

## **2. Justificación**

### **2.1. Justificación del Título Propuesto**

#### **Interés académico, científico o profesional del mismo**

La química está presente en cada una de nuestras actividades diarias y en todos y cada uno de los objetos que nos rodean. De modo cotidiano, la Química está en contacto con cada uno de nosotros, es una ciencia que nos ayuda a alimentarnos, a vestirnos, a desplazarnos, a sanar enfermedades, a alojarnos e incluso nos entretiene (los CD, las cintas de música o video están fabricadas con productos químicos). La química participa de un modo directo e inevitable en cada una de las etapas de obtención de un determinado producto o material, desde su diseño inicial hasta su adquisición por el consumidor. La química es una ciencia relativamente reciente que, de un modo estructurado, comenzó en Europa hace 200 años y que atrajo a gente como Avogadro, Lavoisier, Faraday y Liebig. Desde entonces se ha convertido en una ciencia que abarca tanto el mundo microscópico de los átomos y moléculas hasta el mundo macroscópico de los materiales.

La química es una ciencia central que crea sus propios objetivos. Algunos materiales como los plásticos, que han cambiado el rostro del mundo en el siglo XX y lo seguirán cambiando en el siglo XXI, no existían antes de que un químico los preparara por primera vez.

La Industria Química es actualmente la industria que mayor valor añadido genera en Europa y en la que puede considerarse líder mundial pues seis de las diez primeras compañías químicas del mundo son europeas. Según los datos de la CEFIC (Asociación Europea de Industrias Químicas) y de la propia EU (Eurostat) las ventas de productos químicos de las compañías europeas se sitúan prácticamente en los 600 billones de euros, superando claramente a las ventas de los Estados Unidos (algo más de 400 billones de euros) y de Asia (algo más de 500 billones). La industria química en Europa contribuye con más de 30 billones de € a la balanza comercial de la Unión Europea. En la actualidad, la contribución de la Industria Química al Producto Interior Bruto de la EU es prácticamente idéntico a la contribución de la agricultura (alrededor del 2.5% del PIB). Por otro lado, la Industria Química es el sector que mayor porcentaje de sus beneficios invierte en I+D+I. Así la Industria de la Química Fina invierte alrededor de un 5%. y las compañías farmacéuticas alrededor de un 22%.

La industria química europea consta de unas 30.000 compañías, de las que el 98% son pequeñas y medianas empresas, que emplean a menos de 500 personas. En conjunto, la industria química europea emplea directamente a 1,65 millones de personas, generando el triple de puestos de trabajo indirectos.

La repercusión de la Química en la vida cotidiana del ciudadano europeo es muy grande. Como hemos mencionado antes, mirando a nuestro alrededor nos damos cuenta que muchos de los compuestos y materiales que intervienen en nuestra vida han sido preparados a través de procesos industriales en los que interviene la Química. Durante décadas estos procesos se han realizado sin tener en cuenta su repercusión en el medio ambiente, siendo en muchos casos muy contaminantes. Casi todas las reacciones químicas necesitan un catalizador que aumente su velocidad de reacción para hacerla

rentable, pero en general los catalizadores químicos son tóxicos, y una vez concluida la reacción hay que someterlos a diversos tratamientos para evitar la contaminación que producen al ser desechados. Por otro lado las reacciones químicas requieren generalmente el empleo de altas temperaturas y esto supone un gasto de energía que no favorece al medio ambiente y que dificultan la sostenibilidad global de tales procesos. Estos datos nos sugieren que es vital cambiar nuestra filosofía de trabajo pues los beneficios de la química no pueden hacerse a expensas del medio ambiente. Ahora tenemos que asumir el desafío de que estos productos que hacen nuestra vida más cómoda puedan ser preparados a través de procedimientos no contaminantes, siguiendo los principios de la **Química Sostenible (Green Chemistry)** según la terminología utilizada más ampliamente en el ámbito anglosajón).

La Química Sostenible puede definirse como el diseño de productos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas. Al igual que en otros ámbitos, el objetivo de desarrollo sostenible deberá conseguirse con la puesta a punto de nuevas tecnologías que provean a la sociedad con los productos que necesitamos de una manera medioambientalmente responsable.

