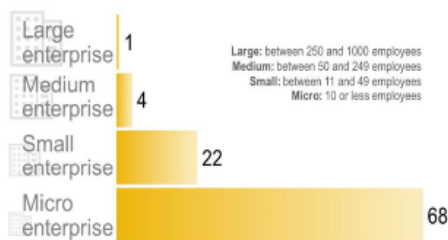


Figura 1. Crecimiento anual en España de empresas del sector nanotecnológico que cuentan con departamentos propios de I+D en nanociencia y nanotecnología, y distribución por tamaño desde el año 2000. Tomado de *Catalogue of Nano Companies in Spain 2017*

(https://issuu.com/phantoms_foundation/docs/catalogue_of_nano_companies_in_spai_f80319297a6567?embed_cta=read_more&embed_context=embed&embed_domain=www.nanospain.org&embed_id=3670244%252F35423238)

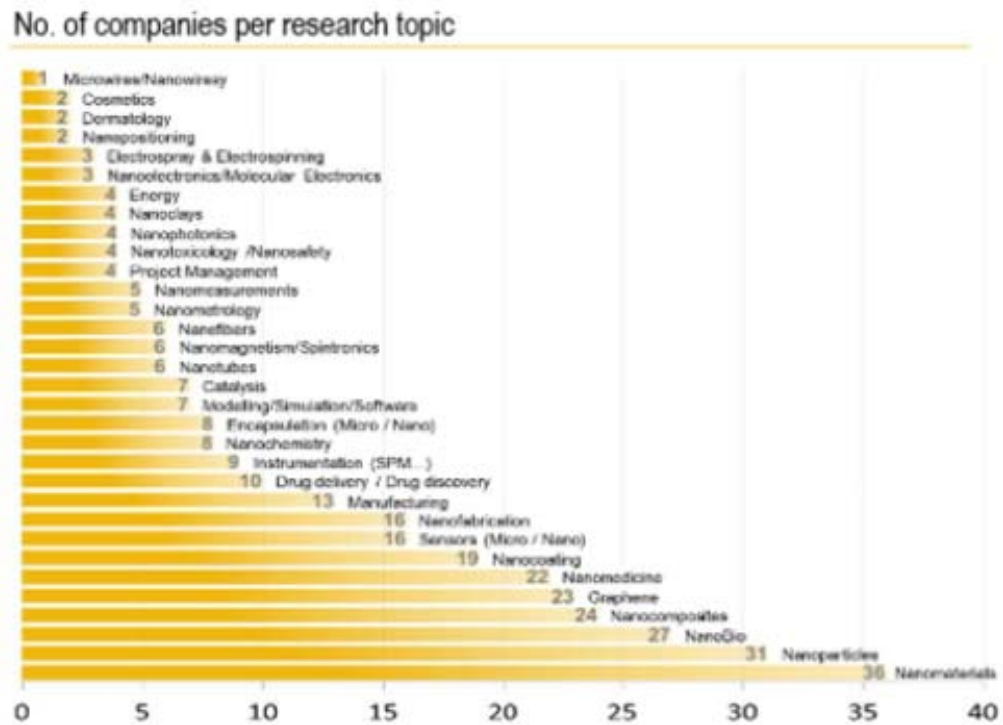


Figura 2. Actividad nanotecnológica principal desarrollada por empresas del sector nanotecnológico en España desde el año 2000. Tomado de *Catalogue of Nano Companies in Spain 2017*

(https://issuu.com/phantoms_foundation/docs/catalogue_of_nano_companies_in_spai_f80319297a6567?embed_cta=read_more&embed_context=embed&embed_domain=www.nanospain.org&embed_id=3670244%252F35423238)

En Europa, el *European Centre for the Developments of Vocational Training* (CEDEFOP) en su publicación *Skill needs in emerging technologies: nanotechnology* ha identificado como **actividades más demandadas de la industria nanotecnológica** las siguientes (Figura 3).

	Cluster-specific qualification profiles	Cluster-embracing qualification profiles
Nanochemistry/materials/nanoanalysis	(1) nanochemical laboratory assistant (2) nanoassistant (3) materials scientific-laboratory assistant	(15) nanoanalyst
Nanobiotechnology/nanoanalysis	(4) specialist in nanobiotechnology research (5) specialist for biohybrid technologies (6) specialist for quality assurance (7) specialist for documentations on nanobiotechnology (8) product adviser for nanobiotechnology applications	(16) specialist for nanosurface treatment (17) specialist for documentations on nanotechnology
Nanooptics/nanoanalysis	(9) specialist for ultra-fine optics (10) specialist for photonics/laser technology (11) product adviser for nanooptical applications	(18) product adviser for nanotechnological applications
Nanoelectronics/nanoanalysis	(12) specialist for nanoelectronics (13) specialist for mask manufacture (14) optoelectronics engineer	

Figura 3. Resumen de los perfiles más demandados por el sector nanotecnológico en Europa. Tomado de *Skill needs in emerging technologies: nanotechnology*, CEDEFOP, 2007 (http://www.cedefop.europa.eu/files/nanotechnology_proceedings_unedited.pdf).

Dada la implantación todavía reciente en España de Grados y Master relacionados con Nanociencia y Nanotecnología, no se dispone de estadísticas sobre los perfiles de empleo de los egresados. No obstante, dado el carácter global de las empresas de este sector, se puede tomar como ejemplo la situación de Canadá (Figura 4). Los egresados de Ingeniería Nanotecnológica de la Universidad de Waterloo se han colocado preferentemente en el sector del software, de semiconductores y electrónica, o en el biomédico. Destaca también el hecho de que algunos hayan fundado su propia empresa o hayan sido contratados como CEO de PYMES del sector (<https://uwaterloo.ca/nanotechnology/about-nanotechnology-engineering/industry>).

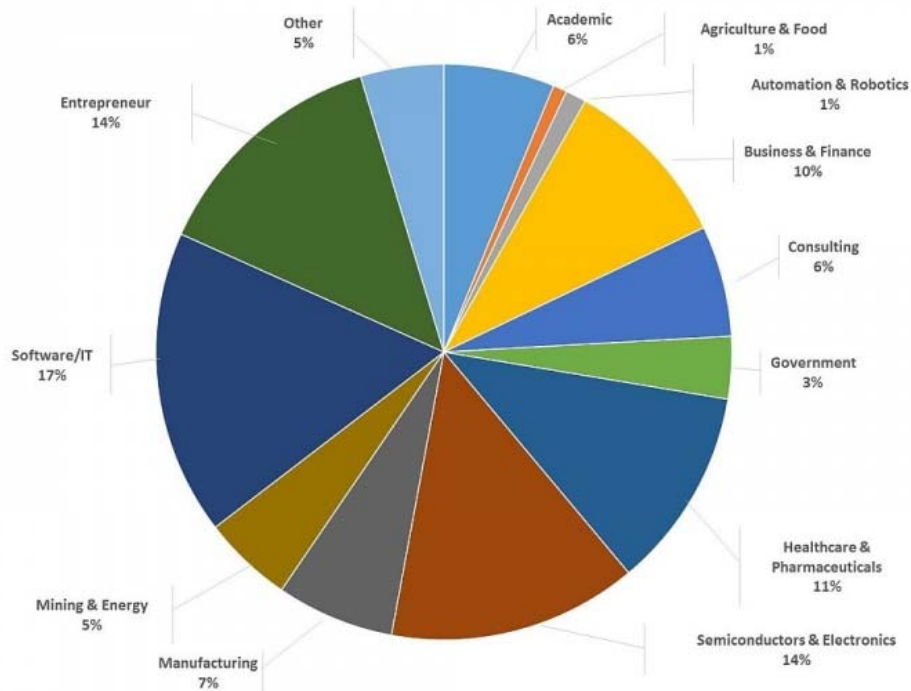


Figura 4. Perfil de empleo de los egresados de Ingeniería Nanotecnológica de la Universidad de Waterloo (<https://uwaterloo.ca/nanotechnology/about-nanotechnology-engineering/industry>).

