



Universidad Autónoma de Madrid

Escuela de Doctorado – Programa de Doctorado en Educación

**PRUEBAS EXTERNAS DE EVALUACIÓN DE
QUÍMICA PREUNIVERSITARIA:
REPERCUSIÓN EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE
DE LA QUÍMICA Y ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE
ESPAÑA, REINO UNIDO E IRLANDA**

Memoria para optar al grado de Doctora presentada por:

Almudena de la Fuente Fernández

Bajo la dirección de:

Dra. M. Araceli Calvo Pascual

Madrid, 2021

Pruebas externas de evaluación de química preuniversitaria: repercusión en la enseñanza-aprendizaje de la química y análisis de las pruebas de España, Reino Unido e Irlanda

RESUMEN:

Las pruebas de evaluación externa ejercen una importante influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente cuando sus resultados tienen consecuencias directas en el alumnado. La presente tesis estudia, en primer lugar, el impacto que ejercen las pruebas de acceso a la universidad (PAU) de química en España, dilucidando los aspectos del proceso educativo que se ven más afectados y los factores de los que dependen; para recabar los datos pertinentes, se difundió un cuestionario entre el profesorado de química de bachillerato de todo el territorio nacional obteniéndose una muestra representativa de la mayoría de las comunidades autónomas, lo que permitió analizar los efectos de las PAU en las aulas de bachillerato de los distintos distritos universitarios. A continuación, la tesis aborda un estudio comparativo de las pruebas externas que realiza el alumnado de España, Reino Unido e Irlanda al finalizar la educación secundaria posobligatoria, con el fin de averiguar si las citadas pruebas cubren los aspectos fundamentales de la competencia científica presentes en los currículos oficiales para la enseñanza de la química; para alcanzar este objetivo se analizaron las PAU de química propuestas en el periodo 2010-2016 en diez comunidades autónomas junto con las evaluaciones externas de química realizadas en el mismo periodo en Reino Unido e Irlanda. Los resultados obtenidos en el primer estudio, ponen de manifiesto la repercusión de las PAU en el currículo impartido en las aulas, en la metodología empleada por el profesorado, en los recursos didácticos empleados y en los procedimientos de evaluación. Por su parte, el segundo estudio revela las fortalezas y debilidades de las pruebas de evaluación externa analizadas y sus previsibles consecuencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A partir de estos resultados, se formulan propuestas para la mejora de las PAU de química, de forma que favorezcan la formación integral del alumnado; también se apuntan posibles líneas de investigación que permitirán ampliar el estudio realizado.

A todos los que me habéis ayudado a llegar hasta aquí.

Gracias de todo corazón.

*Lo que no se define no se puede medir.
Lo que no se mide, no se puede mejorar.
Lo que no se mejora, se degrada siempre.*

William Thomson Kelvin (Lord Kelvin)

ÍNDICE

1. Introducción.....	19
2. Marco teórico.....	21
2.1. Las evaluaciones externas y su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje	21
2.1.1. El efecto <i>washback</i>	21
2.1.2. Contexto español: influencia de la Prueba de Acceso a la Universidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje	26
2.2. Educación secundaria superior y exámenes para el acceso a la universidad en España, Reino Unido e Irlanda	31
2.2.1. España: Bachillerato y Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU).....	31
2.2.2. Reino Unido: <i>Key Stage 5</i> y <i>A level</i>	37
2.2.3. Irlanda: Senior Cycle y Leaving Certificate.....	40
2.3.1. España: currículo de química para el acceso a la universidad	43
2.3.2. Reino Unido: currículo de química para la obtención del <i>A level</i>	56
2.3.3. Irlanda: currículo de química para la obtención del <i>Leaving Certificate</i>	60
2.3.4. Análisis comparativo de los currículos de química para el acceso a la universidad de España, Reino Unido e Irlanda	64
2.3.5. La competencia científica y su inserción en los currículos de química de España, Reino Unido e Irlanda.....	70
3. Metodología.....	74
3.1. Objetivos y preguntas de investigación	74
3.2. Instrumento para investigar la relación entre las PAU y la enseñanza- aprendizaje de la química en bachillerato	76
3.2.1. Diseño del cuestionario	76
3.2.2. Análisis de la validez y la fiabilidad del cuestionario	81
3.2.3. Muestra de profesorado analizada.....	86
3.2.4. Metodología para el análisis de datos del cuestionario	90

3.3. Instrumento para analizar las pruebas de evaluación externa.....	91
3.3.1. Diseño de la plantilla para el análisis de contenido de las pruebas de evaluación.....	91
3.3.2. Muestra de pruebas de evaluación analizadas.....	96
3.3.3. Metodología para el análisis de datos de la plantilla.....	97
4. Análisis y discusión de los resultados	98
4.1. Resultados del cuestionario: relación entre las PAU y la enseñanza-aprendizaje de la química en bachillerato	98
4.1.1. Influencia del criterio del profesorado y los contenidos de las PAU en el currículo impartido en las aulas	99
4.1.2. Influencia de las PAU sobre la metodología empleada por el profesorado	118
4.1.3. Empleo de las PAU como recurso didáctico y procedimiento de evaluación	121
4.2.1. Estructura de las pruebas analizadas	128
4.2.2. Análisis de contenido de las pruebas.....	131
4.2.2.1. Conceptos, leyes, modelos y teorías en química	131
4.2.2.2. Estructura de la materia	135
4.2.2.3. Procesos químicos	140
4.2.2.4. Cálculos químicos.....	146
4.2.2.5. Lenguaje químico	152
4.2.2.6. Metodología científica en química	158
4.2.2.7. Trabajo experimental en química	166
4.2.2.8. Evolución histórica de la química.....	173
4.2.2.9. Aplicaciones de la química.....	176
5. Conclusiones.....	184
5.1. Repercusión en la enseñanza-aprendizaje de la química de las pruebas de acceso a la universidad en España.....	184

5.2. Aspectos más relevantes de las pruebas de acceso a la universidad de química en España, Reino Unido e Irlanda	189
5.3. Propuestas para la mejora de las pruebas de acceso a la universidad de química	193
5.4. Limitaciones del estudio realizado.....	198
5.5. Posibles líneas futuras de investigación.....	199
6. Referencias bibliográficas	203
ANEXO	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la educación secundaria (orientación universitaria) en España desde 1990.....	31
Figura 2. Estructura de la educación secundaria (orientación universitaria) en Reino Unido	37
Figura 3. Estructura de la educación secundaria (orientación universitaria) en Irlanda	40
Figura 4. Esquema del cuestionario inicial en relación con las preguntas de investigación y los grupos de variables	81
Figura 5. Modelo de cuatro factores aplicado al currículo deseable según el profesorado	84
Figura 6. Modelo de cuatro factores aplicado al currículo evaluado en las PAU	84
Figura 7. Modelo de cuatro factores aplicado al currículo desarrollado en las aulas....	85
Figura 8. Distribución de la muestra por sexos	87
Figura 9. Distribución de la muestra por grupos de edad.....	87
Figura 10. Distribución de la muestra por años de experiencia docente	88
Figura 11. Distribución de la muestra según titularidad de los centros educativos	88
Figura 12. Distribución de la muestra según tamaño de la población.....	88
Figura 13. Valoración media de la importancia de las distintas unidades curriculares a juicio del profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato.....	100
Figura 14. Comparación entre la importancia de la metodología científica a juicio del profesorado y su tratamiento en las PAU y en el aula en distintos distritos universitarios	110
Figura 15. Comparación entre la importancia del trabajo experimental a juicio del profesorado y su tratamiento en las PAU y en el aula en distintos distritos universitarios	111
Figura 16. Comparación entre la importancia de las aplicaciones de la química a juicio del profesorado y su tratamiento en las PAU y en el aula en distintos distritos universitarios	111
Figura 17. Valoraciones medias de los motivos para relegar aspectos del currículo..	113

Figura 18. Valoración media, según el distrito universitario, de los motivos para relegar aspectos del currículo	117
Figura 19. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de diversas actividades en 2.º y 1.º de bachillerato	119
Figura 20. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de las actividades experimentales guiadas en ambos cursos de bachillerato en relación con el distrito universitario	121
Figura 21. Frecuencia de uso de preguntas PAU como recurso didáctico en 2.º de bachillerato	122
Figura 22. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de uso de preguntas PAU como recurso didáctico según el distrito universitario	124
Figura 23. Proporción de preguntas tipo PAU en pruebas de evaluación	125
Figura 24. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de uso de preguntas PAU como recurso didáctico según el distrito universitario	127
Figura 25. Porcentaje de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	131
Figura 26. Porcentaje de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” en los exámenes de química de las PAU de España, Reino Unido e Irlanda	132
Figura 27. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química”	133
Figura 28. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” incluidas en cada subcategoría	134
Figura 29. Porcentaje de preguntas referentes a “estructura de la materia” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	136
Figura 30. Porcentaje de preguntas referentes a “estructura de la materia” en los exámenes de química de las PAU de España, Reino Unido e Irlanda.....	136
Figura 31. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “estructura de la materia”	137
Figura 32. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “estructura de la materia” incluidas en cada subcategoría	138