Según el código de conducta de la American Chemical Society. “Los químicos tienen como responsabilidad profesional servir al interés público, al bienestar y al avance del conocimiento científico. Los químicos deben preocuparse de la salud y el bienestar de sus compañeros, consumidores y la comunidad... Los químicos deben comprender y anticiparse a las consecuencias medioambientales de su trabajo. Los químicos tiene la responsabilidad de evitar la contaminación y de proteger el medioambiente”.

El diseño de productos y procesos medioambientalmente benignos debe guiarse con los 12 principios de la Química Sostenible que se basan en:

- 1) prevención,
- 2) economía atómica,
- 3) uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida,
- 4) generar productos eficaces pero no tóxicos,
- 6) disminuir el consumo energético,
- 8) evitar la derivatización innecesaria,
- 9) potenciación de la catálisis,
- 10) generar productos biodegradables,
- 11) desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real,
- 12) minimizar el riesgo potencial de accidentes químicos.

Desde su inicio conceptual en 1991, la Química Sostenible ha crecido a nivel internacional de un modo sostenido, con la creación a nivel nacional e internacional de organismos, redes, instituciones, revistas y programas educativos relacionados con la misma.

En 1993 en Estados Unidos la EPA creó el "U.S. Green Chemistry Program" que ha sido la base del mayor número de actividades en Estados Unidos como los "Presidential Green Chemistry Challenge Awards" y la Conferencia anual "Green Chemistry and Engineering Conference" y a mediados de los años 90 la creación del "Green Chemistry Institute" con el objetivo de promover la investigación educación y expansión de la Química Verde.

En Italia, Reino Unido, Japón, Australia, etc., también se han creado instituciones para el desarrollo del Química Sostenible. El Reino Unido ha establecido programas de investigación y de docencia en química verde. Asimismo la Royal Society of Chemistry lanzó en 1999 la revista de investigación Green Chemistry que recientemente ha alcanzado índices de impacto superiores a los de la mayor parte de revistas de la RSC. En Italia se ha creado un consorcio interuniversitario (INCA) donde la química verde es uno de sus temas centrales.

En Japón se ha creado también una red de química verde y sostenible (GSCN). En Australia se ha creado el Centro de Química Verde de la Monash University para el desarrollo de la investigación y la docencia en este campo.

En nuestro país el trabajo en el campo de la Química Sostenible ha sido disperso centrándose en diversas iniciativas de los planes nacionales de Investigación donde la Química Sostenible se encontraba dentro de subprogramas como el de Biotecnología medio ambiental, desarrollo de polímeros biodegradables o de origen natural, dentro del programa de Nuevos Materiales, el desarrollo de nuevos catalizadores más selectivos dentro del programa de Química Industrial o del de Tecnología Química etc.

Por otro lado las leyes de la Unión Europea para la protección del medio ambiente están obligando a las empresas europeas en general, y a las españolas en particular a desarrollar procesos más respetuosos con el medio ambiente. La potenciación de los objetivos de la Química Sostenible por parte de la UE viene marcada por la introducción continuada del concepto de desarrollo sostenible en todos los apartados considerados dentro del FP6 (y del futuro FP7) como un objetivo estratégico básico para Europa. Todos los subprogramas en los que está involucrada la Química en el FP6 consideran la necesidad de desarrollar tecnologías sostenibles. Un hito significativo a este respecto lo representa la creación de la Plataforma Tecnológica de Química Sostenible a nivel europeo, como una de las grandes Plataformas Tecnológicas e Industriales que se han posicionado de cara al FP7 y al desarrollo de los próximos años. La industria Química española, una de las más importantes a nivel europeo en algunos campos como el de la fabricación de intermedios, se ha posicionado adecuadamente en este contexto, participando en la creación de la correspondiente Plataforma Española de Química Sostenible que en la actualidad se encuentra ya trabajando en dos subplataformas como son la de biotecnología y la de reacciones y procesos.

### **Conveniencia de la implantación del máster en Química Sostenible**

En pocos ámbitos de la ciencia y tecnología modernas se ha producido con igual intensidad que en el caso de la Química Sostenible el hecho de que el desarrollo en investigación y educación ha sido completamente paralelo.