- Incorporación de perfiles profesionales no título vinculados a los sectores estratégicos de Galicia.

De la información recogida en el apartado anterior, se deduce que la **actividad profesional** desempeñadas por los profesionales en el sector de la nanociencia y la nanotecnología es muy **amplia y variada**. No obstante, en un ejercicio de simplificación se pueden identificar **dos grandes sectores**: uno relacionado con el diseño y preparación de materiales para aplicaciones tecnológicas no-biológicas, especialmente en electrónica, energía, electromecánica, producción, y robótica; y otro relacionado con el diseño y preparación de materiales para tecnologías de la salud, cubriendo prevención (vacunas), diagnóstico y tratamiento con nanomedicamentos y productos sanitarios nanoestructurados. Es de destacar también, que la **transversalidad** de los conocimientos adquiridos coloca al egresado en una posición ventajosa para acceder a sectores relacionados con el emprendimiento, la consultoría en empresas privadas y las actividades regulatorias en agencias y otros organismos gubernamentales.

En particular en el ámbito Galicia, entre los **sectores económicos** más importantes destacan los siguientes tal como se recoge en la página web de la Xunta de Galicia (<http://www.galicia.es/es/economia>):

- **Automoción**: supone para Galicia 6.800 M€ de facturación (equivalente al 12% del PIB gallego), generando 19.700 empleos directos (10% del empleo industrial de Galicia), y suponiendo el 32% del total de exportaciones gallegas.

- **Tecnologías de la Información:** En Galicia el sector TIC representa el 4,8% del PIB y en él trabaja el 1,6% de la población ocupada (más de 16.000 empleos). Dos de las características más destacables del sector TIC gallego es su desarrollo exponencial y su impulso de la I+D+i.
- **Madera:** Galicia es la primera productora de madera de España con una masa arbolada de 1.405.173 hectáreas. Las empresas que forman parte del Cluster de la Madera registraron en el año 2015 una facturación conjunta de 165 millones de euros y dieron empleo a 1.123 personas. La comunidad gallega cuenta con empresas que son un referente en diseño e innovación.
- **Energías renovables:** Galicia tiene una configuración geográfica y socioeconómica óptima para el desarrollo tecnológico y la producción de energías renovables. En energía eólica, ocupa la cuarta y sexta posición en el ranking europeo y mundial respectivamente.
- **Outsourcing:** El trabajo en red, las tecnologías –sobre todo las TIC-, los valores compartidos y sobre todo la necesidad de flexibilidad y adaptabilidad para competir.
- **Logística:** Galicia es un enclave estratégico como paso de las líneas transoceánicas Europa-Asia, Europa-África y Europa América. La especialización de tráfico por puertos ha permitido disponer de un alto nivel de equipamientos para determinados tipos de mercancías.
- **Calidad de Vida y Bienestar:** Galicia posee condiciones extraordinarias para abordar experiencias de calidad de vida debido a su configuración demográfica, clima y paisaje y existencia de actividades con gran potencialidad. Entre estas últimas están una industria en el ámbito metal-mecánico y automoción de primera línea a nivel mundial, actividades de suministros y servicios avanzados, servicios geriátricos y servicios para la vida activa, con un patrimonio históricocultural, educativo y de ocio de elevado potencial.
- **Bioteología:** Se estima que las ciencias y las actividades de la salud -integrando el sistema de ciencia e innovación, el sistema sanitario y el sistema empresarial asociado- pueden superar 1/6 del PIB en los próximos años. Por lo tanto, una parte cada vez más relevante de la riqueza colectiva estará ligada al ámbito de la salud y en Galicia en particular, donde el presupuesto dedicado a la sanidad y a la salud supone 1/3 del presupuesto autonómico.

En particular, en lo que se refiere a la *Estrategia de Impulso a la Bioteología 2016-2020*, el informe estratégico elaborado por GAIN, hace referencia al papel clave de la nanotecnología entre el conjunto de tecnologías impulsoras del sector biotecnológico – que incluye todo el sector de la salud, desde el diseño de nuevos fármacos, medicamentos y vacunas hasta plataformas de diagnóstico avanzadas, y de la nanociencia como disciplina que permite la mejora o el desarrollo de innovadores productos, procesos o aplicaciones en distintos ámbitos sociales y sectores de actividad económica. También se llama la atención sobre la relevancia de las compañías que utilizan la nanotecnología como tecnología facilitadora tanto en el desarrollo biotecnológico como en sus aplicaciones al sector calidad de vida y bienestar. En el informe se destaca el papel que juegan empresas que aportan herramientas transversales como, por ejemplo, las de software de simulación computacional de sistemas moleculares.

El Programa de Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología se ha estructurado para hacer frente a los perfiles profesionales que demandan estos sectores estratégicos. Cuenta con:

- un módulo básico, en el que se fomenta la transversalidad y el desarrollo de soft skills;

- un módulo orientado específicamente a la formación en Tecnología de Nanomateriales, que cubre simulación computacional, nanoelectrónica, nanomagnetismo, nanofotónica, nanomecánica, y nanocatálisis;
- un módulo orientado específicamente a la formación en Bio-Nanotecnología, que abarca modelización computacional de biomateriales, nanoterapia, diagnóstico, nanoteranosis, nanofabricación y regeneración tisular, nanotoxicología y ecotoxicología.

- Medidas previstas para el fomento del espíritu emprendedor y el autoempleo de los egresados.