Figura 33. Porcentaje de preguntas referentes a “procesos químicos” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	141
Figura 34. Porcentaje de preguntas referentes a “procesos químicos” en los exámenes de química de las PAU de España, Reino Unido e Irlanda	142
Figura 35. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “procesos químicos”	142
Figura 36. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “procesos químicos” incluidas en cada subcategoría.....	143
Figura 37. Porcentaje de preguntas referentes a “cálculos químicos” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	147
Figura 38. Porcentaje de preguntas referentes a “cálculos químicos” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda	147
Figura 39. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “cálculos químicos”	148
Figura 40. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “cálculos químicos” incluidas en cada subcategoría.....	149
Figura 41. Porcentaje de preguntas referentes a “lenguaje químico” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	153
Figura 42. Porcentaje de preguntas referentes a “lenguaje químico” en las pruebas externas de química España, Reino Unido e Irlanda	153
Figura 43. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “lenguaje químico”	154
Figura 44. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “lenguaje químico” incluidas en cada subcategoría.....	155
Figura 45. Porcentaje de preguntas referentes a “metodología científica” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda	159
Figura 46. Porcentaje de preguntas referentes a “metodología científica” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	159
Figura 47. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “metodología científica”	160

Figura 48. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “metodología científica” incluidas en cada subcategoría	161
Figura 49. Porcentaje de preguntas referentes a “trabajo experimental” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda	167
Figura 50. Porcentaje de preguntas referentes a “trabajo experimental” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	167
Figura 51. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “trabajo experimental”.....	167
Figura 52. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “trabajo experimental” incluidas en cada subcategoría.....	168
Figura 53. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “evolución histórica de la química” en el <i>Leaving Certificate</i>	174
Figura 54. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “evolución histórica de la química” incluidas en cada subcategoría.....	174
Figura 55. Porcentaje de preguntas referentes a “aplicaciones de la química” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.	178
Figura 56. Porcentaje de preguntas referentes a “aplicaciones de la química” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda.....	178
Figura 57. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “aplicaciones de la química”.....	179
Figura 58. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “aplicaciones de la química” incluidas en cada subcategoría	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Leyes que desarrollan el currículo de bachillerato LOE en las distintas CC. AA.	32
Tabla 2. Distribución de las materias de bachillerato LOE en la Comunidad de Madrid	33
Tabla 3. Características generales de la PAU 2010-2016.....	35
Tabla 4. Correspondencia entre notas porcentuales y calificaciones literales en Reino Unido	38
Tabla 5. Características generales del <i>A level</i> (2000-2015).....	39
Tabla 6. Materias ofertadas por todas las juntas examinadoras del <i>A level</i>	39
Tabla 7. Calificaciones de los ejercicios del <i>Leaving Certificate Programme</i> (2002-2016). Fuente: <i>State Examinations Commission</i> (SEC) y <i>Irish Central Applications Office</i> (CAO)	41
Tabla 8. Características generales del <i>Leaving Certificate Programme</i> (2002-2016)...	42
Tabla 9. Asignaturas ofertadas para la obtención del <i>Leaving Certificate</i>	42
Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España	46
Tabla 11. Currículo de la asignatura de Química para el <i>A level</i> (AQA)	58
Tabla 12. Currículo de la asignatura de Química para el <i>Leaving Certificate</i>	62
Tabla 13. La energía de reacción en los currículos de tres CC. AA., Reino Unido e Irlanda	69
Tabla 14. Competencia clave/básicas según la Comisión Europea, LOE y LOMCE ...	71
Tabla 15. Dimensiones de la competencia científica y unidades curriculares de química	77
Tabla 16. Coeficientes alfa de Cronbach para los grupos de variables estudiados	86
Tabla 17. Composición de la muestra por distritos universitarios.....	89
Tabla 18. Categorías establecidas para el análisis de contenido	91
Tabla 19. Plantilla de análisis de contenido de las pruebas de evaluación de química	94

Tabla 20. Distribución de las preguntas analizadas por países, CC. AA. y años	96
Tabla 21. Prueba de Kolmogorov-Smirnov de una muestra.....	98
Tabla 22. Parámetros estadísticos obtenidos en la valoración de las unidades curriculares a juicio del profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato	99
Tabla 23. Diferencias entre la importancia de los aspectos del currículo de química en las aulas de bachillerato respecto a la situación deseable y la observada en las PAU	101
Tabla 24. Correlación entre la importancia deseable de los distintos aspectos del currículo y su tratamiento en las PAU con la realidad del aula	102
Tabla 25. Valoración según el sexo de la importancia de las distintas unidades curriculares según el profesorado, en las PAU y en las aulas y diferencia PAU/aulas	106
Tabla 26. Valoración media, según titularidad del centro, de la importancia de las distintas unidades curriculares según el profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato	107
Tabla 27. Valoración media, según grupos de edad, de la importancia de las distintas unidades curriculares en las aulas de bachillerato	107
Tabla 28. Valoración media, según tamaño de la población, de la importancia de las distintas unidades curriculares en las aulas de bachillerato.....	108
Tabla 29. Valoración media, según años de experiencia docente, de la importancia de las distintas unidades curriculares en las aulas de bachillerato.....	108
Tabla 30. Parámetros estadísticos obtenidos en la valoración de los motivos para relegar aspectos del currículo	113
Tabla 31. Valoración media de los motivos para relegar aspectos del currículo, según sexo, titularidad del centro y años de experiencia docente.....	116
Tabla 32. Parámetros estadísticos respecto a la frecuencia de diversas actividades en 2.º y 1.º de bachillerato	119
Tabla 33. Puntuaciones medias referentes a la proporción de preguntas tipo PAU en las pruebas de evaluación según edad, años de experiencia y titularidad del centro	126
Tabla 34. Estructura de las PAU de química en las CC. AA. analizadas	128
Tabla 35. Estructura del <i>A level</i> de química (AQA).....	129

Tabla 36. Estructura del <i>Leaving Certificate</i> de química (<i>higher level</i>).....	130
Tabla 37. Frecuencia de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	131
Tabla 38. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” incluidas en cada subcategoría	133
Tabla 39. Frecuencia de preguntas referentes a “estructura de la materia” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	136
Tabla 40. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “estructura de la materia” incluidas en cada subcategoría	138
Tabla 41. Frecuencia de preguntas referentes a “procesos químicos” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	141
Tabla 42. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “procesos químicos” incluidas en cada subcategoría.....	143
Tabla 43. Frecuencia de preguntas referentes a “cálculos químicos” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	146
Tabla 44. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “cálculos químicos” incluidas en cada subcategoría.....	148
Tabla 45. Frecuencia de preguntas referentes a “lenguaje químico” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	152
Tabla 46. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “lenguaje químico” incluidas en cada subcategoría.....	155
Tabla 47. Frecuencia de preguntas referentes a “metodología científica” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	159
Tabla 48. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “metodología científica” incluidas en cada subcategoría	160
Tabla 49. Frecuencia de preguntas referentes a “trabajo experimental” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	166
Tabla 50. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “trabajo experimental” incluidas en cada subcategoría.....	168

Tabla 51. Frecuencia de preguntas referentes a “evolución histórica de la química” en los exámenes de química del <i>Leaving Certificate</i>	173
Tabla 52. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “evolución histórica de la química” incluidas en cada subcategoría	174
Tabla 53. Frecuencia de preguntas referentes a “aplicaciones de la química” en los exámenes de química de las PAU, <i>A level</i> y <i>Leaving Certificate</i>	177
Tabla 54. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “aplicaciones de la química” incluidas en cada subcategoría	179

1. Introducción

Los exámenes que coloquialmente conocemos en España como selectividad se implantaron en 1975 con el objetivo principal de garantizar un acceso igualitario a los estudios universitarios. Estas pruebas de evaluación, dependiendo de la legislación vigente, se han ido nombrando con distintos acrónimos –PAU o EBAU entre otros– pero, al margen de las modificaciones en su denominación y de los cambios que han ido experimentando en su estructura y contenidos, han constituido desde su creación un importante motor de la actividad desarrollada en las aulas preuniversitarias. De hecho, a pesar de los intentos legislativos de implantar otras pruebas externas para regular la obtención de los títulos de educación secundaria obligatoria –ESO– y posobligatoria –bachillerato–, las pruebas de acceso a la universidad continúan siendo a día de hoy la única evaluación externa que tiene repercusiones académicas en el alumnado preuniversitario español.

Como profesora de física y química, desde 1992 he venido ejerciendo la docencia en bachillerato de forma continua bajo distintas leyes educativas y he podido comprobar el papel decisivo que juegan las pruebas de acceso a la universidad en el proceso educativo. Al igual que el resto de los docentes, he sido testigo de cómo los currículos han ido introduciendo ideas innovadoras, recalcando que, además de los conceptos, es fundamental el aprendizaje de procedimientos y actitudes, o que el objetivo primordial que se debe perseguir es la adquisición de una serie de competencias en el alumnado. Sin embargo, estas innovaciones no se han reflejado en las sucesivas pruebas de acceso a la universidad implantadas, lo que dificulta transmitir su importancia a los estudiantes preuniversitarios, preocupados fundamentalmente por obtener buenas calificaciones en unos exámenes tan relevantes para su futuro.