En investigación se han establecido programas en los cinco continentes haciendo énfasis en los principios de la Química Sostenible. Así, por ejemplo, en química de polímeros la investigación se está centrando en el uso de materiales renovables, transformaciones basadas en procesos biológicos y diseño estructural para la biodegradabilidad.

El diseño de disolventes benignos y sistemas sin disolventes es también una de las áreas más activas: el empleo de fluidos supercríticos como el dióxido de carbono o el agua

supercrítica; el uso de los líquidos iónicos, disolventes atractivos ya que tienen una presión de vapor despreciable y su uso en sistemas polares puede crear una nueva química; la utilización de disolventes fluorados que han demostrado también particulares ventajas en catálisis homogénea.

La catálisis es uno de los pilares fundacionales de la Química Sostenible. Las reacciones catalíticas a menudo reducen los requerimientos de energía, disminuyen la necesidad de separaciones debido al aumento de selectividad, permite el uso de materias primas renovables o minimizan las cantidades de reactivos necesarias.

El empleo de materiales renovables es una necesidad teniendo en cuenta la disminución global de las fuentes, ya que actualmente el 98% de los productos químicos derivan del petróleo.

El diseño de nuevas tecnologías, métodos analíticos para monitorización in situ o el diseño de productos químicos más seguros son otros objetivos prioritarios dentro de la Química Sostenible.

Todos los desarrollos anteriores han estado acompañados por el convencimiento absoluto de la necesidad de ser capaces de transmitir de un modo inmediato los conocimientos adquiridos. Es necesario que la próxima generación de científicos y tecnólogos sea formada en las metodologías, técnicas y principios que son primordiales en la química sostenible/verde.

La educación en Química Sostenible (Química Verde) representa un auténtico desafío a nivel mundial para nuestro futuro próximo y requiere la participación de actores muy diferentes. Entre estos actores, cabe considerar los gobiernos, las universidades, los centros de investigación, las propias industrias, las agencias no gubernamentales, los medios de comunicación, etc. Sin embargo, parece claro que, en este ámbito, son los Químicos y los Ingenieros Químicos, en particular aquellos que están involucrados en actividades educativas, los que deben jugar un papel primordial. De acuerdo con ello, se requiere que las instituciones educativas, y muy particularmente las universidades, realicen un esfuerzo importante en este campo de modo que sean capaces de educar a los formadores en Química Sostenible y preparar adecuadamente a los investigadores y profesionales, presentes y futuros, que están actualmente o estarán en el futuro involucrados en la Química del siglo XXI.

La educación en Química Sostenible debe incluir actividades a niveles muy diferentes.

Así, los conceptos generales de sostenibilidad y de Química Sostenible (Química Verde) deben presentarse al público en general de una manera simplificada y comprensible a través de los medios de comunicación. Igualmente, algunos de estos conceptos deben introducirse en los niveles preuniversitarios de enseñanza, lo que, lógicamente, requiere una formación específica de los educadores en los distintos niveles de la misma. Si consideramos la formación de los profesionales de la Química, resulta evidente que dichos conceptos deben introducirse, aunque también de una forma relativamente simplificada, en los curricula de pregrado en las Universidades. Por otro lado, la celebración de cursos de verano en Química Verde o Química Sostenible juega también un papel importante a la hora de introducir en este campo a los estudiantes recién graduados o en las últimas etapas de sus estudios de pregrado, dándoles una visión general pero más profunda del área.

Sin embargo, parece claro que el esfuerzo educativo fundamental tiene que producirse al nivel del posgrado. Por un lado, se requiere la elaboración de cursos de formación muy focalizados sobre temas específicos dirigidos a los profesionales actuales que necesitan conocer con detalle, de modo inmediato, algún elemento muy definido dentro de este ámbito. Por otro lado, la preparación de profesionales de la Química con una alta preparación y cualificación en el área de la Química Sostenible requiere la elaboración de los currícula correspondientes que lleven a la obtención del grado de MASTER EN QUÍMICA SOSTENIBLE e igualmente al grado de DOCTOR EN QUÍMICA SOSTENIBLE.

