

Grupo del Area Temática de Química: Título Europeo de Grado en Química - «*Eurobachelor*»

Como consecuencia de la Declaración de Bolonia, numerosos países están promoviendo acciones encaminadas a la revisión de la estructura de sus titulaciones en Química. Estas estaban previamente estructuradas en dos o tres ciclos y hay propuestas dirigidas hacia una estructura general de tres ciclos (*BSc/MSc/PhD*). Sin embargo, no hay acuerdo general para la introducción del modelo «3-5-8», que ha sido algunas veces malinterpretado como una «recomendación» de Bolonia. La etapa post-Bolonia está, sin duda, ganando fuerza mucho más rápido de lo que muchos habrían pronosticado y se espera que el número de países que van a implantar una titulación de primer ciclo «tipo Bolonia», tal y como se definió en la conferencia de Helsinki de febrero de 2001, va a ser mayor de lo inicialmente previsto. Parece, por tanto, oportuno proponer un modelo para este tipo de titulación en Química.

Aunque el compromiso alcanzado en Helsinki propugnaba que el título de grado debía estar constituido por 180-240 créditos ECTS (3-4 cursos académicos), hay indicios que sugieren que la titulación de 180 créditos será más frecuente que la correspondiente a 240 créditos, por lo que hemos optado por fundamentar nuestro modelo en 180 créditos ECTS.

El denominador común en química parece ser el título de grado (*BSc*) como primer ciclo, con una duración de tres años o, en algunos países, de hasta cuatro años. De este modo, parece razonable empezar intentando definir un Título Europeo de grado en Química (*Eurobachelor*) de

180 créditos. Aquellas instituciones que opten por 210 o 240 créditos, obviamente excederán los criterios del Título Europeo de grado, tal y como se han definido aquí, pero se espera que puedan adoptar este marco y asignar los 30 o 60 créditos adicionales de acuerdo con los principios que ellos establezcan (por ejemplo, pueden concederse más créditos al proyecto «fin de carrera» - *Bachelor Thesis*).

En el ámbito de la formación continua («aprendizaje a lo largo de la vida» - *Life Long Learning*) el título de grado puede contemplarse como un punto destacado del progreso en el aprendizaje logrado por un estudiante que tiene la intención de incorporarse a un programa de segundo ciclo, inmediatamente o tras una breve interrupción. Alternativamente, puede contemplarse como la cualificación final de un estudiante considerado no apto para completar un segundo ciclo. En este documento se ha adoptado el primer punto de vista. Si se considera el segundo criterio, entonces surgirán dificultades cuando el estudiante más tarde desee emplear su cualificación con el propósito de acceder a un programa de segundo ciclo. Parece fundamental, para la concepción de aprendizaje a lo largo de la vida, que la distinción entre cualificación final y cualificación de acceso deba desaparecer.

Hemos intentado distanciar nuestra reflexión en el mayor grado posible de los modelos nacionales actuales, ya que éstos o son inexistentes o divergen considerablemente. Aunque Reino Unido e Irlanda tienen títulos de grado muy arraigados, no hemos incorporado los conceptos de *Honours degrees* o *Pass degrees* en nuestro modelo para el título de grado en química, debido a que no son convenientemente asimilados en la Europa continental y probablemente tampoco sean fácilmente transferibles.

Antes de presentar nuestro modelo en detalle parece prudente presentar las posibilidades que deberían ser accesibles a cualquier joven químico que haya obtenido el *Eurobachelor*.

- Como se formuló en la Declaración de Bolonia, esta cualificación debe ser relevante para el mercado laboral europeo, acentuando aquí el término «europeo». Así, es necesario que este título sea una cualificación aceptada por todos los países firmantes de los acuerdos de Bolonia/Praga.
- El titulado europeo de grado en Química debería, siempre que su formación haya sido del nivel requerido, ser capaz de continuar su educación terciaria, ya sea en su institución de origen, en otra institución de su país o en otra equivalente de otro país europeo. (En una etapa posterior, puede confiarse en el reconocimiento, a nivel mundial, del *Eurobachelor*). Esta prosecución

puede ser inmediata o, dependiendo de la planificación de la carrera del individuo, tener lugar después de un período intermedio en la industria.