Después de finalizar en 2015 un máster sobre “Innovación e Investigación en Educación”, se agudizó mi interés por transferir a mis clases de bachillerato las ideas en las que había profundizado, pero las PAU, tal y como estaban concebidas, suponían un escollo para el desarrollo de cualquier metodología innovadora. Esta experiencia me hizo preguntarme si unas pruebas de acceso a la universidad más acordes con los objetivos del currículo dejarían de ser un obstáculo y podrían contribuir a mejorar el sistema educativo. Ese mismo año, me matriculé en el programa de Doctorado en Educación en la Universidad Autónoma de Madrid y, bajo la dirección de la Dra. M.^a Araceli Calvo Pascual, decidimos investigar sobre estos temas que me preocupaban y que ella también había vivido años antes como profesora de bachillerato. Si bien cabía esperar que la influencia de las

PAU alcanzara a todas las materias objeto de examen, optamos por centrarnos en el efecto que estas pruebas ejercían en la enseñanza y el aprendizaje de la química, disciplina en la que ambas somos licenciadas y en la que sabíamos por experiencia propia cómo tendían a relegarse en las aulas algunos de sus aspectos fundamentales.

Así, la primera parte de la investigación estaría encaminada a medir la influencia de las PAU de química en las aulas de bachillerato, dilucidando los aspectos del proceso educativo que se veían más afectados y los factores de los que dependía su efecto. Además, teniendo en cuenta que las competencias educativas transferidas a las comunidades autónomas dan lugar a diecisiete pruebas de acceso a la universidad diferentes, nos interesaba conocer si la influencia ejercida por las distintas pruebas era igual en todos los casos, aspecto que juzgábamos especialmente relevante y que no parecía haberse contemplado en otras investigaciones anteriores. Para obtener la información pertinente, decidimos encuestar a las personas que año tras año experimentan en las aulas los efectos de estas evaluaciones, el profesorado de química de bachillerato, tratando de conseguir una muestra suficientemente representativa de todas las comunidades autónomas.

En una segunda fase, el objetivo sería la comparación de distintas pruebas externas para el acceso a estudios universitarios, tanto de España como de otros países de nuestro entorno, analizando los modelos de evaluación de los contenidos de química que plantean, respecto a lo cual no habíamos encontrado precedentes. Para ello, decidimos emprender el análisis de las PAU de todas las comunidades autónomas durante el periodo de vigencia de la LOE (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación), ley educativa que se extinguía en el curso 2015-16. En cuanto a las pruebas de otros países, tras analizar los currículos de química de distintas naciones europeas y su tradición evaluativa, nos decantamos por los exámenes para la obtención del *A level* –realizados por los estudiantes británicos para acceder a estudios superiores– y el *Leaving Certificate* –pruebas análogas realizadas en Irlanda– para su comparación con las PAU.

En estos cinco años se han experimentado cambios muy profundos en todos los ámbitos que han revertido en el terreno educativo, pese a lo cual hemos tratado de mantener los objetivos planteados inicialmente. Esta tesis doctoral pretende resumir toda la investigación llevada a cabo y ofrecer unas conclusiones que puedan contribuir a que nuestro sistema educativo forme personas más capacitadas para responder a los desafíos de la sociedad actual.

2. Marco teórico

2.1. Las evaluaciones externas y su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje

2.1.1. El efecto *washback*

La influencia que ejercen las pruebas de evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje –efecto al que se alude a menudo en la literatura mediante los términos ingleses *backwash* (Biggs, 1996; Tejada y Castillo, 2010) o, más frecuentemente, *washback* (Alderson y Wall, 1993; Martín, 2012; Rodríguez-Muñiz et al., 2016)– constituye un efecto muy importante y sobradamente conocido por todos los actores del sistema educativo. Según Khaniya (1990), el *washback* es una cualidad inherente a todo examen, debido a que las personas cuyo futuro se ve afectado por los resultados de este trabajarán en relación a lo que se demande en él. Además, su influencia es mucho más patente cuando se trata de pruebas externas de evaluación cuyos resultados tienen consecuencias directas en los estudiantes (Chapman y Snyder, 2000; Hatipoğlu, 2016; Green, 2006; Leung et al., 2014; Liu y Stapleton, 2014, 2015; Maué, 2016; Wall, 2000) –denominadas *high-stakes tests* en lengua inglesa– dentro de las cuales las pruebas de admisión a estudios universitarios constituyen el caso más paradigmático. Estudios recientes acerca de las razones que explican la existencia del *washback* (Al Amin y Greenwood, 2018; Ali y Hamid, 2020; Kuramoto y Kouzomi, 2018; Mutereko, 2017; Sadeghi y Ketabi, 2014; Saif et al., 2019) sostienen que los factores sociales, económicos y políticos desempeñan un papel muy importante en la intensidad con la que se manifiesta este fenómeno, por la presión que dichos factores pueden llegar a ejercer sobre el sistema educativo y los docentes.

El término *washback* surgió en el campo de la enseñanza de idiomas y es en ese terreno en el que ha sido más profusamente estudiado; una revisión bibliográfica acerca de los artículos publicados en dicho ámbito en relación con el *washback* entre 1993 y 2013 arrojó una cifra de 123 publicaciones (Cheng et al., 2015). En su origen, el término hacía referencia solo a los efectos no deseados que conllevan los exámenes; Alderson y Hamp-Lyons (1996) investigaron la literatura existente al respecto y destacaron diversos efectos negativos atribuidos a las pruebas de evaluación externas, entre los que destacan la reducción del currículo impartido, el exceso de tiempo dedicado a la preparación de exámenes en detrimento de otros aspectos más formativos, la disminución del énfasis en habilidades que requieren pensamiento complejo y un aumento significativo en las calificaciones obtenidas en las pruebas de evaluación sin llevar aparejado un aumento en las

capacidades puestas a prueba. Estos posibles efectos negativos provocados por las pruebas de alto impacto han sido constatados por numerosos estudios (Elwood, 2013; Holme et al., 2010; Jäger et al., 2012; Kwon et al., 2015; Rind y Mari, 2019; Yongqi, 2014).

Por el contrario, numerosos autores han argumentado las posibles consecuencias positivas del *washback* sobre el acto educativo. Así, Popham (1987) defendió que las pruebas de evaluación externa tuvieran como misión guiar la enseñanza y el aprendizaje, considerando que, si son adecuadamente concebidas e implementadas, constituirían el modo más eficaz para mejorar la educación pública. Linn (1987) observó que las innovaciones curriculares fracasaban reiteradamente cuando no se reflejaban en innovaciones similares en las pruebas de evaluación, por lo que subrayó la necesidad de desarrollar pruebas innovadoras que evaluaran las habilidades de los estudiantes para resolver problemas y autorregular su aprendizaje. Morrow (1986) acuñó el término "validez de *washback*" para denotar la calidad de la relación entre una prueba de evaluación y la enseñanza asociada, lo que implicaría que un examen se considere válido si logra ejercer un *washback* positivo.

En la actualidad, el *washback* tiende a considerarse un efecto neutral, al asociarse con la noción de influencia (Khaniya, 1990). Por tanto, sus consecuencias positivas o negativas en la enseñanza y el aprendizaje dependerán fundamentalmente de la calidad de las pruebas aplicadas (Alderson y Wall, 1993; Andrews et al., 2002; Baird et al., 2017; Barnes, 2017; Damankesh y Babaii, 2015; Luxia, 2007; Xie, 2015). Biggs (1999) afirma que los efectos negativos del *washback* surgen cuando las tareas de evaluación implican actividades de menor nivel cognitivo que las que se precisan para alcanzar los objetivos propuestos.

Spratt (2005) analizó los aspectos de la realidad del aula que se veían afectados por el efecto *washback* según estudios empíricos previos, encontrando cinco grandes áreas de influencia: el currículo, los materiales empleados en el aula, los métodos de enseñanza, las actitudes y sentimientos de docentes y estudiantes y el aprendizaje. Así, en relación con el currículo, concluyó que los exámenes llevaban a enfatizar en las aulas la enseñanza de los aspectos reflejados con mayor frecuencia en los exámenes, relegando aquellos que tenían menor probabilidad de ser evaluados (Alderson y Wall, 1993; Cheng, 1997; Lam, 1994). En cuanto al uso de materiales relacionados con el examen se encontró que la mayoría de los profesores dedicaban gran parte del tiempo de clase a trabajar con estos, siendo muy frecuente el empleo de libros destinados directamente a la preparación

de exámenes (Andrews et al., 2002; Lam, 1994; Read y Hayes, 2003). En lo relativo a la metodología empleada en las aulas, los hallazgos no fueron concluyentes, ya que en algunos casos no se encontró ningún efecto, mientras que en otros el *washback* era muy patente, por lo que este aspecto podría estar más relacionado con otros factores como pueden ser las características del profesorado. Asimismo, algunos estudios detectaban algunos efectos más subjetivos asociados a las pruebas externas de evaluación, como los sentimientos de ansiedad y miedo descritos por profesores y estudiantes en relación con los resultados de las pruebas y la presión que experimentaban los profesores para cubrir las áreas implicadas en el examen (Alderson y Hamp-Lyons, 1996; Shohamy et al., 1996). Por último, la autora indicaba que apenas se habían encontrado estudios empíricos relacionados con la influencia de los exámenes en el aprendizaje y que los escasos resultados observados eran muy dispares.