A lo largo de Europa se han acometido en los últimos años distintas iniciativas individuales con el objeto de superar la falta de una aproximación general y coherente a la formación en Química Sostenible. Así, ha sido posible la introducción de cursos introductorios como materias optativas en algunos currícula de la Licenciatura en Química (por ej., en la Universidad de Valencia) y distintas universidades alemanas (Bremen, Regensburg y otras) han colaborado para la elaboración de cursos de laboratorio sobre este tema. En Italia, el Prof. P. Tundo, en Venecia, coordina anualmente un curso de verano sobre Green Chemistry que ha alcanzado un grado de consolidación muy notable. En España se han celebrado igualmente durante los últimos años, con un éxito notable, distintos cursos de verano sobre Química Sostenible/Química Verde (Castellón, Zaragoza, Sevilla...), así como la conferencia en Química Sostenible (evento internacional) celebrada bianualmente, la cual es una gran ocasión para que los químicos jóvenes se den cuenta de cómo la Química mejora nuestra vida y nuestro futuro y también como aprender a hacerlo.

En UK, la Universidad de Nottingham ha creado el primer programa de segundo ciclo de Química Verde. Por otro lado existe, a nivel europeo, un programa de Máster en materias primas renovables coordinado por instituciones del Reino Unido. Finalmente cabe señalar que la iniciativa más importante se ha llevado a cabo en España con la creación en el curso 2003-2004 del programa de doctorado Interuniversitario en Química Sostenible. Este programa, que se ha seguido desarrollando con éxito hasta su extinción en el año 2006, debido a su transformación en el Programa Oficial de Posgrado en Química Sostenible (RD56/2005) y posteriormente en el actual Máster en Química Sostenible (Real Decreto 1393/2007), ha obtenido la correspondiente Mención de Calidad del Ministerio de Educación en todas sus convocatorias y ha representado la primera iniciativa a nivel mundial de estas características. En este programa de doctorado han participado profesores de más de 15 Universidades y Centros de Investigación.

Iniciativas similares han ido surgiendo igualmente en Asia y América e incluso en algunos lugares de África. Las iniciativas han incluido la edición de libros de texto, el desarrollo de ensayos de laboratorio y cursos prácticos, la introducción de cursos de pregrado, escuelas de verano, simposios, mesas de trabajo de profesionales, etc... Entre ellas podemos señalar el primer Máster en la Universidad de Monash y el primer doctorado en la Universidad de Massachussets en Lowell.

Desde la perspectiva de la creación del Espacio Europeo de Educación Superior, parece claro que todas las iniciativas individuales consideradas anteriormente poseen limitaciones importantes, de modo que es preciso dar un paso significativo adelante para

ser capaces de crear un sistema coherente de FORMACIÓN EN QUÍMICA SOSTENIBLE A UN NIVEL EUROPEO.

Este reto puede afrontarse a través de la cooperación de educadores, científicos e instituciones de diferentes países europeos que participan en las iniciativas anteriores, extrayendo el máximo partido posible de la experiencia adquirida en los últimos años con dichas iniciativas. Puesto que el nivel más crítico de formación es el que viene representado por los estudios conducentes a la obtención de los grados de Máster y Doctor, el objetivo central de nuestro esfuerzo es la consecución de un **Programa Europeo de Máster y Doctorado en Química Sostenible**.

La propuesta de continuar con el programa de Máster en Química Sostenible que aquí se presenta debe entenderse, por tanto, como una etapa previa hacia la consecución de este objetivo. Los conceptos fundamentales de este programa han sido presentados y debatidos en distintos foros incluyendo la segunda conferencia internacional en Green Chemistry celebrada en Junio en Washington D.C. (USA) y han recibido el apoyo de distintas instituciones y grupos de trabajo. Así mismo, en los últimos años se ha mantenido una estrecha colaboración e intercambio con la Universidad Nova de Lisboa y La Universidad de Oporto, donde se imparte un Máster en Química Sostenible y con quien se ha firmado un convenio de colaboración para el Doctorado en Química Sostenible.