El fomento del espíritu emprendedor y autoempleo de los egresados está implícito en la estructura del Master en una **doble vertiente**:

- a) **Formación** por medio de cursos específicos y mediante actividades transversales en planificación, gestión y emprendimiento, así como en protección de la propiedad intelectual y en la regulación que afecta a los nanomateriales. El **contacto con empresas del sector** durante las prácticas externas debe permitir una exposición directa del alumno a los modos y procedimientos de trabajos en el sector y también a una primera toma de contacto con las actividades en las que se aplica la nanociencia y la nanotecnología y a las necesidades todavía no cubiertas y en las que los avances en el campo podrían dar lugar a nuevos productos o servicios;
- b) **Exposición** a un entorno académico en el que buena parte de los docentes tienen una amplia trayectoria en asesoramiento a empresas, transferencia de resultados al sector industrial, en la protección de resultados y generación de patentes, en valorización de conocimiento y participación en aceleradoras, y en creación de empresas tecnológicas (start-up y spin-off) basadas en sus propios resultados de investigación. Este **esfuerzo emprendedor** ha llevado a crear empresas en distintos sectores orientadas a responder a demandas de servicios y productos no cubiertos por el mercado. Las nuevas empresas –que en muchos casos han sido de reconocimiento a través de premios muy relevantes– han abierto oportunidades de empleo para personal cualificado, incluyendo egresados del SUG. Este conocimiento de las necesidades de las empresas con el que cuenta el profesorado del Master se transmitirá, sin duda, a los estudiantes.

Buenas pruebas de la capacidad de los estudios en nanociencia y nanotecnología para fomentar el espíritu emprendedor y autoempleo es que, según los estudios disponibles de egresados de programas extranjeros, un porcentaje muy relevante accede al mercado laboral para desarrollar estas habilidades. Según se desprende de la Figura 4, un 14% de los egresados se convierten en fundadores o co-fundadores de su propia empresa, y un 19% se dedica a actividades de consultoría tanto científica como de negocio en el sector privado o público.

III. Demanda.

- Previsións de matrícula tendo en conta a análise da demanda real dos estudos propostos por parte de potenciais estudantes e da sociedade.

Este Programa de Máster en Nanociencia y Nanotecnología atiende a las demandas del R.D. 861/2010 por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, y al Decreto 222/2011 de la Xunta de Galicia por el que se regulan las enseñanzas universitarias oficiales en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Galicia. Al tratarse de un Master de nueva implantación no se cuenta con datos históricos que permitan hacer una extrapolación de la demanda. No obstante, el carácter novedoso de la titulación, el reconocimiento científico de la USC y UVigo en el ámbito de la nanociencia y la nanotecnología, y el interés creciente de las industrias del entorno por este perfil profesional, hacen previsible que se cubran las 25 plazas que se van a ofertar. Hay que tener en cuenta, además, que la oferta está abierta a demandantes procedentes no sólo del SUG sino de otros centros nacionales y extranjeros, en los que cabe esperar que la titulación despierte interés por su contenido y por el reconocimiento con el que cuentan los docentes que lo van a impartir. La posibilidad de impartir las materias indistintamente en español o inglés en función de las demandas de los estudiantes facilita, sin duda, la captación de estudiantes extranjeros.

- Descripción de medidas previstas para a revisión da titulación motivada por cambios na demanda.

El Programa de Máster en Nanociencia y Nanotecnología se regirá por el sistema de garantía de calidad de la Facultad de Farmacia de la USC para tales actuaciones. Este sistema de garantía de calidad se puede consultar en la página web:

- http://www.usc.es/gl/centros/farmacia/SGIC_farmacia2016.html

IV. Non duplicidade.

- Mención de ensinanzas afíns preexistentes nesta universidade.

No constan titulaciones similares en el SUG. La propuesta no se solapa con otras ofertas docentes de la Comunidad Autónoma de Galicia. Los objetivos y los contenidos del Master en Nanociencia y Nanotecnología difieren significativamente de los de otros títulos que se imparten en el SUG, y en cualquier caso, el grado de coincidencia es muy inferior al 25% de los créditos.

- Acreditación da non coincidencia de obxectivos e contidos con outras titulacións existentes (coincidencia máxima do 50% dos créditos).

En el caso del Master universitario en Investigación y Desarrollo de Medicamentos, adscrito a la Facultad de Farmacia, centrado en el ámbito de la farmacología y en el diseño y desarrollo de sistemas de liberación de medicamentos, las materias *Sistemas de administración de fármacos* (6 ECTS obligatorios) y *Coloides, micropartículas e hidrogeles para la liberación de medicamentos* (3 ECTS optativos) tocan parcialmente aspectos relacionados con la nanotecnología en su aplicación al campo de los medicamentos. El grado de solapamiento se estima en menos del 7.5 %.

El nuevo Master en Química en la Frontera con la Biología y la Ciencia de Materiales, adscrito a la Facultad de Química y vinculado al Centro Singular de Investigación en Química Biolóxica e Materiais Moleculares (CiQUS), incorpora una materia sobre *Materiales Nanoestructurados* (3 ECTS obligatorios) en la que se incluyen conceptos básicos en los que se fundamenta la ciencia de nanomateriales y una visión general de los métodos y las técnicas experimentales más utilizadas para la caracterización de nanomateriales. También incluye la materia optativa *Nanobiotecnología* (3 ECTS) sobre las distintas estrategias de diseño y síntesis de nanomateriales biofuncionales. El grado de solapamiento se estima en menos del 7.0 %.

El Máster en Investigación Química y Química Industrial (interuniversitario de la USC, UVigo y UDC) es un máster generalista que incluye 6 especialidades. En su módulo obligatorio incluye una asignatura denominada *Técnicas de Caracterización de Materiales y Biointerfaces* (3 ECTS). Esta asignatura está relacionada con la caracterización de Nanomateriales, pero se centra en todo tipo de materiales y biointerfaces y no exclusivamente en los de tamaño nanométrico. Una de las seis especialidades de este máster se centra en la Nanoquímica; una de sus asignaturas es *Preparación de nanomateriales* (3 ECTS) que coincide con la temática del máster que se propone. Otra, asignatura es *Técnicas Avanzadas de caracterización de materiales*, centrada de nuevo en todo tipo de materiales. El grado de solapamiento se estima en un 15-20% para los alumnos de ese master que siguen la especialidad de Nanoquímica. En el caso de alumnos que sigan cualquiera de las otras 5 especialidades, el grado de solapamiento sería inferior al 5%.

El máster en Biotecnología avanzada (interuniversitario de la UVIGO y UDC) es un máster generalista adscrito a la Facultad de Biología de la UVIGO. En su módulo incluye una asignatura de diseño de Nuevos fármacos en el que se abordan algunos conceptos de nanoestructuras. El grado de solapamiento se estima en menos de un 5%.

V. Outros.

- Planificación da conexión das titulacións de grao, máster e doutoramento.

El Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología es un máster interdisciplinar abierto a licenciados/graduados/ingenieros en las áreas de Ciencias de la Salud, Ciencias Experimentales o Arquitectura e Ingeniería, en las que la nanociencia y la nanotecnología juegan un papel cada vez más relevante. Específicamente, está destinado a egresados de Farmacia, Física, Química, Medicina, Veterinaria, Biología, Ingeniería Química, Ingeniería de Materiales, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Telecomunicaciones, Ingeniería Biomédica, Bioquímica, Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Ciencias Ambientales, Ciencias del Mar o titulaciones afines. Dado que a día de hoy existen numerosas titulaciones, especialmente fuera de nuestro país, que pueden proporcionar un acceso adecuado al Máster pero cuya denominación puede ser a priori muy variada, la Comisión académica valorará en cada caso la titulación de los solicitantes y su vinculación con la temática del Máster.