El grado de intensidad del efecto *washback* viene determinado, también en opinión de Spratt (2005) por factores relacionados con el profesorado, la disponibilidad de recursos, el tipo de centro educativo y las características concretas de los exámenes. Por ejemplo, las opiniones de los docentes sobre la fiabilidad y utilidad de una prueba o acerca de los métodos de enseñanza que consideran más efectivos son decisivas en relación con la influencia que las pruebas externas ejercerán en sus aulas, así como su experiencia docente o su formación metodológica (Alderson y Hamp-Lyons, 1996; Alderson y Wall, 1993; Cheng, 1997; Lam, 1994; Smith, 1991; Watanabe, 2000). Cheng et al. (2015) recalcan el papel esencial de los docentes como mediadores de los efectos positivos o negativos del *washback*, por lo que consideran imprescindible difundir entre el profesorado los resultados de las investigaciones, de forma que tomen conciencia de las posibilidades del *washback* para mejorar el aprendizaje. También las características de las propias pruebas externas y su disponibilidad desempeñan un importante papel (Cheng, 1997; Hamp-Lyons, 1996; Shohamy et al., 1996; Watanabe, 2000). En relación con el centro educativo, los principales factores que determinan la intensidad del *washback* son los métodos de aprendizaje que se fomentan, la presión que ejerce la dirección sobre el profesorado y el número de estudiantes que deben someterse a los exámenes (Alderson y Hamp-Lyons, 1996; Read y Hayes, 2003; Shohamy et al., 1996; Smith, 1991; Watanabe, 2000).

Sin embargo, si bien en el campo de la enseñanza de idiomas se han hecho numerosos estudios acerca de este efecto, las investigaciones relativas a otras disciplinas son

bastante escasos. No obstante, Mizutani et al. (2011) encontraron que el *washback* afectaba de forma distinta dependiendo de si se trataba de una asignatura de tipo verbal –en su investigación, historia y lenguas extranjeras– o predominantemente numérica –matemáticas–. Por ejemplo, constataron que los profesores y estudiantes de materias verbales eran más proclives a sentirse confusos en relación con las características de los exámenes y la objetividad de los resultados, mientras que en materias como matemáticas se observaba una mayor confianza hacia los efectos positivos del *washback*.

Chapman y Snyder (2000) estudiaron distintos casos en los que la tendencia de los docentes a enseñar para el examen se había empleado para promover reformas educativas mediante modificaciones en las pruebas externas, encontrando algunas condiciones que debían cumplirse para que dichas modificaciones fueran efectivas; entre dichas condiciones, resaltaron la necesidad de que los docentes conozcan en profundidad los cambios realizados y comprendan qué acciones deben emprender para preparar a los estudiantes para esos cambios. Por tanto, concluyeron que la difusión generalizada de información sobre el conocimiento y los procesos de pensamiento que se requieren en una prueba de evaluación es más importante que los cambios específicos en sí mismos. Además, Kühn (2011) considera que la implementación exitosa de las reformas en las pruebas externas exige que se proporcionen al profesorado materiales con los nuevos formatos de tareas que puedan emplearse en las aulas y en las pruebas de evaluación interna. También Ramezaney (2014), después de detectar una divergencia significativa entre lo que los profesores preuniversitarios consideran importante y aquello en lo que se focalizan como consecuencia de los exámenes de acceso a la universidad en Irán, subrayó la necesidad de programas de formación docente que mejoren los métodos de evaluación y reviertan en los resultados del aprendizaje. Esta necesidad se hace especialmente patente en sociedades que confían en los *high-stakes* tests como medio de ascenso social, como concluyeron Gebril y Brown (2014) al encontrar fuertes similitudes en los efectos de dichas pruebas en varios países en desarrollo. En cualquier caso, Dong (2020) considera que estos exámenes no deben convertirse en los objetivos de la enseñanza y el aprendizaje, sino que deben permitir medir la competencia de los estudiantes y mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

En relación con lo expuesto, para evitar que la necesidad de preparar en el aula este tipo de pruebas conduzca a una reducción del currículo impartido, muchos autores insisten en la importancia de alinear adecuadamente las pruebas de evaluación con el

currículo, de forma que se transmita al profesorado un mensaje coherente sobre lo que se debe enseñar y evaluar y que los estudiantes tengan la oportunidad de aprender y demostrar sus logros (Abdulhamid, 2019; Buck, 1988; Martone y Sireci, 2009; Shohamy et al., 1996; Sultana, 2018; Wall y Horák, 2007; Wang, 2011). Según Buck (1988), los contenidos impartidos en el aula deberían decidirse sobre la base de unos objetivos educativos claramente definidos, y los exámenes deberían tratar de determinar si estos objetivos se han alcanzado; cuando el examen hace eso, obliga a los estudiantes y maestros a concentrarse en estos objetivos, y el efecto *washback* en el aula puede ser muy beneficioso; de lo contrario, los estudiantes podrían superar estas pruebas sin haber conseguido alcanzar los objetivos básicos establecidos por la legislación educativa, de forma que el efecto *washback* sería muy negativo. Además, para lograr que los efectos en la enseñanza y el aprendizaje de los *high-stakes tests* sean positivos, es fundamental que sus resultados se interpreten con precisión, lo que incluye la evaluación de su validez de constructo y su fiabilidad (Cheng et al., 2015).

Este alineamiento entre planes de estudio y pruebas de evaluación externas es especialmente patente en países con una larga tradición evaluadora, como son Reino Unido e Irlanda (Baird et al., 2014; Black, 1994). Las pruebas externas que realizan los estudiantes británicos e irlandeses al finalizar la educación secundaria y que permiten el acceso a la universidad –*A level* y *Leaving Certificate*, respectivamente– tienen en común el estar sometidas a procesos de estandarización en los que se emplean el juicio de expertos y el tratamiento estadístico con el fin de garantizar su validez y fiabilidad (Baird et al., 2014). El planteamiento fundamental que subyace en el diseño de sus currículos y pruebas de evaluación es la transparencia, de modo que se considera primordial que los estudiantes sepan con exactitud qué objetivos de aprendizaje deben alcanzar. Por ello, se desarrollan criterios de evaluación muy detallados y estrechamente relacionados con el programa de estudios de cada materia, de forma que se produzca un alineamiento lo más estrecho posible entre currículo y pruebas de evaluación y se facilite un *washback* positivo a través de la mediación del profesorado (Daly et al., 2012). Por otro lado, tanto en Reino Unido como en Irlanda, las pruebas de evaluación externa se han analizado desde el punto de vista de su predictibilidad, sometándose a revisión los currículos de aquellas materias en las que la presencia de descripciones demasiado exhaustivas en los contenidos de sus currículos limitaban la posibilidad de formular preguntas suficientemente diversas y el empleo de estrategias cognitivas de orden superior (Baird et al., 2014).

2.1.2. Contexto español: influencia de la Prueba de Acceso a la Universidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje

En España, la Prueba de Acceso a la Universidad (PAU) –que, desde 2017, se denomina EBAU entre otros acrónimos, y es comúnmente conocida como selectividad– la realizan la mayoría de los estudiantes al finalizar el bachillerato –educación secundaria posobligatoria–, y es actualmente la única prueba externa de evaluación cuyos resultados afectan directamente al alumnado. Como se expondrá con más detalle posteriormente, el acceso a la universidad mediante exámenes externos se implantó en nuestro país en el curso 1940-41, pero es en el curso 1974-75 cuando se establece una prueba de acceso de características similares a la actual. El papel de las PAU –diferentes en cada una de las 17 comunidades autónomas (CC. AA.) españolas, cada una de las cuales constituye un distrito universitario– se considera fundamental para lograr un equilibrio en las enseñanzas impartidas en los distintos centros y favorecer su homologación (Muñoz-Repiso y Murillo, 1997), pero no son muchos los estudios realizados hasta la fecha acerca de su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, siendo la mayoría de carácter local.

Luzarraga et al. (2017) analizaron las calificaciones medias obtenidas en las PAU en centros educativos del País Vasco entre 2010 y 2014, además de realizar entrevistas a los inspectores educativos de referencia de dichos centros para conocer las expectativas que se generan en las comunidades educativas en función de sus resultados en las PAU y las consecuencias que esto conlleva en relación con los métodos de enseñanza durante el bachillerato. Su estudio reveló que, en los centros educativos que año tras año obtenían mejores resultados en las PAU, las expectativas creadas conducían a una preocupación muy marcada por las calificaciones de sus estudiantes en dichas pruebas y que, debido a que estos exámenes estaban más centrados en los contenidos que en las competencias, tendían a optar en bachillerato por una enseñanza tradicional, incluso en aquellos centros que destacaban por aplicar metodologías innovadoras durante la educación secundaria obligatoria (ESO). Las PAU son descritas por la propia inspección educativa como pruebas que siguen un modelo academicista y se considera que el uso de la metodología tradicional proporciona la preparación más adecuada para lograr buenos resultados, de forma que el profesorado se resiste a cambiar los métodos que son eficaces en este sentido.

Al analizar los estudios relacionados con los efectos de las PAU en la enseñanza de las distintas disciplinas, se confirma que, al igual que en otros países, es en el campo

de la enseñanza de idiomas en el que más se ha investigado. Amengual (2010) difundió un cuestionario entre el profesorado de bachillerato de Islas Baleares con el fin de analizar el efecto *washback* producido por la PAU de inglés. Los resultados de su estudio evidenciaron que estos exámenes ejercen una gran influencia sobre los contenidos, las actividades desarrolladas en las aulas y los materiales empleados, debido a que el formato de la PAU lleva a los profesores a ignorar aspectos importantes del plan de estudios que no se evalúan en el examen, como la comunicación oral y la interacción en el aula. Además, la mayoría de los profesores afirmaban que la anunciada introducción de un componente oral y auditivo en la PAU implicaría el uso de más actividades comunicativas en sus clases. Del mismo modo, el estudio realizado por García Laborda et al. (2012), corroboraba un *washback* negativo relacionado con la competencia comunicativa no contemplada en estos exámenes y proponía algunas ideas para revertir este efecto en futuras pruebas. Basándose en esta clara influencia de las PAU, Martín (2012) defendía la inclusión de una sección de conocimiento léxico en dichos exámenes que favoreciera una atención más adecuada en las aulas a dicho aspecto, promoviendo un *washback* positivo.