A la vista de los antecedentes y de las iniciativas desarrolladas en diferentes países, incluido el nuestro, la conversión del actual programa interuniversitario con mención de calidad de Química Sostenible (química verde) en un programa de posgrado, de acuerdo con la nueva normativa, en Química Sostenible que incorpore tanto los títulos de Máster como de Doctor, y con la perspectiva de liderar la creación del correspondiente programa Europeo, parece no solamente necesaria sino imprescindible si España desea seguir manteniéndose en los puestos de cabeza de la Industria Química.

El programa de máster se propone con dos vertientes, una dirigida al campo de la investigación I+D+I, y otra de carácter fundamentalmente profesional. Con estas dos alternativas se pretende: Vertiente investigadora: el alumno del máster adquirirá la formación necesaria para incorporarse a equipos, en el sector público o privado, que desarrollen programas de I+D+i en campos relacionados con la química sostenible. Así mismo se adquirirán los conocimientos globales idóneos para realización de un doctorado en cualquier tema específico relacionado con la Química Sostenible, en el sentido más amplio de estas disciplinas.

Vertiente profesional: el máster proporcionará al estudiante los recursos necesarios para incorporarse al sector en múltiples actividades, en las cuales sea necesario el conocimiento de las propiedades y aplicaciones de la química sostenible en la industria petroquímica, química y farmacéutica.  
Salidas Profesionales

1. Industria Química
2. Industrias del Sector de Medio Ambiente
3. Otras industrias afines
4. Consultoría

- 5.
6. Docencia universitaria

### **Relación de la propuesta con las características socio-económicas de la zona de influencia.**

El entorno de influencia del Máster no se restringe únicamente a la provincia de Castellón, sino a todo el territorio nacional, con evidentes influencias en países de la Unión Europea. En este sentido, hay que destacar el gran número de empresas interesadas en especialistas en el campo de la Química Sostenible.

En este sentido en la actualidad existe una fuerte demanda de titulados superiores con una formación específica en el campo de la Química Sostenible y esta demanda ha de irse incrementando de modo constante en los próximos años. Debemos recordar, que los datos de empleo en este sector son extraordinariamente significativos, con más de 30.000 compañías en Europa que emplean directamente a 1.65 millones de personas. A nivel español, estos datos son también importantes, ya que el número de empresas del sector químico era de alrededor de 14000, incluyendo todos los sectores, en el año 2003 de acuerdo con la Encuesta Industrial de las Empresas. Las dos terceras partes de estas industrias son pequeñas y medianas empresas con menos de 20 empleados. El número de empleos que generan directamente estas empresas del sector químico se situaba en el 2004 en unas 160.000 personas de acuerdo con la Encuesta de Población activa.

Por otro lado, éste Máster parte con una ventaja inicial, que es el éxito del programa de doctorado del que se transforma, único en su especialidad a nivel nacional durante prácticamente toda su existencia.

En este contexto, el máster que aquí se presenta supone una apuesta clara por la vertiente aplicada de la química, cubriendo la demanda del mercado laboral en este sentido y proveyendo, por tanto, de un futuro potencialmente mejorado a los estudiantes que se decidan a cursarlo.

Este máster (como ya se ha comentado a lo largo de la memoria) proviene del Programa de Doctorado Interuniversitario en Química Sostenible que se extinguió en el año 2006, y que se llevó a cabo con gran éxito, con una media de 20-25 alumnos por curso académico, de distintos países, especialmente España y Sudamérica. El programa mencionado obtuvo la mención de Calidad del Ministerio de Educación en todas sus convocatorias. En este programa de doctorado participaron profesores de más de 15 Universidades y Centros de Investigación.

En su transformación primero en POP y posteriormente en el Máster actual, el programa ha seguido y continua actualmente con gran éxito, siendo la demanda aproximada de más de 30 estudiantes por curso académico igualmente de distintos países.

### **Referentes externos**

El programa de Máster que aquí se presenta proviene en su origen de la evolución, de acuerdo con los cambios legales producidos, del programa de Doctorado en Química Sostenible, que fue aprobado originariamente por el Ministerio y contó en todas las

convocatorias en las que estuvo en vigor dentro de la normativa anterior con la Mención de Calidad.