Los egresados del Master estarán en condiciones de acceder a una amplia variedad de Programa de Doctorados ofertados en el SUG.

- Coherencia da titulación proposta co Plan Estratéxico da universidade proponente.

El Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología formaría parte de la oferta de programas de posgrado oficiales aprobada por la Universidad de Santiago de Compostela para su implantación en el curso 2020-21 pretende ajustarse a las siguientes líneas establecidas en el *Plan estratégico de la USC 2011-2020*:

1. *Oferta de titulaciones adaptada a las necesidades de la sociedad*
2. *Búsqueda de la excelencia en la docencia*
3. *Hacia la excelencia investigadora*
4. *Una universidad de reconocido prestigio internacional*

Uno de los objetivos fijados en el Plan estratégico consiste en la reformulación de las titulaciones de grado y posgrado. Se aprovecha la oportunidad planteada por el cambio de la normativa reguladora de los programas de doctorado para ajustar su oferta a las líneas de trabajo activas de las Universidades gallegas y a las necesidades sociales, al mismo tiempo que se busca la colaboración con otras universidades (tanto del SUG como de otras universidades nacionales) e instituciones de investigación en la búsqueda de una optimización de los recursos disponibles, así como para reforzar áreas estratégicas de la Universidad. En particular, la oferta propuesta se adecúa a la actuación prevista en la *línea estratégica 1*, consistente en la conformación de una oferta de posgrado especializada y competitiva respecto al entorno universitario, nacional e internacional, incrementando el prestigio social de los estudios de postgrado. El Servicio de Xestión Académica (SXOPRA) y el Centro de Posgrado jugarán un papel importante coordinando la oferta y adecuándola lo mejor posible a las demandas sociales, así como potenciando el carácter internacional de estos estudios. Como se resalta en otros apartados de esta memoria, los contenidos formativos del Máster se alinean con las

necesidades de formación que demandan los sectores estratégicos de la industria de Galicia.

De acuerdo con lo indicado en la *línea 2 Búsqueda de la excelencia en la docencia*, las universidades gallegas deben aprovechar las oportunidades que brinda la calidad en su investigación, promoviendo el vínculo entre docencia e investigación, bajo la coordinación del Centro de Postgrado y la Escuela Internacional de Doctorado.

En relación con la *línea 3 Hacia la excelencia investigadora*, con la oferta propuesta se pretende reforzar el prestigio de la trayectoria investigadora de las universidades gallegas. Se promoverá la incorporación de doctores y doctoras a las empresas con el fin de extender su capacidad más allá de la docencia y la investigación, con el fin de impulsar la actividad productiva. Asimismo, la propuesta es consecuente con la necesaria modificación de los patrones de gestión de recursos, buscando la optimización del uso de los mismos, mediante fórmulas de colaboración internas y externas.

Finalmente, en relación la *línea 4*, las universidades gallegas deben buscar y confirmar un prestigio internacional, estableciéndose para ello objetivos relacionados con el avance en la internacionalización de las tres Universidades en la investigación. destacar que la USC y la UVigo han sido reconocidas por por la Comisión Europea, a través de EURAXESS-Research in Motion, con la acreditación "HR Excellence in Research" en Febrero del 2017 (http://www.usc.es/es/info_xeral/hrs4r/ y <https://www.uvigo.gal/es/universidad/calidad/certificaciones-acreditaciones/certificados-investigacion>). Esta acreditación identifica a las instituciones y organismos que ofrecen y apoyan condiciones de trabajo favorables y un ambiente motivador para el personal investigador en Europa. Todas la actividades del Máster se alinearán con los principios de la Carta Europea del Personal Investigador (<https://euraxess.ec.europa.eu/jobs/charter/european-charter>). También se contempla que profesionales de reconocido prestigio, de los sectores académico, investigador o industrial, participen como área externa.

Como se ha comentado en otros apartados, la USC y la UVigo cuentan entre su personal docente e investigador con profesionales de reconocido prestigio en el ámbito de la nanociencia y la nanotecnología. Esta proyección internacional de los docentes del Máster avala la pertinencia de la participación de las dos universidades en la propuesta del Máster y asegura la internacionalización de la titulación.

- Innovación docente e investigadora: fomento da utilización de TIC e novas tecnoloxías.

Como primera actuación, se elaborará una página web propia del Programa de Máster que se alojará en las webs de las Facultades de Farmacia (USC) y de Química (UVigo) (<http://www.usc.es/gl/centros/farmacia>, <http://quimica.UVigo.es/>). En ella, se detallarán todas las actividades, conferencias, seminarios, etc, que se celebren en el ámbito del Programa, además de servir de un escaparate de la actividad de los profesionales y grupos integrados en el mismo. Por otra parte, el anuncio de las comunicaciones de seminarios, conferencias, reuniones, etc, se efectuarán con antelación mediante anuncios en la página

web, y mediante e-mail en la lista que se creará para tales efectos. Los estudiantes del último año de los diferentes grados recibirán información de la oferta de títulos de máster durante el verano del año en que culminan esos estudios. También se distribuirá información a través de las redes sociales, por ejemplo el Facebook de la Facultad de Farmacia (<https://www.facebook.com/Facultade-de-Farmacia-1273855472697501/>).

A cada alumno se le asignará una cuenta corporativa de correo electrónico y tendrá acceso a una de las plataformas de docencia virtual ("Campus Virtual" USC y "Tema" UVigo). Estas dos plataformas se utilizarán para comunicar aspectos específicos de cada materia (horarios, material de apoyo, seminarios, calendario de exámenes,...), planificación de actividades comunes (conferencias impartidas por profesores externos, jornadas científicas, etc), e información general que afecte al funcionamiento propio del centro/s de impartición del Master.

A este respecto, el empleo de las TICs incorpora una serie de ventajas en el proceso educativo:

- Permiten la aplicación de un modelo de aprendizaje más centrado en el estudiante, de manera que pueda organizar mejor su tiempo.
- Permiten un ahorro de costes de reprografía y desplazamientos.
- Constituyen una herramienta importante para el seguimiento del sistema de enseñanza-aprendizaje.

- Incardinación en redes internacionales de calidad.

La USC y la UVigo forman parte de *European Technology Platform on Nanomedicine* (ETPN). Esta plataforma, liderada por la industria desde 2005 y creada bajo los auspicios de la Comisión Europea, centra sus actividades en la aplicación de la nanotecnología en el ámbito de la salud. Con la implicación de la industria se pretende acelerar el desarrollo de ideas prometedoras y proporcionar productos más eficaces y seguros para atender a las necesidades de los pacientes. La ETPN es reconocida oficialmente como una ETP, que es un elemento clave en el ecosistema de innovación europeo y un puente principal entre la comunidad y la Comisión Europea para implementar los Programas de Investigación de Marco de Trabajo. La asociación reúne actualmente a más de 125 miembros de 25 Estados miembros diferentes, que cubren todas las partes interesadas de la Nanomedicina: academia, PYME, industria, agencias públicas, representantes de plataformas nacionales, Comisión Europea, etc. Las prioridades estratégicas de la ETPN se centran en medicina regenerativa y biomateriales, nanoterapias (incluyendo sistemas de administración de fármacos), y productos sanitarios que incluyen nanodiagnósticos e imagen. El Programa de Máster que se propone se beneficiará tanto por el conocimiento de primera mano de las necesidades de sectores muy diversos, como de la proyección internacional que para el Máster supone la pertenencia de sus docentes a la ETPN.