Los estudios relacionados con las PAU del área de ciencias sociales arrojan resultados similares. López y Monteagudo (2016) constataron que las PAU de las materias de ciencias sociales no contribuían a que los alumnos desarrollaran capacidades analíticas y críticas, mientras que el estudio de las PAU de Geografía entre 2005 y 2007 (Souto, 2011) constató el incumplimiento de algunas de las directrices fijadas por el currículo oficial. No obstante, García Monteagudo et al. (2017) son prudentes a la hora de extraer conclusiones y consideran que la inclusión de fuentes históricas en las PAU no favorecería por sí misma su uso, ya que sería necesario que los estudiantes desarrollaran competencias para trabajar con ellas en cursos previos.

El único estudio encontrado en relación con las PAU de Lengua castellana y literatura (Ruiz Lázaro y González Barbera, 2017) se centra en las diferencias existentes entre CC. AA. constatando que en cuatro de ellas no se evalúan todos los bloques de contenidos incluidos en el currículo oficial, lo que conllevaría diferencias en los aprendizajes adquiridos por el alumnado dependiendo de su comunidad.

En relación con las matemáticas, Rodríguez-Muñiz et al. (2016) analizaron las PAU de Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales correspondientes a cuatro CC. AA., encontrando que en todos los exámenes analizados se omitían o aparecían infrarrepresentadas partes sustanciales del plan de estudios —en especial las implicadas en el uso de las

matemáticas como herramienta para resolver problemas de ciencias sociales–, si bien detectaron diferencias significativas entre los exámenes de distintas CC. AA. Por otro lado, a partir de un cuestionario difundido entre profesores de la citada materia, comprobaron que las PAU influían en sus prácticas diarias, ya que los docentes trasladaban a sus aulas la reducción curricular reflejada en los exámenes, confirmándose el *washback* negativo producido por estas pruebas. No obstante, en otro estudio acerca de las pruebas de Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales y Matemáticas II en el País Vasco (Ruiz de Gauna et al., 2013), la mayoría de los docentes encuestados no reconocían la preparación específica de estos exámenes como objetivo prioritario, sino que lo consideraban una consecuencia directa del aprendizaje matemático; esta aparente contradicción se podría explicar teniendo en cuenta que el análisis realizado por Rodríguez-Muñiz et al. (2016) aborda el uso utilitario de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el segundo curso de bachillerato para la preparación de las PAU, aspecto que no estaba contemplado en el estudio de Ruiz de Gauna et al. (2013). Por otro lado, el análisis comparativo de las pruebas para el acceso a la universidad de Matemáticas II propuestas en 2016 por todas las CC. AA. (Ruiz-Hidalgo et al., 2019) reveló, en la misma línea que el realizado por Rodríguez-Muñiz et al. (2016), que en la mayoría de los exámenes analizados la evaluación de la competencia matemática de los estudiantes era poco frecuente, demandando únicamente el empleo de destrezas básicas y obviando sus posibilidades de aplicación a situaciones externas a las matemáticas.

En relación con la enseñanza de las ciencias experimentales, una de las principales razones que apunta el profesorado español para explicar su carácter marcadamente academicista a lo largo del bachillerato es la presión ejercida por las PAU (Banet, 2010); según este autor, su efecto también permite explicar en parte la escasa atención que generalmente se presta en el aula al resto de las dimensiones formativas que se suelen obviar en estas pruebas, como son las habilidades y destrezas características de la investigación científica, la naturaleza de la ciencia, las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS) y el desarrollo de actitudes y valores. Caamaño (2001) recalca que la mayor dificultad para la generalización de proyectos innovadores en ciencias reside en la resistencia a incorporar en las PAU los contenidos CTS presentes en los currículos oficiales desde la LOGSE (Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo). De este modo, tal y como están concebidas actualmente las PAU, no solo no contribuyen

a la innovación educativa, sino que llegan a ejercer un efecto disuasorio sobre el profesorado respecto a posibles iniciativas innovadoras (Gil et al., 2018; Oliva y Acevedo, 2005). Sin embargo, si se diseñaran pruebas fundamentadas en una visión de la ciencia, de la enseñanza y del aprendizaje innovadoras, la evaluación podrá tener una función de renovación pedagógica y contribuir a crear una sociedad más justa (Murillo e Hidalgo, 2015; Sanmartí, 2003).

A partir de lo anteriormente expuesto, son explicables los efectos *washback* positivos y, más frecuentemente, negativos, encontrados en las investigaciones que se han hecho acerca de las PAU de diversas materias del área de ciencias experimentales. Como ejemplo de posible *washback* positivo, destaca el estudio acerca de la cobertura de los contenidos en las PAU de “Ciencias de la Tierra y del medioambiente” realizadas en la Comunidad de Madrid entre 1994 y 2002 (Rebollo y Nieda, 2005); su análisis reveló una elevada coherencia de dichas pruebas con el currículo, así como con las sugerencias internacionales sobre educación ambiental, constatando la utilidad de dichos exámenes de cara a la formación del alumnado y en la preparación del profesorado. Por el contrario, Alda (2016) estudió la alineación con el currículo de las PAU de Biología planteadas en la Comunidad de Aragón entre 2010 y 2013 encontrando que los exámenes no cubrían satisfactoriamente los objetivos ni los contenidos de los planes de estudios oficiales para esta materia; según este autor, «una prueba más alineada con el currículo, que prestara más atención a los aspectos menos atendidos hasta el momento, influiría sin duda sobre el currículo realmente desarrollado en las aulas, ejerciendo un efecto “*washback* positivo”» (p. 313). No obstante, la introducción en las PAU de los aspectos tradicionalmente desatendidos en el currículo no siempre conduce a los efectos deseados, como pone de manifiesto el estudio de Ferrés-Gurt et al. (2018); en dicha investigación, se analizaron los exámenes de Biología de las PAU de Cataluña entre 2011 y 2015, así como los resultados obtenidos por el alumnado, con el objetivo de averiguar la importancia dada en estas pruebas a la indagación científica y la influencia de las características de las preguntas en los resultados; se observó que, si bien todos los exámenes incluían cuestiones sobre habilidades de indagación, estas eran a menudo de respuesta cerrada y repetitivas y no implicaban la movilización de conocimientos conceptuales, dando lugar a calificaciones muy elevadas.

En el ámbito concreto de la enseñanza de la química, Franco (2016) analizó las PAU de Química de Andalucía entre 2002 y 2013 y, a través de cuestionarios y entrevistas

a docentes y estudiantes, su influencia en la enseñanza de esta disciplina. Su estudio reveló la tendencia del profesorado de bachillerato en Andalucía a centrarse en los contenidos de las PAU, recurriendo muy frecuentemente al mismo formato de preguntas y promoviendo un aprendizaje más mecánico y memorístico de lo que sería deseable. Según la autora, esto se traduce en la práctica en una reducción del currículo oficial en el cual – como se analizará en el presente trabajo más adelante– sí se hace énfasis en la importancia de las aplicaciones de la química, sus repercusiones en el entorno natural y social o sus implicaciones en la vida cotidiana. Este efecto *washback* negativo también parece extenderse al ámbito metodológico (Franco, 2016; Oliva et al., 2016, 2018), lo que contribuye a una escasa realización de prácticas de laboratorio en el último curso de bachillerato como consecuencia, en parte, de la casi nula presencia de cuestiones relacionadas con el trabajo experimental en las PAU; en su lugar, se favorecen enfoques de enseñanza tradicionales, con clases meramente expositivas y uso mecánico del razonamiento algorítmico mediante problemas cerrados y descontextualizados, restringiéndose el uso de metodologías activas respecto a cursos previos. Estos autores, proponen la incorporación progresiva en las PAU de preguntas en las que se consideren los distintos aspectos de la competencia científica y que impliquen procesos cognitivos de mayor complejidad.

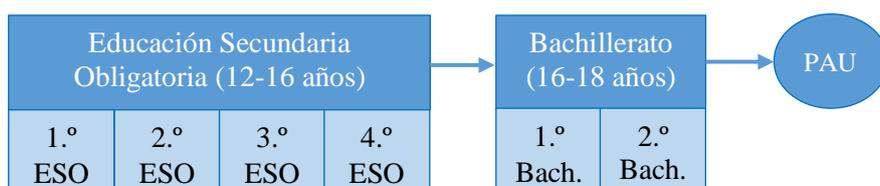
El análisis de las líneas de trabajo abordadas por los estudios previos, nos invitan a seguir profundizando, a partir de las percepciones del profesorado de todo el país, en la influencia que ejercen las PAU de química en las aulas de bachillerato y detectar los posibles efectos positivos y negativos de estas pruebas en cada una de las CC. AA. Además, un análisis pormenorizado de los exámenes propuestos en las distintas CC. AA. en relación con los objetivos propuestos en el currículo, permitiría constatar en qué medida las PAU están contribuyendo a alcanzar dichos objetivos o, si de lo contrario, dificultan su consecución. Si completamos este análisis con el de otras pruebas de características similares realizadas en países de nuestro entorno con una tradición evaluativa más consolidada –como son Reino Unido e Irlanda– tendremos datos suficientes para plantear ciertas modificaciones en las PAU que puedan contribuir a mejorar la enseñanza de la química. Para ello, antes de emprender el estudio empírico, se profundizará en los sistemas educativos de los países citados –España, Reino Unido e Irlanda– así como en sus pruebas de acceso a la universidad y en los currículos de química correspondientes.