- Esta prolongación de estudios a menudo consistirá en un curso que conduzca a un título de postgrado (*MSc*), ya sea en química o en áreas afines. No obstante, las instituciones europeas deben considerar la posibilidad de facilitar a los mejores estudiantes un acceso directo o (quizás más a menudo) indirecto a los cursos de doctorado.

Debe quedar claro al principio que cada institución que imparta programas del *Eurobachelor* es completamente libre de decidir el contenido, naturaleza y organización de sus cursos o módulos. Los programas de la titulación en Química ofertados por instituciones individuales tendrán así lógicamente características propias específicas. La profundidad con la que los aspectos particulares son atendidos dependerá de la naturaleza de los programas de química específicos.

Es de preeminente importancia que las instituciones que oferten títulos europeos de grado se fijen un alto estándar, proporcionando de este modo a sus estudiantes unas buenas oportunidades en el mercado laboral nacional e internacional y un buen punto de partida para la transferencia a otros programas académicos en caso de que así lo deseen.

Sistema Europeo de Créditos (ECTS) y trabajo del estudiante

La media europea de trabajo del estudiante se aproxima a 1500 horas anuales. Esto corresponde a, aproximadamente, 25 semanas lectivas. Un simple cálculo, por tanto, revela una carga de trabajo teórica de 60 horas a la semana si el estudiante estudia sólo en este período. Así, es importante contar con directivas sobre la distribución del trabajo del estudiante, éstas deberían incluir la definición de periodos de estudio previos a la realización de los exámenes y periodos de examen diferenciados del período lectivo.

El valor ECTS de 60 créditos anuales corresponde a una media de 25 horas de trabajo del estudiante por 1 crédito, es decir, una media de 1 crédito por 1 hora presencial o de contacto semanal. Debe considerarse que el trabajo total correspondiente a 1 hora de clase presencial es diferente del correspondiente a 1 hora de trabajo práctico. Deben, por ello, introducirse factores que, con el paso del tiempo, sean uniformes dentro del área de química.

Resultados

La Agencia de Calidad del Reino Unido (QAA) ha publicado unas normas o indicaciones que sirven como punto de partida para nuestras discusiones. No era intención de la QAA el definir un «título de química», sino proporcionar un conjunto de factores que deberían ser considerados por las instituciones al establecer los programas de las titulaciones. De modo parecido, los resultados que se indican posteriormente deben ser indicativos y no impositivos para todos los programas de química. Al modificar las normas de la QAA, han sido particularmente tenidos en cuenta dos aspectos:

- (1) Las normas fueron escritas para el título de grado inglés *BSc Honours*, considerado por la QAA como un título de primer ciclo y que, sin embargo, conduce directamente al ingreso en un programa de doctorado. Se pretende que el título europeo de grado habilite, solamente, para el acceso al segundo ciclo, y algunas normas han sido eliminadas porque han sido consideradas más apropiadas para el segundo ciclo.
- (2) Las normas fueron concebidas en apoyo de la educación y la empleabilidad, y se reconoce que muchos graduados en química obtienen su empleo en campos ajenos a la disciplina. La reciente encuesta sobre empleo del Proyecto Tuning realizada a empleadores y graduados muestra la importancia de estos resultados, que van más allá de los conocimientos de la química. Se han realizado algunas contribuciones a la luz de los resultados de esta encuesta.

Resultados: Conocimiento del área temática

Se sugiere que todos los programas aseguren que los estudiantes lleguen a conocer los siguientes aspectos fundamentales de química.

- Aspectos principales de terminología química, nomenclatura, conversiones y unidades.
- Tipos principales de reacción química y sus principales características asociadas.
- Principios y procedimientos empleados en el análisis químico y la caracterización de compuestos químicos.
- Características de los diferentes estados de la materia y las teorías empleadas para describirlos.