- Calquera outra motivación.

* Requisitos específicos:

• Máster universitario.

- Acreditación do cumprimento de, polo menos, tres requisitos dos previstos no artigo 5.2 do Decreto 222/2011.

El Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología cumple con los siguientes requisitos

- *Ser Interuniversitarios*

Este Master Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología surge del trabajo conjunto de miembros de las Universidades de Santiago de Compostela y Vigo por dar respuesta a una demanda real de formación. Incorpora personal altamente cualificado de la USC y UVigo y contempla la participación de profesionales procedentes de áreas externas e integrados en centros de investigación punteros y en el tejido industrial gallego, nacional e internacional. Con ello, se pretende dotar al Master de la visión trans-, inter- y multidisciplinar intrínseca a la nanociencia y la nanotecnología.

- *Ter unha orientación laboral ou práctica*

En el Programa del Máster se incluyen contenidos formativos muy demandados por el mercado laboral. Además del módulo de Prácticas Externas (6 ECTS) y del Trabajo Fin de Master (TFM), la metodología de enseñanza incluye resolución de casos prácticos en seminarios, en laboratorio y en sala blanca, y el aprendizaje basado en problemas, de manera que el alumno adquiera habilidades adecuadas para hacer frente a los retos que se planteen en el sector productivo.

- *Cubrir a formación superior de persoal en áreas de elevada demanda laboral*

Como indica en el primer apartado de esta memoria, los avances más relevantes del siglo XX y los que se esperan en el siglo XXI están directamente asociados a un mejor conocimiento de los procesos que tienen lugar en la nanoescala y a la posibilidad de modularlos y preparar nuevos materiales con propiedades y capacidades inalcanzables de una manera diferente. No obstante, el grado en que se desarrollen la nanociencia y la nanotecnología depende de la formación de los nuevos profesionales. Existe una clara necesidad de “alfabetizar” en el sector de la nanociencia y la nanotecnología asumiendo su carácter trans-, inter- y multidisciplinar intrínseco, que impide su abordaje en el entorno de una sola rama de conocimiento.

En un ámbito como el actual en el que todos los sectores socio-económicos están influidos cada vez más por la aplicación transversal del conocimiento, el Master en Nanociencia y Nanotecnología pretende actuar como polo de formación de nuevos profesionales y de atracción del conocimiento para el avance científico-tecnológico, y como promotor de la actividad económica de empresas de base tecnológica. Se estima que a nivel mundial la demanda de especialistas en nanotecnología supera los **dos**

millones de empleos, de los cuales 400,000 corresponden a Europa, 500,000 a Japón, y un millón a USA. Por lo tanto, este Máster permite satisfacer una demanda de formación no cubierta por ninguna otra titulación del SUG en un momento de fuerte expansión de la aplicación de la nanociencia y la nanotecnología en el sector industrial.

- Xustificación da previsión mínima de 20 alumnos/as de novo ingreso.

Al tratarse de un Master de nuevas implantación no se cuenta con datos históricos que permitan hacer una extrapolación de la demanda. No obstante, el carácter novedoso de la titulación, el reconocimiento científico de la USC y UVigo en el ámbito de la nanociencia y la nanotecnología, y el interés creciente de las industrias del entorno por este perfil profesional, hacen previsible que se cubran las 25 plazas que se van a ofertar. Hay que tener en cuenta, además, que la oferta está abierta a demandantes procedentes no sólo del SUG sino de otros centros nacionales y extranjeros, en los que cabe esperar en los que cabe esperar que la titulación despierte interés por su contenido y por el reconocimiento con el que cuentan los docentes que lo van a impartir. La posibilidad de impartir las materias indistintamente en español o inglés en función de las demandas de los estudiantes facilita, sin duda, la captación de estudiantes extranjeros.

ANEXO II Memoria económica (artigo 5.1.b)

Xustificación da viabilidade económica:

- Análise das necesidades presentes e futuras en recursos humanos, infraestruturas e outros bens para a implantación da titulación proposta e cuantificación destas.
- Xustificación da orixe dos recursos necesarios.

Recursos humanos

La USC y la UVigo cuentan, actualmente, con los recursos humanos necesarios en las diferentes áreas de conocimiento que se integran en el título de Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología. El equipo de profesores del Máster estará constituido fundamentalmente por investigadores principales (IPs) de las Facultades de Farmacia, Física, Química, Medicina y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la USC, y de las Facultades de Química y de Biología y de las Escuelas Superiores de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones de la UVigo, con amplia experiencia docente e investigadora en los ámbitos de especialización de la titulación. Estos docentes pertenecen de forma preferente a las áreas de conocimiento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica; Fisiología; Química Física; Física de la Materia Condensada; Electrónica y Computación; y Química Orgánica, de la USC, y de Química Física, Química Orgánica, Física Aplicada, Inmunología, Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, y Organización de Empresas de UVigo. Los datos estructurales de que disponen los Vicerrectorados de Profesorado de la USC y de UVigo indican que la mayoría de las áreas implicadas pueden asumir, sin coste de personal adicional, esta carga docente. No obstante, algunas de estas áreas pueden experimentar una reducción significativa de su capacidad docente en los próximos años por jubilación de algunos de sus miembros. La puesta en marcha del Master debería contribuir a atraer talento que asegure un adecuado relevo generacional.

El hecho de que la docencia del Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología se distribuya entre un número amplio de áreas de conocimiento y que todas las materias estén vinculadas a más de una deben garantizar la disponibilidad de recursos humanos para asumir el encargo docente derivado de su implantación

Cabe destacar, además, se implementarán mecanismos para que especialistas externos nacionales e internacionales, procedentes de entornos académicos y empresariales y con reconocido prestigio en ámbitos de investigación del máster, participen en la actividad docente. Así mismo, y en la medida que la normativa de la USC y la UVigo lo permitan, se promoverá la colaboración puntual de técnicos superiores (doctores) de la Red de Infraestructuras de Apoyo a la I+D+i (RIAIDT) de la USC y del Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación (CACTI) de la UVigo, y la colaboración de investigadores doctores contratados con cargo a programas de captación de talento, como Juan de la Cierva, Marie Curie, o Ramón y Cajal.

El carácter bilingüe del Master (español/inglés) hace conveniente que los docentes cuenten con competencia acreditada para desarrollar su actividad en inglés. Para este fin, se utilizarán los mecanismos que ha puesto en marcha el Vicerrectorado de Internacionalización (Reglamento

LEDUS:

<http://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/gobierno/vrinternacionalizacion/descargas/Reglamento-LEDUS.pdf>).