2.2. Educación secundaria superior y exámenes para el acceso a la universidad en España, Reino Unido e Irlanda

2.2.1. España: Bachillerato y Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU)

La educación secundaria en España, desde la implantación de la LOGSE (Ley Orgánica 1/1990), se inicia a los 12 años de edad y consta de un ciclo obligatorio de cuatro años, la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y un ciclo posobligatorio que comprende el bachillerato, de dos años de duración, y/o los estudios de formación profesional. En este estudio, centrado en el acceso a la universidad, nos centraremos en el bachillerato como vía más habitual previa a los estudios universitarios, obviando las posibilidades de acceso a través de la formación profesional y otras destinadas a la población mayor de 25 años. Las leyes educativas posteriores a la LOGSE –LOE (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación) y LOMCE (Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa)– han mantenido la misma estructura del sistema educativo, como se muestra en la figura 1 y, hasta la fecha, similares características para las pruebas de acceso a la universidad.

Figura 1. Estructura de la educación secundaria (orientación universitaria) en España desde 1990



El bachillerato establecido por la LOE (Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas) incluye tres modalidades: Artes –que a su vez comprende dos vías: Artes plásticas, imagen y diseño y Artes escénicas, música y danza–, Ciencias y Tecnología, y Humanidades y Ciencias Sociales. A lo largo del bachillerato, cada alumno debe cursar todas las asignaturas comunes, al menos seis materias de modalidad y un mínimo de dos optativas. Para la obtención del título de bachiller se precisa la evaluación positiva en todas las materias de los dos cursos de bachillerato. La distribución de las materias por cursos varía ligeramente dependiendo de las CC. AA., ya que las administraciones educativas son las encargadas del reparto de las materias de modalidad, así como de la regulación de las materias optativas. En lo referente a los currículos, el Real Decreto 1467/2007 fija los

aspectos básicos del currículo que constituyen las enseñanzas mínimas, de forma que los contenidos básicos deben cubrir el 55% de los horarios escolares para las CC. AA. con lengua cooficial y el 65% para las que no la tengan; las Administraciones educativas se encargan de establecer sus respectivos currículos incluyendo en ellos los aspectos básicos señalados en el Real Decreto. En la Tabla 1, se citan las órdenes y decretos que hacen referencia al currículo de bachillerato en cada una de las CC. AA.

Tabla 1. Leyes que desarrollan el currículo de bachillerato LOE en las distintas CC. AA.

Andalucía	Orden de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en Andalucía
Aragón	Orden de 1 de julio de 2008, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad autónoma de Aragón
Asturias	Decreto 75/2008, de 6 de agosto, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato (2008)
Islas Baleares	Decreto 82 /2008, de 25 de julio, por el cual se establece la estructura y el currículo del bachillerato en las Islas Baleares (2008)
Canarias	Decreto 202/2008, de 30 de septiembre, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias
Cantabria	Decreto 74/2008, de 31 de julio, por el que se establece el Currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria
Castilla-La Mancha	Decreto 85/2008, de 17 de junio, por el que se establece y ordena el currículo del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha
Castilla y León	Decreto 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León
Cataluña	Decreto 142/2008, de 15 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato
Comunidad Valenciana	Decreto 102/2008, de 11 de julio, del Consell, por el que se establece el currículo del bachillerato en la Comunitat Valenciana
Extremadura	Decreto 115/2008, de 6 de junio, por el que se establece el currículo del Bachillerato en Extremadura
Galicia	Decreto 126/2008, de 19 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia
La Rioja	Decreto 45/2008, de 27 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato de la Comunidad Autónoma de La Rioja
Madrid	Decreto 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato
Murcia	Decreto 262/2008, de 5 de septiembre, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
Navarra	Decreto Foral 49/2008, de 12 de mayo, por el que se establecen la estructura y el currículo de las enseñanzas del bachillerato en la Comunidad Foral de Navarra
País Vasco	Decreto 23/2009, de 3 de febrero, por el que se establece el currículo de Bachillerato y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco

En la Tabla 2 se muestra a modo de ejemplo la distribución de las materias de bachillerato en la Comunidad de Madrid (Decreto 67/2008), que es prácticamente idéntica a la de la mayoría de las CC. AA., aunque en aquellas que poseen lengua cooficial se estudia en ambos cursos dicha lengua y su literatura. Cataluña es la única comunidad que introduce modificaciones relevantes en su currículo, especialmente en referencia a las asignaturas de modalidad del primer curso de bachillerato (Decreto 142/2008); por ejemplo, en el currículo catalán la asignatura de “Física y química” se desdobra en dos asignaturas independientes, “Física I” y “Química I”, separación que en esta comunidad data de 1992 (Caamaño, 2011).

Tabla 2. Distribución de las materias de bachillerato LOE en la Comunidad de Madrid

Primer curso			
Comunes	Modalidad		
	Artes	Ciencias y tecnología	Humanidades y CCSS
Ciencias para el mundo contemporáneo Educación física Filosofía y ciudadanía Lengua castellana y literatura I Lengua extranjera I	Vía de artes plásticas [...] Cultura audiovisual Dibujo artístico I Dibujo técnico I Volumen Vía de artes escénicas [...] Análisis musical I Anatomía aplicada Artes escénicas Cultura audiovisual	Biología y geología Dibujo técnico I Física y química Matemáticas I Tecnología industrial I	Economía. Griego I Historia del mundo contemporáneo Latín I Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales I
Optativas			
<ul style="list-style-type: none"> • Segunda lengua extranjera I • Tecnologías de la información y la comunicación I • Asignatura de modalidad no elegida previamente • Ampliación de lengua extranjera • Otras materias optativas vinculadas a la modalidad o vía cursada por el alumno 			
Segundo curso			
Comunes	Modalidad		
	Artes	Ciencias y tecnología	Humanidades y CCSS
Historia de la Filosofía Historia de España Lengua castellana y literatura II Lengua extranjera II	Vía de artes plásticas [...] Dibujo artístico II Dibujo técnico II Diseño Historia del arte Téc. de expresión gráfica Vía de artes escénicas [...] Análisis musical II Hª de la música y la danza Literatura universal Lenguaje y práctica mus.	Biología Ciencias de la Tierra y medioambientales Dibujo técnico II Electrotecnia Física Matemáticas II Química Tecnología industrial II	Economía de la empresa Geografía Griego II Historia del arte Latín II Literatura universal. Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales II
Optativas			
<ul style="list-style-type: none"> • Segunda lengua extranjera II • Tecnologías de la información y la comunicación II • Asignatura de modalidad no elegida previamente • Ampliación de lengua extranjera • Otras materias optativas vinculadas a la modalidad o vía cursada por el alumno 			

Como ya se mencionó anteriormente, en el curso 1974-75 se estableció en España la Prueba de Aptitud para el Acceso a la Universidad (Ley 30/1974, de 24 de julio, sobre

pruebas de aptitud para acceso a las Facultades, Escuelas Técnicas Superiores, Colegios Universitarios y Escuelas Universitarias), comúnmente conocida como selectividad, cuyos precedentes fueron el Examen de Estado –de 1941 a 1953– y las Pruebas de Madurez del Curso Preuniversitario –de 1954 a 1971– (Muñoz Vitoria, 1995). Su finalidad era garantizar «el adecuado encauzamiento de los estudiantes y [...] que ningún talento se malogre por falta de medios económicos» (Ley 30/1974, p. 15458) y, a lo largo de su historia, han experimentado algunas modificaciones tanto organizativas, como de diseño y contenidos (Ruiz de Gauna et al., 2013). Dicha prueba estuvo vigente hasta el curso 2000-2001, conviviendo durante algunos años con la Prueba de Acceso a Estudios Universitarios establecida por la LOGSE –habitualmente nombrada por el acrónimo PAU– que se desarrolló desde 1997 hasta 2009, cuando pasaría a llamarse Prueba de Acceso a las Enseñanzas Universitarias Oficiales de Grado –PAU o PAEG– durante el periodo de vigencia de la LOE (2010-2016). Este estudio se centrará en el análisis de las PAU correspondientes al periodo LOE.

Desde 2010, las PAU incluyen dos fases: la fase general, que es obligatoria para todos los estudiantes que quieran acceder a la universidad, y la específica, de carácter voluntario y destinada a mejorar la calificación obtenida en la fase general (Real Decreto 1892/2008, de 14 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para el acceso a las enseñanzas universitarias oficiales de grado y los procedimientos de admisión a las universidades públicas españolas). En la fase general, los alumnos se examinan de todas las asignaturas comunes cursadas en 2.º de bachillerato, mientras que en la específica pueden realizar hasta cuatro exámenes de materias de modalidad de dicho curso relacionadas con los estudios que pretenden cursar. Las notas obtenidas en todas las materias a lo largo del bachillerato son decisivas de cara a la calificación de acceso a la universidad, ya que la nota media de bachillerato supone un 60% de dicha calificación, mientras que la nota de la fase general de la PAU –si es superior a 4 puntos –representa el 40% restante, siendo 5 puntos la nota mínima de superación de la prueba. A esta nota se le suman las dos mejores calificaciones de las materias superadas de la fase específica multiplicadas por unos parámetros de ponderación –0,1 o 0,2– que dependen del grado de relación de cada materia con la titulación universitaria deseada, y la puntuación resultante representa la nota de admisión, cuyo máximo valor posible es de 14. La Tabla 3 resume las características básicas de la PAU (2010-2016).