- Principios de la mecánica cuántica y su aplicación en la descripción de la estructura y propiedades de átomos y moléculas.
- Principios de termodinámica y sus aplicaciones en química.
- Cinética del cambio químico, incluyendo la catálisis y los mecanismos de reacción.
- Principales técnicas de investigación estructural, incluyendo la espectroscopia.
- Propiedades características de los elementos y sus compuestos, incluyendo las relaciones entre grupos y sus variaciones en la Tabla periódica.
- Propiedades de los compuestos alifáticos, aromáticos, heterocíclicos y organometálicos.
- Naturaleza y comportamiento de los grupos funcionales en moléculas orgánicas.
- Rasgos estructurales de los elementos químicos y sus compuestos, incluyendo la estereoquímica.
- Principales rutas de síntesis en química orgánica, incluyendo las interconversiones de grupos funcionales y la formación de los enlaces carbono—carbono— heteroátomo.
- Relación entre propiedades macroscópicas y propiedades de átomos y moléculas individuales, incluyendo las macromoléculas.
- Química de las moléculas biológicas y sus procesos.

Resultados: Habilidades y Destrezas

A nivel de *Eurobachelor*, se espera que los estudiantes sean capaces de desarrollar un amplio rango de diferentes habilidades y destrezas.

Estas se pueden dividir en tres categorías principales:

- a. Habilidades y destrezas cognitivas relacionadas con la química, es decir, habilidades y destrezas relacionadas con tareas intelectuales, incluyendo la resolución de problemas;
- b. Destrezas prácticas relacionadas con la química, por ejemplo, destrezas relacionadas con la gestión del trabajo de laboratorio;
- c. Destrezas transversales («transferibles») que pueden ser desarrolladas en el contexto de la química y son de naturaleza general y aplicables en otros contextos.

Las principales habilidades y destrezas que se espera que los estudiantes hayan desarrollado al finalizar el *Eurobachelor* se enumeran a continuación.

- a. Habilidades y destrezas cognoscitivas relacionadas con la química:
- Ser capaz de demostrar conocimiento y comprensión de los hechos esenciales, conceptos, principios y teorías relacionadas con las áreas de la materia señaladas anteriormente.
 - Ser capaz de aplicar dicho conocimiento y comprensión en la resolución de problemas cualitativos y cuantitativos según modelos previamente desarrollados.
 - Destrezas en la evaluación, interpretación y síntesis de información y datos químicos.
 - Ser capaz de reconocer e implementar buenas prácticas científicas de medida y experimentación.
 - Destrezas en la presentación oral y escrita de material científico a un público experto.
 - Habilidades computacionales y de procesamiento de datos, en relación con información y datos químicos.
- b. Destrezas prácticas relacionadas con la química:
- Destreza en la utilización de materiales químicos con seguridad, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, incluyendo cualquier peligro específico asociado a su uso.
 - Destrezas requeridas para el desarrollo de procedimientos de seguridad estándar y uso de la instrumentación en el trabajo de síntesis y análisis, en relación tanto a sistemas orgánicos como inorgánicos.
 - Destrezas en la monitorización, mediante observación y medida, de propiedades químicas, sucesos o cambios, y su registro sistemático y fiable así como documentación de las mismas.
 - Ser capaz de interpretar datos derivados de las observaciones y medidas de laboratorio en relación con su significación y relacionarlos con las teorías apropiadas.
 - Ser capaz de evaluar riesgos con relación al uso de sustancias químicas y procedimientos de laboratorio.
- c. Destrezas transversales («transferibles»):
- Destrezas en la comunicación oral y escrita en, por lo menos, dos de los idiomas oficiales de la Unión Europea.
 - Destrezas en la resolución de problemas, en relación con información cualitativa y cuantitativa.

- Destrezas numéricas y de cálculo, incluyendo aspectos tales como análisis de error, estimaciones de orden de magnitud y uso correcto de unidades.
- Destrezas en la búsqueda de información, en relación con fuentes de información primarias y secundarias, incluyendo el uso de ordenadores para búsquedas en línea.
- Destrezas en las nuevas tecnologías de la información, tales como procesamiento de datos y hojas de cálculo, registro y almacenamiento de datos,
- Comunicación a través de internet, etc.
- Destrezas interpersonales, asociadas a la capacidad de relación con otras personas y de trabajo en grupo.
- Destrezas de estudio necesarias para continuar el desarrollo profesional.

Contenidos

Es altamente recomendable que los contenidos de los cursos del *Eurobachelor* se presenten de manera modular, con módulos que deberían corresponder a, por lo menos, 5 créditos. El uso de módulos dobles o quizá triples puede sin duda considerarse, un proyecto final de carrera (*Bachelor Thesis*) o equivalente, que probablemente requiera 15 créditos. De esta manera el conjunto global de la titulación no debe contener más de 34 módulos, aunque puede contener menos. Debe recordarse que 34 módulos requieren más de 10 exámenes por año.