Infraestructuras

El Máster Interuniversitario en Nanociencia y Nanotecnología contará con el apoyo de las oficinas de Máster y de los servicios centrales de informática de la USC y de UVigo para la utilización de las distintas plataformas de enseñanza virtual de cada una de las universidades. Se dispone también de sistemas de video-conferencia para la docencia teórica. También se utilizarán las bibliotecas de los centros implicados.

Todos los centros participantes cuentan con los medios necesarios para la correcta impartición de las clases tanto a nivel teórico (aulas, cañones de proyección, sistemas de videoconferencia, etc.) como práctico (laboratorios de prácticas equipados con todo el instrumental experimental necesario).

En el Campus Vida de Santiago de Compostela se desarrollarán, entre otras, algunas actividades más relacionadas con el módulo de Bio-Nanotecnología, especialmente las actividades prácticas sobre aspectos de nanomedicina, contando con el apoyo de los grupos de las Facultades de Farmacia, Medicina, Física y del CIMUS, CIQUS y CITIUS en los que se integran investigadores docentes en el Master. En el Campus de Vigo se abordarán algunas de las prácticas del módulo de Tecnología de Nanomateriales y del módulo de Bio-Nanotecnología, especialmente aquellas que requieren el acceso a equipos exclusivos en UVigo de preparación y caracterización de nanoestructuras utilizando técnicas punteras e infraestructuras singulares, como salas blancas, contando con el apoyo de los grupos de las Facultades de Química, Biología, Ingeniería Industrial y del Centro de Investigaciones Biomédicas (CINBIO), en los que se integran investigadores docentes en el Máster.

En cuanto a los espacios de trabajo para los alumnos del Máster en la Facultad de Farmacia de la USC, se señalan los siguientes:

- Aulas de Docencia con equipamiento docente fijo: 9
- Aulas de Informática integradas en la Red de Aulas de informática de la USC, con equipamiento docente fijo: 2
- Biblioteca: 1
- Salas de Estudio: 1
- Sala de Juntas con capacidad para 50 personas y equipamiento fijo: 1
- Salón de Grados con capacidad para 110 personas y equipamiento fijo: 1
- Local de estudiantes: 1
- Red WIFI en toda la Facultad
- Equipamiento docente adicional portátil: 1 cañón de vídeo, 1 reproductor de vídeo, reproductor de DVD, 1 televisor, 2 ordenadores portátiles.
- Servicio de Reprografía y fotocopias por empresa concesionaria.
- Red de laboratorios docentes y de investigación

Para impartir el Máster se dispone de los medios materiales y servicios disponibles en la Facultad de Farmacia en cuyas aulas se dispone en todas ellas de dotación audiovisual, de red wifi, accesibilidad para personas con problemas de movilidad, y demás exigencias del Espacio Europeo de Educación Superior. Además, se dispone de dos aulas de videoconferencia para

que el profesorado pueda impartir sus clases desde otros centros o empresas, sin necesidad de desplazamientos.

En los Pabellones A, B y C de la Facultad de Farmacia se encuentran las instalaciones de los departamentos que imparten docencia en el Grado en Farmacia y en los Másteres asociados a la Facultad. En las distintas plantas se disponen, básicamente, despachos de los profesores, salas de seminarios, laboratorios de prácticas y los laboratorios de investigación. En el Pabellón B se encuentra la Conserjería, el Decanato, el Servicio de Asuntos Económicos, la sede de la Asociación de Antiguos Alumnos de la Facultad, el Salón de Grados empleado en la defensa de las tesis doctorales y conferencias, y la Sala de Juntas. Además, la Biblioteca cuenta con una sala de lectura en la que están accesibles y disponibles para alumnos, aquellas obras de consulta y los libros de contenido de investigación. La clausura temporal del Pabellón de Aulas, separado de los Pabellones A, B y C, no supone un obstáculo para la impartición del Máster.

Biblioteca

La biblioteca de Farmacia forma parte de la Biblioteca Universitaria de Santiago de Compostela (BUSC) y reúne los recursos bibliográficos indispensables en nanomedicina. La biblioteca cuenta con una superficie de unos 500 m², en la que hay una sala para consulta de las colecciones actuales de libros de alumnos y de libros de investigación en libre acceso; y hemeroteca con las revistas de más uso en libre acceso y con 20 puestos de lectura. Además, cuenta con un depósito: Fondo de menor uso, revistas cerradas, volúmenes anteriores a 1999 de revistas abiertas y fondo antiguo de libros. La biblioteca es un punto de acceso al servidor de la Biblioteca Universitaria, desde donde se pueden consultar todas las bases de datos suscritas por la Universidad y las de BUGALICIA. En este sentido, cabe destacar las bases de datos de INSPEC_COMPENDEX, SciFinder Scholar, ISI Web of Science, ISI Citation Reports, ISI Current Contents, Scopus.

Además dispone de 3 PCs para consulta del catálogo de la BUSC, 5 PCs para consulta de bases de datos e Internet, y 2 Fotocopiadoras. La biblioteca cuenta con red wifi en todas las instalaciones y los puestos de lectura están dotados de conexiones a la red eléctrica.

Breve descripción de la colección:

Las principales áreas de conocimiento representadas en estos fondos son: Agricultura, Alimentación, Biofarmacia, Biología vegetal, Bioquímica, Ciencias de la tierra, Cromatografía, Farmacia galénica, Farmacia industrial, Farmacocinética, Farmacología, Fisiología Animal y Vegetal, Ingeniería Química y Química industrial, legislación farmacéutica, microbiología, parasitología, Química analítica, Técnicas Instrumentales, Química farmacéutica, Química-física, Química inorgánica, Química bioinorgánica, Química Orgánica y Tecnología Farmacéutica.

Los fondos bibliográficos están divididos en: libros de alumnos y libros de investigación. En la sala de consulta de la biblioteca están depositados los fondos actuales de alumnos y de investigación en libre acceso. El resto de fondo bibliográfico está en depósito. En la hemeroteca pueden consultarse los números de los últimos años de los títulos de revistas que se reciben en papel, además, a través de los ordenadores, pueden consultarse las revistas electrónicas y bases de datos. Las colecciones de la Biblioteca comprenden 18.000 volúmenes de monografías y 1.500 títulos de revistas.

Además, los estudiantes tienen a su disposición la Biblioteca Central de la Universidad, la Biblioteca del Campus Sur "Concepción Arenal" y las bibliotecas de otros centros (principalmente en las Facultades de Física, Química, Matemáticas, Biología y Escuela Técnica Superior de Ingeniería). Para una información completa sobre los fondos bibliográficos, préstamo, puestos en salas de lectura, búsqueda y reprografía de documentos y demás servicios en estas bibliotecas puede consultarse la página:

<http://busc.usc.es/>

Como en el resto de los puntos de servicio de la Biblioteca Universitaria, se le oferta a sus usuarios servicios de consulta en sala, préstamo a domicilio, intercampus e interbibliotecario, fotodocumentación, acceso a la colección electrónica, información bibliográfica y formación de usuarios en el uso y aprovechamiento de los recursos documentales y del propio servicio bibliotecario. A través de la página web de la biblioteca (<http://busc.usc.es>) se ofrece amplia información sobre la BUSC y se puede acceder al catálogo automatizado, colecciones digitales y otros servicios vía web.