El estudio avanzado y específico de Química Sostenible se ha convertido a escala internacional en una necesidad que se ha visto reflejada en distintas iniciativas comparables con la que aquí se presenta. Podemos señalar los esfuerzos del Green Chemistry Institute de EEUU que coordina las actividades en este ámbito. Las actividades educativas se organizan a través de la Universidad de Oregón en base a distintos cursos de posgrado y actividades individuales como cursos de verano, seminarios de formación de profesorado etc. Se mantiene igualmente una actividad de networking en la que está incluido nuestro programa de trabajo. En UK, a través de la RSC se mantiene una red de Química Sostenible que ha dado lugar al desarrollo de varios programas de Máster con los que hemos estado en contacto (i.e. Universidad de Nottingham, Univesidad de York). En Portugal se ha desarrollado recientemente un programa interuniversitario de formación de posgrado en Química Sostenible que se ha desarrollado basándose en los criterios y metodologías planteados por nuestro programa. En Italia la red de Química y Medio ambiente también ha participado de un modo intenso en la formación en este ámbito, preferentemente mediante la impartición de cursos de verano y la elaboración de distintos programas de Máster combinando la Química Sostenible con la Química Medio Ambiental en algunos casos. Finalmente, a nivel Europeo existe un network destinado a analizar las mejores prácticas para la adaptación de los estudios de Química al Espacio Europeo de Educación Superior (ECTN: European Chemistry Thematic Network) que lleva 15 años analizando, entre otros elementos la incorporación de los principios de la Química verde/sostenible a la enseñanza de la Química.

Nuestro programa de Máster se ha realizado y revisado teniendo en cuenta las iniciativas anteriores y habiendo mantenido un contacto muy intenso con las mismas que han refrendado la validez de nuestras propuestas. El modelo que representa nuestro Máster se ha presentado en distintas conferencias de carácter científico y educativo, entre las que caben señalar las siguientes:

Green Chemistry and Green Engineering Conference, Washington, 2005

Jornadas Suschem, RSC-Green Chemistry Network, Londres 2006

Green Chemistry Conference, Barcelona, 2007

Green Chemistry-ANQUE, Tenerife, 2006

Green Chemistry Conference, Zaragoza, 2009

SLAP 2010, Costa Rica, 2010

IUPAC International Conference in Green Chemistry, Iguazu, 2012

4th Internacional Conference on Green Process Engineering, Sevilla, 2014

5th EuCheMS Chemistry Congress, Istambul, 2014



Por otro lado, se nos ha invitado a presentar nuestro modelo de enseñanza en Química sostenible en las siguientes Universidades:

Universidad Nova de Lisboa, Portugal

Universidad de Sidi-Bel-Abbes, Argelia

Universidad de Belgrado, Yugoslavia

Universidad de Fez, Marruecos

Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Universidad de Sevilla, Sevilla

En todos los casos, nuestro sistema se ha considerado como un modelo para elaborar propuestas propias o propuestas de colaboración con nuestros estudios.

Como referentes externos adicionales, cabe señalar que se cuenta con el apoyo de la Red Española de Química Sostenible (REDQS) y de la plataforma SUSCHEM España.

### **Descripción de los procedimientos de consulta utilizados para la elaboración del plan de estudios**

#### **Descripción de los procedimientos de consulta internos**

La presente propuesta ha sido elaborada a partir del trabajo interdisciplinar entre los coordinadores de las cuatro Universidades participantes, que forman la comisión Académica del Master. Así mismo, se han elaborado diferentes propuestas por una segunda comisión formada por el coordinador del master y varios profesores doctores del master, así como estudiantes egresados del Programa de Doctorado en Química Sostenible.

Comisión coordinadora del Máster:

- Santiago V. Luis, catedrático de la UJI
- J.M. López Nieto, Profesor de Investigación del CSIC (ITQ-UPV)
- J. Pérez Prieto, catedrática de la UVEG
- Pedro Cintas, profesor de la UEX

En todas las reuniones mantenidas la respuesta ha sido positiva, coincidiendo en la necesidad de implantación de dicho master para que los estudiantes futuros tengan una formación en el ámbito de la Química Sostenible para poder aportar dicho conocimiento en la industria.