Además del proyecto, que constituirá el último módulo de la titulación realizado, parece lógico clasificar los módulos como obligatorios, semi-opcionales y optativos.

Aunque las instituciones deberían fomentar la desaparición de las barreras tradicionales entre las distintas especialidades químicas, somos conscientes de que este proceso no será siempre lo suficientemente rápido. Mantenemos, por tanto, la distinción tradicional:

- Módulos troncales: química analítica, química inorgánica, química orgánica, química física, bioquímica.
- Módulos semi-opcionales: química computacional, química tecnológica, química macromolecular.
- Módulos no químicos: matemáticas, física y biología. Se espera que existan módulos obligatorios de física y matemáticas.
- Los cursos prácticos pueden organizarse como módulos independientes o como módulos integrados. Las dos alternativas tienen

ventajas y desventajas: si son organizados como módulos independientes el contenido práctico del curso será más transparente, sin embargo, los módulos integrados ofrecen mejores oportunidades para la sincronización de la teoría y la práctica.

- Los módulos correspondientes a un total de, por lo menos, 150 créditos (incluyendo el proyecto) deben incorporar química, biología, física o matemáticas.
- Los trabajos que conduzcan a un proyecto pueden implicar trabajo de equipo, en la medida que éste es un aspecto importante de la empleabilidad, no considerado a menudo en los cursos tradicionales de química.
- Los estudiantes deben ser informados previamente de los resultados del aprendizaje previstos para cada módulo.

Distribución de Créditos

Cada institución particular tomará, por supuesto, su propia decisión respecto a la asignación de los créditos entre los módulos obligatorios, semi-opcionales y optativos. Será, sin embargo, necesario definir un núcleo (*core*) con un número mínimo de créditos recomendados para las principales especialidades, así como para matemáticas y física. Este núcleo no debería ser ni muy grande ni muy pequeño, y un volumen del 50 % del número de créditos totales, es decir, 90 de 180, parece un compromiso adecuado en vista de las diferentes filosofías presentes en Europa. Estos 90 créditos cubrirían las siguientes áreas:

- Química general.
- Química analítica.
- Química inorgánica.
- Química orgánica.
- Química física.
- Física.
- Matemáticas.

En otras palabras, los 90 créditos forman el núcleo de la titulación. Si se asignan 15 créditos al proyecto (obligatorio), quedan libres de asignación por cada institución un total de 75 créditos.

En lo que respecta a los módulos semi-opcionales, se recomienda que:

- El estudiante debería estudiar, por lo menos, tres de las siguientes materias, dependiendo de la estructura de la facultad: biología, química computacional, tecnología química, química macromolecular. Cada uno de estos debería corresponder a, por lo menos, 5 créditos.

Muchas instituciones, sin duda, impulsarán módulos semi-opcionales y optativos adicionales:

- Pueden ser módulos de química, pero también puede seleccionarse de otras áreas, definidas por las regulaciones apropiadas. La carga lectiva debe ser organizada de tal manera que el estudiante distribuya estos módulos uniformemente a lo largo de 3 años.
- Los módulos de idioma (independientes o integrados) serán a menudo semi-opcionales, ya que el titulado europeo de grado debería ser capaz de comunicarse en un segundo idioma de la Unión Europea, así como en su lengua nativa.

En resumen, de los 180 créditos disponibles, 90 deben asignarse a la troncalidad, 15 al proyecto, 15 a módulos semi-opcionales y 60 de libre asignación por la institución.

Métodos de Enseñanza y Aprendizaje

La Química es una materia «atípica» en el sentido de que el estudiante no sólo debe aprender, comprender y aplicar conceptos teóricos sino que, además, una proporción importante de sus estudios depende de cursos prácticos, es decir, hay una parte importante de destrezas manuales asociadas al aprendizaje.

Los cursos prácticos deben continuar representando un importante rol en la enseñanza de la química en la universidad, a pesar de las limitaciones financieras impuestas por la situación de cada institución.