Tabla 3. Características generales de la PAU 2010-2016

Finalidad	<ul style="list-style-type: none"> - Valorar, con carácter objetivo, la madurez académica del estudiante, así como los conocimientos y capacidades adquiridos en el bachillerato y su capacidad para seguir con éxito las enseñanzas universitarias oficiales de Grado. - Ordenar, en función de la calificación numérica obtenida, las solicitudes de admisión para la adjudicación de las plazas ofertadas en los centros universitarios públicos. 		
Condiciones generales	Requisito	Estar en posesión del título de Bachiller.	
	Contenidos	Currículo de las materias establecidas para 2.º de bachillerato.	
	Organización	Administraciones educativas y universidades públicas.	
Estructura	Carácter obligatorio.		
	Fase general	Finalidad	Valorar la madurez y destrezas básicas que debe alcanzar el estudiante al finalizar el bachillerato para seguir las enseñanzas universitarias oficiales de Grado.
		Materias	1.º ejercicio: Comentario de texto (Lengua castellana y literatura).
	2.º ejercicio: Historia de la filosofía o Historia de España (a elegir por el estudiante).		
	3.º ejercicio: Lengua extranjera –alemán, francés, inglés, italiano o portugués– (a elegir por el estudiante).		
	4.º ejercicio: Materia de modalidad de segundo de bachillerato (a elegir por el estudiante).		
	5.º ejercicio: Lengua cooficial (en las CC. AA. con otra lengua cooficial).		
	Optatividad	Dos opciones en cada ejercicio a elegir una.	
	Duración	1 hora y media para cada ejercicio	
	Calificación	Cada ejercicio calificará de 0 a 10 puntos. Calificación de la fase general: media aritmética de las calificaciones de todos los ejercicios.	
	Fase específica	Carácter voluntario.	
		Finalidad	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los conocimientos y la capacidad de razonamiento en ámbitos disciplinares concretos relacionados con los estudios que se pretenden cursar. - Mejorar la calificación obtenida en la fase general.
		Ejercicios	Máximo de cuatro ejercicios acerca de materias de modalidad de segundo de bachillerato (a elegir por el estudiante) adscritas a la rama de conocimiento deseada (Artes y Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas, Ciencias. Ciencias de la Salud e Ingeniería y Arquitectura).
		Optatividad	Dos opciones en cada ejercicio a elegir una.
		Duración	1 hora y media para cada ejercicio
Calificación		Cada ejercicio calificará de 0 a 10 puntos.	
Superación de la prueba	Nota de acceso = $0,6 \cdot \text{NMB} + 0,4 \cdot \text{CFG} \geq 5$, con $\text{CFG} \geq 4$ NMB = Nota media de bachillerato; CFG = Calificación de la fase general		
Nota de admisión	Nota de admisión = $0,6 \cdot \text{NMB} + 0,4 \cdot \text{CFG} + a \cdot \text{M1} + b \cdot \text{M2}$ (Máx. = 14 puntos) M1, M2 = calificaciones de las dos materias superadas de la fase específica que proporcionen mejor nota de admisión a, b = parámetros de ponderación de dichas materias (0,1 o 0,2, según su relación con el Grado Universitario en el que se quiera ser admitido).		

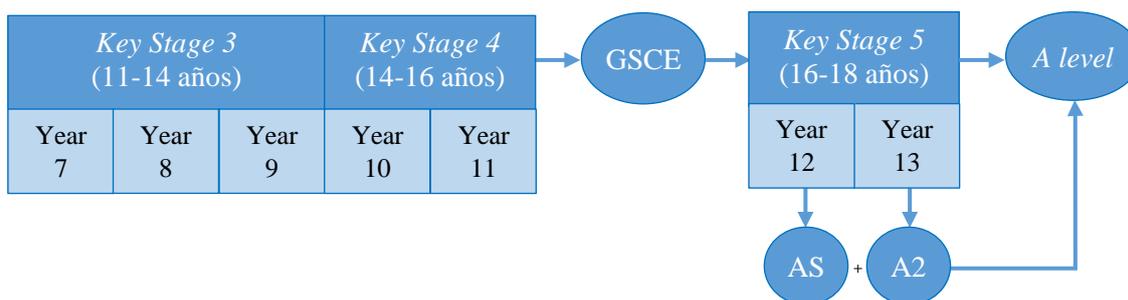
La LOMCE trató de implantar una prueba de evaluación que, además de permitir el acceso a la universidad, constituyera un requisito imprescindible para la obtención del título de bachiller, pero la presión social impidió que se hiciera efectiva dicha reforma junto con otros aspectos polémicos de la citada ley –como la implantación de pruebas de evaluación obligatorias al final de la Educación Primaria y de la ESO–. Como consecuencia, en 2016 se publicó un Real Decreto por el cual se ampliaba el calendario de implantación de la LOMCE «hasta la entrada en vigor de la normativa resultante del Pacto de Estado social y político por la educación» (Real Decreto-ley 5/2016, de 9 de diciembre, de medidas urgentes para la ampliación del calendario de implantación de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, p. 86169), de forma que la evaluación de bachillerato para el acceso a la universidad no sería necesaria para obtener el título de bachiller y continuaría realizándola exclusivamente el alumnado que quisiera acceder a estudios universitarios. En 2017 tuvo lugar por primera vez la Evaluación de Bachillerato para el Acceso a la Universidad –EBAU, PEBAU, PBAU, EvAU o EAU según las CC. AA.–, con leves cambios curriculares y organizativos respecto a las anteriores pruebas. Las principales modificaciones consistieron en la introducción de una matriz de especificaciones para cada materia que es aplicable a todo el territorio nacional, la obligatoriedad de examinarse de una asignatura troncal determinada (Matemáticas II, Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales II, Latín II o Fundamentos del Arte II) en función de la modalidad elegida y la obligatoriedad de realizar el ejercicio correspondiente a Historia de España.

Actualmente, la Ley Orgánica para la modificación de la LOE (LOMLOE) está pendiente de finalizar su tramitación parlamentaria (Proyecto de Ley Orgánica por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación). Su aprobación supondría la derogación de la LOMCE, de forma que volverían a estar vigentes las características generales del bachillerato y de las pruebas de acceso a la universidad que se establecían en la LOE y que son objeto de esta investigación.

2.2.2. Reino Unido: *Key Stage 5* y *A level*

Los alumnos británicos comienzan la educación secundaria a los 11 años, en el séptimo curso de su escolarización obligatoria (que se inicia a los 5 años); el primer ciclo de educación secundaria dura tres años y se denomina *Key Stage 3* (KS3) y el segundo, de dos años de duración, es el *Key Stage 4* (KS4). Al finalizar el KS4, los estudiantes se someten a una primera evaluación externa para la obtención del *General Certificate of Secondary Education* (GCSE); para ello realizan exámenes correspondientes a un elevado número de asignaturas, generalmente entre ocho y diez, incluyendo necesariamente inglés, matemáticas y ciencias. Para acceder a la educación secundaria superior (*Key Stage 5* o KS5, que incluye los cursos 12 y 13), se exige una calificación igual o superior a C (> 60 %) en al menos cinco de las materias (Education and Skills Act, 2008), pero en la mayoría de los centros se requiere la calificación B (> 70%) en las asignaturas que se van a cursar en dicha etapa. Durante el KS5, los alumnos suelen estudiar solo cuatro materias en el primer curso y tres en el segundo, relacionadas con la titulación a la que desean acceder. La figura 2 muestra la estructura básica de la educación secundaria en el Reino Unido incluyendo las evaluaciones externas correspondientes.

Figura 2. Estructura de la educación secundaria (orientación universitaria) en Reino Unido



Desde 1951 (Ministry of Education, 1951), la certificación requerida en el Reino Unido para titular en secundaria superior e ingresar en la universidad es el *General Certificate of Education Advanced Level* (GCE *A level* o *A level*). Para su obtención, se requiere superar una serie de exámenes a lo largo de la educación secundaria superior. En Escocia se ofrece como una posible alternativa a sus certificaciones más habituales, los *Scottish Highers* y *Advanced Highers* (Johnson y Hayward, 2008). Si bien en su origen los exámenes del *A level* se realizaban al término de la educación secundaria superior, a partir de 2000 (Great Britain, 2000) se introdujo un certificado intermedio, el *Advanced*

Subsidiary Level (AS), al finalizar el curso 12; la obtención del *A Level* requiere la superación de los exámenes correspondientes al AS y al A2 (exámenes realizados al finalizar el curso 13). Hasta 2015, las calificaciones obtenidas en el AS formaban parte del *A level*, pero en la actualidad solo se consideran las correspondientes al A2 para el ingreso a la universidad. Ese mismo año se introdujeron otros cambios en el *A level* tanto a nivel curricular como organizativo (Long, 2017). En la Tabla 4 figuran las correspondencias entre las notas expresadas de forma porcentual y las calificaciones literales (A*, A, B, C, D o E) que se otorgan a los estudiantes.