La biblioteca cuenta con un plantel integrado por 6 personas, que se ocupan de que los usuarios reciban la atención y los recursos que precisan.

El horario de apertura habitual es de lunes a viernes, de 8.30 h a 21.30 h, aunque en épocas de exámenes la BUSC oferta un horario extraordinario hasta las 3.00 h, incluidos los sábados, domingos y festivos en los siguientes puntos de servicio: Concepción Arenal, Intercentros Lugo, Facultad de Filosofía y Facultad de Económicas.

Uso en relación con el Máster y vinculación a materias y competencias:

El uso de la Biblioteca y sus recursos permite el acceso a información muy diversa, desde obras generales hasta manuales especializados, permitiendo al estudiante familiarizarse con la rica producción científica tal y como se ofrece a la sociedad en general, y a la comunidad académica en particular. La biblioteca es una herramienta de apoyo fundamental en las materias y metodologías de enseñanza-aprendizaje del Máster, así como para la adquisición de competencias relacionadas con la búsqueda, selección de información y discriminación de datos, siempre complementada con el uso de las TIC.

Laboratorios docentes

En lo que se refiere a laboratorios para docencia práctica, todos los Departamentos disponen de laboratorios que cuentan con espacio y aparatajes suficiente como para que 25 alumnos realicen simultáneamente las prácticas de una asignatura.

Laboratorios de investigación

En lo que se refiere a los laboratorios de investigación, cada grupo de investigación que desarrolla esta actividad en la Facultad dispone de los equipos necesarios para realizarla. En algunos casos, esta investigación no se desarrolla en la facultad por disponer los grupos de espacios adicionales en el que desarrollarla (por ejemplo, CIMUS).

En cuanto a los espacios de trabajo para los alumnos del Máster en la Facultad de Química de la UVigo, se señalan los siguientes:

La Facultad de Química de la UVigo dispone de una dotación suficiente de equipamiento e infraestructuras para garantizar el desarrollo de las actividades formativas planificadas. Desde sus orígenes cuentan con financiación por parte de la UVigo para la adquisición, el mantenimiento y la renovación de sus recursos docentes tanto de infraestructuras como de

equipamiento. Cuentan asimismo, con los servicios generales de la Universidad para el mantenimiento de los recursos materiales, de revisión y seguridad de los laboratorios y de recogida sistemática de residuos peligrosos. La facultad cumple la legislación vigente en cuanto a accesibilidad y diseño para todos, según lo dispuesto en la Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad. Cuentan con ascensores en todas las plantas, rampas de acceso, servicios adaptados, puertas de doble hoja en todas las aulas, seminarios, salones y laboratorios, que permiten el acceso fácilmente.

La facultad dispone de conexión inalámbrica (WIFI) en todo el edificio y de servicio de cafetería, comedor y reprografía. Dispone además de espacios propios para la Delegación de Alumnos, espacios de administración y conserjería, y salas de reuniones, que podrían emplearse de ser necesario para actividades docentes, y despachos del profesorado, en los que también podrían realizarse las tutorías individuales. Dada la naturaleza telemática de parte de la docencia, la universidad garantiza la actualización de los equipamientos, sistemas y mecanismos disponibles de comunicación bidireccional en videoconferencias entre profesores y estudiantes.

Aulas:

- 1 aulas para 70 alumnos equipadas con encerado, video proyector, pantalla de proyección y equipo informático
- 4 aulas para 40 alumnos equipadas con encerado, video proyector, pantalla de proyección y equipo informático
- 4 aulas para 15 alumnos equipadas con encerado, video proyector, pantalla de proyección y equipo informático
- 1 aula de videoconferencias con capacidad para 30 personas
- 1 aula de videoconferencias con capacidad para 20 personas
- 1 aula de informática con 25 puestos con dos servidores y un administrador

Laboratorios:

- 3 laboratorios de más de 80 m² cada uno equipados con balanzas, termostatos, espectrofotómetros UV-Vis, Infrarrojos, conductímetros, medidores de pH, refractómetro, tensiómetros, aparato de medida de la movilidad electroforética (Z-sizer), osciloscopios, microscopio, bombas calorimétricas, líneas de gases etc..

Las aulas de la Facultad de Química de la UVigo están dotadas de equipos informáticos con conexión a Internet y en red a un servidor propio de la facultad, sistemas de proyección analógica y digital para presentación multimedia, pizarras interactivas y pupitres fijos, que en las aulas de menor tamaño se sustituyeron por mesas y sillas individual para hacerlas más versátiles y adaptables a la actividad docente que se imparta.

El aula de informática es de uso múltiple y permite impartir clases teóricas o prácticas con ordenador, permaneciendo fuera del horario lectivo para la libre disposición de los estudiantes.

Las aulas de videoconferencia cuentan con la equipación necesaria para realizar conexiones de videoconferencia (actualmente son utilizadas de forma rutinaria para la docencia de los

másteres interuniversitarios adscritos a la Facultad).

Laboratorios docentes

Los laboratorios de la Facultad de Química están dotados con equipamiento e instrumental específico, a fin de responder a las necesidades de cada área que imparte docencia en el Grado en Química y otras titulaciones del centro. La mayor parte de los laboratorios docentes dispone de sistemas de proyección digital para presentaciones multimedia.

Salas de estudio

Los estudiantes de la Facultad de Química de la UVigo disponen de diversos espacios comunes en los que poder realizar actividades de estudio o de trabajo grupal. La biblioteca asociada al centro de Ciencias Experimentales dispone de una gran sala con 220 puestos individuales de lectura y estudio, así como de tres salas con capacidad para 24 personas diseñadas para que el alumnado realice trabajos en grupo. Asimismo, los estudiantes pueden hacer uso de los seminarios existentes en el centro, tanto para actividades de estudio como de reuniones en grupos de pequeño tamaño. Todas estas salas están equipadas con mesas de reuniones o con mesas pequeñas móviles (modulares). El uso de estas instalaciones ha de ser previamente solicitado por el alumnado en el decanato. Todos los espacios del centro están dotados de conexión a internet (wifi).

Biblioteca

Los estudiantes de la Facultad de Química pueden acceder fácilmente a los servicios bibliotecarios situados en dos centros:

- a. La Biblioteca central del Campus de Vigo
- b. La Biblioteca de Ciencias, situada en un anexo al Edificio de Ciencias Experimentales.