En el *Eurobachelor* deben existir, también, elementos de investigación asociados al título; por ello, el proyecto fin de carrera mencionado anteriormente debe ser obligatorio. Esto es importante, no sólo para aquellos que continúen hacia estudios superiores, sino también para aquellos que abandonen el sistema con el título de grado, para los cuales es fundamental poseer experiencia personal de primera mano acerca de lo que constituye la práctica en investigación.

Las clases presenciales deberán contar con material de apoyo multimedia, siempre que sea posible, y también deberían estar acompañadas por clases de resolución de problemas. Estas ofrecen una plataforma ideal para la enseñanza en pequeños grupos, y se aconseja a las instituciones que consideren la introducción de sistemas de tutoría.

Aprendizaje

Podemos ayudar a los estudiantes proporcionándoles un flujo constante de pequeñas tareas, por ejemplo, en forma de clases de resolución de problemas donde es necesario dar las soluciones en fechas fijas señaladas con antelación.

Es obviamente necesario, en este contexto, que los profesores de los distintos módulos de un mismo semestre mantengan contacto entre sí y coordinen sus actividades para evitar sobrecargar al estudiante. Los comités de enseñanza, con la participación de los estudiantes, parecen una medida importante en este caso.

Procedimientos de Evaluación y Criterios de Actuación

La evaluación del rendimiento del estudiante estará basada en una combinación de lo siguiente:

- Exámenes escritos.
- Exámenes orales.
- Informes de laboratorio.
- Ejercicios de resolución de problemas.
- Presentaciones orales.
- Proyecto (*Bachelor Thesis*).

Factores adicionales que pueden considerarse al realizar la evaluación del rendimiento del estudiante pueden proceder de:

- Búsquedas bibliográficas y evaluaciones.
- Trabajos en grupo.
- Preparación y exposición de pósters informando acerca del trabajo del proyecto.

Puesto que los programas del *Eurobachelor* están basados en créditos, la evaluación debería ser realizada mediante exámenes al finalizar cada trimestre o semestre. Debería hacerse notar que el uso de los créditos ECTS no impide, automáticamente, la realización de exámenes globales (*comprehensive examinations*) al finalizar la titulación.

Los exámenes escritos probablemente predominarán sobre los orales, por razones objetivas, ya que estos permiten una «segunda opinión» en caso de desacuerdo entre el examinador y el estudiante.

Los exámenes no deben ser demasiado largos; exámenes de 2-3 horas serán probablemente la norma.

Las preguntas de examen deberían estar basadas en problemas, en la medida de lo posible: aunque preguntas de desarrollo puedan ser apropiadas en algunos casos, preguntas que supongan la repetición de material aprendido de forma memorística deben ser evitadas en la medida de lo posible.

Los exámenes deben ser calificados anónimamente y, siempre que sea posible, se deberían proporcionar al estudiante las «respuestas tipo».

Las preguntas de elección múltiple deberían utilizarse sólo cuando el conocimiento sea evaluado mediante programas de ordenador.

Sistema de Calificaciones

El sistema de grados ECTS será, obviamente, una parte integral del sistema de calificaciones del *Eurobachelor*. Aunque los sistemas tradicionales de calificación serán, sin duda, empleados inicialmente junto con los grados ECTS, los cuales son por definición relativos más que absolutos, parece necesario tener como meta el establecimiento de un sistema europeo de calificación reconocido. Con el objeto de estimular la discusión sobre cómo el ECTS puede ser convertido en la norma europea, empleamos las definiciones de las calificaciones indicadas en el documento de la QAA con relación a la química, para ilustrar cómo las calificaciones en el *Eurobachelor* deberían reflejar el rendimiento del estudiante en la disciplina de química.

Se espera que los estudiantes titulados a nivel de grado en química puedan demostrar que han adquirido conocimiento, habilidades y destrezas tal y como se han definido anteriormente. Sin embargo, habrá diferencias significativas en su rendimiento. Los siguientes criterios son sugeridos como indicadores de los distintos niveles de conocimiento.

Conocimientos de nivel **a** (más alto):

- El conocimiento básico es extenso y va más allá del trabajo contemplado en el programa. Los conocimientos conceptuales son excepcionales.
- Problemas de naturaleza conocida y desconocida son resueltos con eficiencia y precisión; los procedimientos de resolución de problemas se ajustan a la naturaleza del problema.
- Las destrezas experimentales son ejemplares, y muestran un profundo análisis y apreciación de los resultados experimentales, con sugerencias apropiadas para su mejora.
- La actuación en destrezas transferibles es, generalmente, muy buena.