#### **Descripción de los procedimientos de consulta externos**

Diferentes profesionales de empresas e instituciones Españolas y Europeas han sido consultados y han dado su apoyo a la presente propuesta. Las consultas se han efectuado mediante reuniones varias a las que asistieron:

- V. Gotor (Universidad de Oviedo)
- Carles Esteve (IUCT)
- Felix Sanchez (CSIC)
- J.M. Marinas Rubio (Universidad de Córdoba)
- Daniel Escrig (exdirector de i+D de UBE)
- Maia Sokolova (ECHA)
- Antonio de la Hoz (Universidad de Castilla la Mancha)
- Víctor Martínez Merino (Universidad Pública de Navarra)
- José María Sánchez (Universidad Complutense de Madrid)
- Peter Licence (Green Chemistry Institute, University of Nottingham)

Así mismo, durante los últimos años se han ido realizando una serie de reuniones con entidades especializadas en Química Sostenible como:

Green chemistry institute (ACS)

Green chemistry network (UK)

Working Party on Green Chemistry (EUCHEM)

Green Chemistry network of Portugal

IUPAC

REd española de Química Sostenible (REQS)

Plataforma de Q Sostenible

Las aportaciones y comentarios de los profesionales consultados se han incluido en el diseño del máster ya que han aportado una visión más cercana a las necesidades del entramado empresarial.

### **Objetivos globales para el Máster en Química Sostenible:**

1. Definir la Química Sostenible y dar una visión de los desarrollos históricos que han dado lugar al desarrollo de la misma y de otros descubrimientos asociados.

2. Establecer los principios de la Química Sostenible y definir su implementación en la práctica de los procesos Químicos Industriales.

3. Definir las herramientas y las áreas generales de trabajo de la Química Sostenible. Se presentan las siguientes áreas : i) Empleo de materiales de partida renovables, ii) Economía atómica, iii) Empleo de disolventes más limpios (disolventes en condiciones supercríticas, química en agua, reacciones sin disolvente, etc.), iv) Condiciones de reacción alternativas (microondas, electroquímica), v) Catálisis: catalizadores ácido - base, catalizadores red-ox, imprinting de catalizadores sólidos etc., vi) Biocatálisis: procesos catalizados por enzimas o células enteras, empleo de organismos modificados genéticamente, vii) Foquímica y fotocatalisis, viii) Polímeros biodegradables y su uso en procesos químico.

4. Reconocer la toxicidad/peligro como una propiedad física/estructural que puede ser diseñada y manipulada.

5. Presentar ejemplos de Procesos Industriales donde se cumplen los principios de la Química Sostenible.

6. Familiarizarse con las tendencias actuales de la química verde para poder realizar un análisis crítico sobre el "grado de cumplimiento de los postulados de la Química sostenible en un determinado proceso industrial.

De acuerdo con estos objetivos, un estudiante al acabar los estudios del Master en Química Sostenible debe poseer un conocimiento avanzado de los conceptos generales arriba reseñados de Química Sostenible, así como de las principales técnicas y metodologías implicadas. Aunque el estudiante pueda haber realizado una intensificación específica en alguna de dichas técnicas y metodologías, se espera que al acabar sus estudios disponga al menos de un conocimiento suficiente de la mayor parte de ellas. Del mismo modo, un estudiante que finalice este Programa de Posgrado debe poseer, entre otras, las siguientes aptitudes y destrezas:

- Evaluar el grado de sostenibilidad de un proceso químico o reacción química.
- Evaluar el grado de riesgo de un proceso/reacción química y la toxicidad de los compuestos implicados.
- Ser capaz de trabajar experimentalmente con una o varias de las siguientes técnicas:
  - Biotransformaciones.
  - Trabajo con disolventes no convencionales (líquidos iónicos, fluidos supercríticos...).
  - Transformaciones catalíticas.
- Empleo de técnicas alternativas para el suministro de energía en procesos químicos (electroquímica, fotoquímica, irradiación por microondas, ultrasonidos...).

- Diseñar la modificación de un proceso químico existente con objeto de mejorar su impacto ambiental y la sostenibilidad del mismo.
- Diseñar nuevos productos en función de la sostenibilidad tanto del proceso de fabricación como de los procesos que los utilicen.
- Diseñar nuevos procesos químicos para la preparación de un determinado compuesto con objeto de optimizar la sostenibilidad de los mismos.