La Biblioteca central del Campus de Vigo ofrece los siguientes servicios:

- Salas de lectura para la consulta de las colecciones de la biblioteca y para el estudio y la investigación, dotadas de equipaciones informáticas y red wi-fi.
- Equipos para la reproducción de documentos respetando la legislación de propiedad intelectual.
- Un catálogo de los fondos bibliográficos accesible en internet para localizar las obras y recursos integrados en las colecciones, sugerir la compra de nuevos títulos, renovar préstamos y buscar la bibliografía recomendada en los programas docentes.
- Servicios para el acceso las colecciones bibliográficas: préstamo a domicilio, préstamo intercampus, lectura en sala.
- Consulta remota a los recursos electrónicos contratados por la Biblioteca: bases de datos, revistas electrónicas, libros electrónicos, portales de internet, etc.
- Préstamo interbibliotecario: localización y obtención de documentos no disponibles entre las colecciones gestionadas por la Biblioteca.
- Orientación y formación en el uso de la Biblioteca y de sus recursos tecnológicos y documentales.

- Asesoramiento en las búsquedas y localización de información.
- Información bibliográfica y documental especializada y personalizada.

Además, el catálogo incluye también un total de 19.135 registros de artículos de revistas, de capítulos de libros y de actas de congresos escritos por el PDI de la Universidad de Vigo, de los cuales 8.835 proporcionan el texto completo. Además del catálogo, la Biblioteca dispone de su página web para ofrecer acceso a las revistas y a los libros electrónicos y digitales, recursos web y acceso a las 48 bases de datos en línea de los diversos ámbitos de conocimiento de los que se ocupa la Universidad de Vigo.

La Biblioteca de Ciencias Experimentales está ubicada en un edificio anexo al edificio principal, por tanto fácilmente accesible desde el interior del mismo. Tiene una superficie útil de 851 m². La biblioteca alberga un fondo de 21.240 manuales y 297 colecciones de revistas en formato impreso. Incluye 220 puestos individuales de lectura más 24 puestos de trabajo en grupo repartidos entre tres salas de trabajo. Asimismo, ofrece servicios tales como: salas de lectura para las consultas de las colecciones, equipos para la reproducción de documentos, catálogo de fondos bibliográficos accesible en internet, servicios para el acceso a las colecciones bibliográficas, consulta remota a los recursos electrónicos, préstamo interbibliotecario, orientación y formación en el uso de la Biblioteca, asesoramiento en la búsqueda y localización de información, información bibliográfica y documental especializada y personalizada, utilización de la biblioteca por personas ajenas a la comunidad universitaria en calidad de usuarios externos autorizados.

Servicios generales de la Universidad de Santiago de Compostela:

- Microscopio de Transmisión Electrónica (TEM)
- Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)
- Microscopio de Fuerza Atómica (AFM)
- Microscopía Confocal
- Resonancia Magnética Nuclear (RMN)
- Espectrometría de Masas
- Difracción de Rayos X (XDR)
- Espectroscopia Raman
- Espectroscopia de Resonancia Paramagnética (EPR)
- Magnetometría
- Inductively Coupling Plasma (ICP)
- Espectrometría de Masas
- MALDI

Servicios generales de la Universidad de Vigo:

- - Microscopía electrónica de transmisión (TEM)

- - Microscopía electrónica de barrido (SEM).
- - Microscopía de fuerzas atómicas y efecto túnel
- - Microscopía fotoelectrónica XPS-AUGER
- Microscopía Confocal
- - Análisis elemental
- - Resonancia Magnética Nuclear
- - Difractómetro de rayos X, Siemens D-5000
- Inductively Coupling Plasma (ICP)
- Espectroscopia Raman y Espectroscopia Raman aumentada por superficie (SERS)
- Difracción de Rayos X (XDR)
- Secuenciador masivo
- Orbitrap elite

En estos momentos la Facultad de Farmacia de la USC y la Facultad de Química de la UVigo disponen de los recursos necesarios para comenzar a impartir el título que se propone. Se utilizarán los medios disponibles por los grupos de investigación a los que están adscritos los docentes de ambas universidades, así como los Servicios Generales de la USC y UVigo. No obstante, se requieren algunos recursos materiales para realizar algunas actividades prácticas:

- Material fungible de laboratorio.
- Ayudas para la movilidad de los estudiantes que deban desplazarse entre los dos Campus para la realización de las prácticas de laboratorio de algunas materias del Máster.
- Ayudas para la movilidad de profesionales de la academia o la industria que impartan conferencias invitadas en el Máster.
- Desarrollo, por parte de los servicios correspondientes de las universidades, de una única plataforma teledocente para las titulaciones interuniversitarias.

La búsqueda/obtención de financiación para intentar sufragar los gastos de desplazamiento del alumnado para la realización de las prácticas es uno de los puntos más críticos. La parte correspondiente a material de laboratorio, de no tener otro tipo de financiación, podría ser cubierta por los grupos de investigación implicados en la docencia del Máster a partir de sus propios recursos de investigación.

Se acudirá a distintas convocatorias públicas y privadas para obtener recursos externos que permitan cubrir los costes de las diversas acciones formativas de los estudiantes de Máster, como, por ejemplo, las subvenciones para la movilidad de profesores visitantes y de estudiantes, y mediante la aportación de empresas colaboradoras en la forma de becas, prácticas subvencionadas o similar para los estudiantes del Máster.

Presupuesto estimado

Movilidad de los estudiantes: (2.500 €)

Material de laboratorio: (1000 €).

Visitas a centros tecnológicos y empresas:(1000 €)

Movilidad de profesorado (dietas de desplazamiento, manutención, etc): (1.000€)

Profesorado externo: conferencias y seminarios (2.000 €)

Actividades de Información e Difusión: Trípticos, Pósters e web propia (500 €)

Total gastos: 8.000 €

Ingresos de matrícula

Según los precios públicos establecidos por las Comunidades Autónomas para el curso 2020/2021.

Financiación pública

Ayudas de movilidad de estudiantes y profesores visitantes a través de las convocatorias públicas destinadas al efecto:

Ayudas de movilidad de estudiantes de doctorado y profesores visitantes para programas de doctorado con mención hacia la excelencia.

Programa Erasmus Mundus External Cooperation Windows

Programa Xan de Forcados

Programa de movilidad de profesores e investigadores en centros extranjeros del Ministerio de Economía y Competitividad

Programa Marie Curie

Otras fuentes de financiación

Proyectos y contratos de investigación de los grupos participantes en el Máster.

Convocatorias de movilidad financiadas por instituciones y fundaciones privadas.

Coste del personal docente y administrativo

No existen costes adicionales, ya que la implantación del título no supone la contratación de PDI o de PAS, pues su diseño está pensado para aprovechar todos los recursos humanos y materiales de los que ya disponen las universidades participantes. Únicamente se considera, si hay presupuesto para ello, la invitación de algún/os profesores visitantes especialistas en un determinado aspecto de alguna materia para impartir un seminario de especialización y/o una masterclass.

Política de becas

Los estudiantes podrán optar al régimen de becas-contratos que establezcan las distintas Administraciones Públicas o Instituciones Privadas, siempre que cumplan los requisitos en las respectivas convocatorias.