Conocimientos de nivel **b**:

- El conocimiento básico cubre todos los aspectos esenciales de los temas de la asignatura desarrollados en el programa y muestra alguna evidencia de curiosidad más allá de estos. Los conocimientos conceptuales son buenos.
- Problemas de naturaleza conocida y desconocida son resueltos de una manera lógica; las soluciones son, generalmente, correctas o aceptables.
- El trabajo experimental se desarrolla de una manera segura y eficiente.
- La actuación en destrezas transferibles es razonable y no muestra deficiencias significativas.

Conocimientos de nivel **c**:

- El conocimiento básico es razonable, pero incluido en gran parte en el contenido del programa. El nivel de conocimiento conceptual es generalmente razonable.
- La capacidad de resolver problemas es razonable en relación a problemas de naturaleza conocida o aquellos que se deducen de una aplicación directa de procedimientos estándar o algoritmos.
- El trabajo experimental es generalmente satisfactorio y fidedigno.
- La actuación en destrezas transversales es generalmente razonable.

Conocimientos de nivel **d**:

- Conocimiento y comprensión del contenido cubierto en el curso básico.
- Los problemas de naturaleza rutinaria son generalmente resueltos adecuadamente.
- Los experimentos estándar de laboratorio son desarrollados, normalmente, con un éxito razonable, aunque la significación y limitación de los resultados experimentales y / o de las observaciones pueden no ser suficientemente reconocidas.
- Las destrezas transferibles se encuentran a un nivel básico.

Los estudiantes a los que se otorgue el título de *Eurobachelor* deberían ser capaces de demostrar conocimiento, habilidades y destrezas correspondientes, globalmente considerado, a un nivel mínimo **d** de consecución.

Estos niveles se han designado con las letras **a - d** para evitar confusión con el sistema de grados ECTS. Puede preverse que, con el paso del tiempo, se produzca una convergencia en química entre estos niveles y el sistema de grados ECTS, sujeto a consenso internacional.

Suplemento Europeo al Título

A todos los titulados con el *Eurobachelor* en química debería proporcionarse un *Diploma Supplement* (suplemento europeo al título) en inglés y, si fuera solicitado, en el idioma de la institución que lo expida.

Garantía de Calidad

El acuerdo de Praga prevé que la red de Agencias de Calidad europeas (*European Network of Quality Associations* - ENQA) en un futuro representará un importante papel en el establecimiento y mantenimiento del estándar europeo en la educación universitaria. En lo que respecta al *Eurobachelor*, también puede preverse que las sociedades químicas nacionales y su homólogo europeo la Federación Europea de Sociedades Químicas (FECS), así como una amplia variedad de organizaciones químicas europeas como AllChemE, se implicarán en los procedimientos de garantía de calidad. Es importante poner en marcha procedimientos de garantía de calidad para lograr una mayor transparencia.

Conclusión

Aquellos países o instituciones que ya ofertan títulos de grado tipo Bolonia de alto nivel, no tienen, obviamente, ningún motivo para cambiar las estructuras de sus titulaciones, puesto que éstas, sin duda, recibirán fácil reconocimiento en el emergente «Espace Europe» de Educación Superior. Los autores y, por supuesto, los miembros del ECTN en la reunión plenaria celebrada en Perugia en mayo de 2002, sin embargo, consideran que los argumentos desarrollados aquí estimularán debates fructíferos dentro del marco necesario para aportar a los jóvenes europeos estructuras de educación terciaria que sean genuinamente europeas y no, como hasta ahora, una base únicamente nacional.

Grupo del Area Temática de Química: Anthony Smith, Bernard Leyh, Terry Mitchell, Raffaella Pagani, Kristiina Wähälä, Jean-Pierre Gorrichon, Evangelia Varela, Brian Jennings, Paolo Todesco, Gino Paolucci, Ad Oskam, George W. Francis, Armando J. D. Silvestre, Bengt Jergil y Richard J. Whewell.

Preparado por Terry Mitchell y Richard Whewell.