Tabla 4. Correspondencia entre notas porcentuales y calificaciones literales en Reino Unido

Intervalo de porcentaje	Calificación literal
≥ 90	A*
80-89	A
70-79	B
60-69	C
50-59	D
40-49	E
< 40	F (<i>no grade</i>)

Existen diversas juntas examinadoras –*awarding organizations*– que diseñan, implementan y califican los exámenes de cada una de las materias (Clark, 2014); la principal, elegida por casi la mitad de los estudiantes, es AQA (*Assessment and Qualifications Alliance*), pero Edexcel (*Education and excellence*) y OCR (*Oxford, Cambridge and RSA Examinations*) también están extendidas por todo Reino Unido. Además, están reconocidas CCEA (*Council for the Curriculum, Examinations and Assessment*), para Irlanda del Norte y WJEC (*Welsh Joint Education Committee*), para Gales. El Ofqual (*Office of Qualifications and Examinations Regulation*) es el departamento gubernamental que diseña las líneas directrices de los currículos y regula las calificaciones, los exámenes y las pruebas en Inglaterra, aprobando las especificaciones a los currículos propuestas por las juntas examinadoras (hasta 2011, dicho departamento se denominó QCA –*Qualifications and Curriculum Authority*–); en Gales, Irlanda del Norte y Escocia existen otros organismos reguladores. Cada centro educativo elige libremente su junta examinadora para cada materia, aunque los propios estudiantes deciden frecuentemente presentarse a los exámenes de varias juntas distintas. Por otro lado, cada facultad universitaria establece sus requisitos

de ingreso, marcando habitualmente las calificaciones mínimas en los *A level* correspondientes a tres materias relacionadas con los estudios a realizar. En la Tabla 5 se resumen las características más relevantes del *A level* (2000-2015). La Tabla 6 muestra las materias del *A level* –extraídas del repertorio de 45 asignaturas ofrecidas en 2015– cuyos exámenes son ofertados por todas las juntas examinadoras.

Tabla 5. Características generales del *A level* (2000-2015)

Finalidad	Certificar la preparación de los estudiantes para la educación superior. Establecer un criterio objetivo para la adjudicación de las plazas ofertadas en los centros universitarios.	
Condiciones generales	Requisito	Haber finalizado el <i>Key Stage 5</i>
	Contenidos	Currículo de las materias establecidas para el <i>A level</i>
	Organización	Diseño, implementación y calificación de los exámenes a cargo de las juntas examinadoras: AQA, Edexcel, OCR, CCEA y WJEC. Coordinación y regulación de los exámenes a cargo del <i>Ofqual</i> .
Estructura	Materias	Mínimo 2, generalmente 3 o 4.
	Certificados	AS en el curso 12 o 13 y A2 (<i>A level</i>) en el curso 13.
	Duración	Entre 4 y 6 exámenes por materia (2 o 3 para la obtención de cada certificado). Cada examen suele durar entre 1 ¹ / ₄ h y 2 h. Las materias experimentales incluyen un examen práctico.
	Calificación	A*/A/B/C/D/E en cada materia (ver Tabla 4)
Superación de la prueba	Mínimo de 2 <i>A levels</i> superados (calificación E o superior)	
Nota de admisión	Combinación de tres calificaciones literales de las materias preferentes establecidas por cada facultad.	

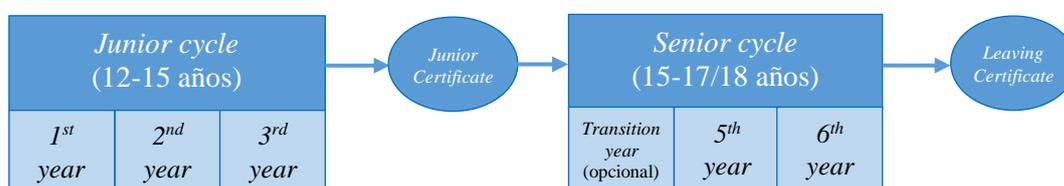
Tabla 6. Materias ofertadas por todas las juntas examinadoras del *A level*

Artes y humanidades	Ciencias y tecnología	Ciencias sociales
Arte y diseño	Biología	Economía
Literatura inglesa	Diseño y tecnología	Geografía
Estudios religiosos	Física	Gobiernos y política
Música	Matemáticas	Historia
	Psicología	Empresas
	Química	

2.2.3. Irlanda: Senior Cycle y Leaving Certificate

La educación secundaria en Irlanda consta de dos ciclos: *Junior Cycle* –educación secundaria obligatoria– y *Senior Cycle* –educación secundaria superior–. Los estudiantes irlandeses comienzan a los 12 años el *Junior Cycle*, cuyo plan de estudios en las diversas áreas curriculares tiene el objetivo de alcanzar niveles de competencia que permitan continuar con la educación secundaria superior (Department of Education and Science, 2004); tras completar los tres cursos de dicho ciclo, los alumnos realizan un examen estatal, el *Junior Certificate*, previo al acceso al *Senior Cycle*. Este ciclo de educación secundaria superior dura dos o tres años dependiendo de si los alumnos eligen o no cursar el *Transition Year*, un curso sin exámenes formales que pone su énfasis en el desarrollo personal, la conciencia social y las habilidades para la vida, incluyendo la realización de prácticas laborales. Los dos cursos restantes del *Senior Cycle* se enfocan principalmente a la preparación del examen estatal que permite el acceso a la universidad y la titulación en educación secundaria superior, el (*Established*) *Leaving Certificate*, implantado en 1924. Estos estudios y los exámenes para la obtención del título correspondiente han experimentado diversos cambios, como la introducción del *Leaving Certificate Vocational* en 1989 y del *Leaving Certificate Applied* en 1995, más enfocados a la inserción en el mundo laboral, pero sus características generales apenas han variado (Carone, 2001). La figura 3 muestra la estructura básica de la educación secundaria en Irlanda, incluyendo los exámenes estatales que deben realizar los estudiantes al finalizar cada ciclo.

Figura 3. Estructura de la educación secundaria (orientación universitaria) en Irlanda



Los currículos de las asignaturas correspondientes a la obtención del *Leaving Certificate* son establecidos por el *Department of Education and Skills* –denominado, hasta 2010, *Department of Education and Science*–. El *National Council for Curriculum and Assessment* (NCCA) se ocupa del diseño de las pruebas correspondientes, mientras que la implementación de los exámenes está a cargo del *State Examinations Commission* (SEC). Los estudiantes deben realizar un mínimo de cinco exámenes, aunque lo más habitual es que se presenten a seis –mínimo establecido por las universidades estatales– o siete, teniendo que incluir, salvo en algunas situaciones excepcionales, inglés, irlandés y

matemáticas. Los exámenes de cada asignatura tienen dos niveles diferentes, el *Higher level* y el *Ordinary level* y, en función de la calificación obtenida y el nivel elegido, se obtiene una puntuación distinta. En el caso de Matemáticas e Irlandés también se puede elegir un nivel básico, el *Foundation level*. En la Tabla 7 se muestran las calificaciones, de 0 a 100, que se otorgaban en cada examen según el sistema vigente hasta 2016 –que recientemente ha sufrido algunos cambios– en función del porcentaje alcanzado y del nivel elegido.

Tabla 7. Calificaciones de los ejercicios del *Leaving Certificate Programme* (2002-2016).

Fuente: *State Examinations Commission (SEC)* y *Irish Central Applications Office (CAO)*

Intervalo de porcentaje	Calificación	<i>Higher level</i>	<i>Ordinary level</i>	<i>Foundation level</i>
≥ 90	A1	100	60	20
85-89	A2	90	50	15
80-84	B1	85	45	10
75-79	B2	80	40	5
70-74	B3	75	35	-
65-69	C1	70	30	-
60-64	C2	65	25	-
55-59	C3	60	20	-
50-54	D1	55	15	-
45-49	D2	50	10	-
40-44	D3	45	5	-
25-39	E	-	-	-
10-24	F	-	-	-
< 10	NG (no grade)	-	-	-

La calificación final del *Leaving Certificate* se obtiene sumando las calificaciones correspondientes a las seis materias con mejor puntuación; además, desde 2012, se añade una bonificación de 25 puntos si se obtiene una calificación D o superior en la asignatura de matemáticas (*Higher level*); por tanto, la calificación máxima que puede obtenerse es de 625 puntos. El criterio establecido para el ingreso en las universidades estatales es la obtención de un mínimo de dos *Higher level* con calificación C o superior, pero cada facultad establece sus requisitos de acceso en las materias más relacionadas con la titulación que se desea cursar, así como la puntuación final mínima exigida en función de la oferta y la demanda de plazas. En la Tabla 8 se resumen los aspectos básicos del *Leaving Certificate* (2002-2016).

Tabla 8. Características generales del *Leaving Certificate Programme* (2002-2016)

Finalidad	Certificar la preparación de los estudiantes para la educación superior. Establecer un criterio objetivo para la adjudicación de las plazas ofertadas en los centros universitarios.	
Condiciones generales	Requisito	Haber finalizado el <i>Senior Cycle</i>
	Contenidos	Currículo de las materias establecidas para el <i>Senior Cycle</i>
	Organización	Diseño de las pruebas por el <i>National Council for Curriculum and Assessment</i> (NCCA). Implementación de los exámenes a cargo del <i>State Examinations Commission</i> (SEC).
Estructura	Materias	Mínimo 5, en general 6 o 7, incluyendo (salvo excepciones) inglés, irlandés y matemáticas.
	Duración	Generalmente, 2,5-3 horas por ejercicio.
	Niveles	<i>Higher/Ordinary/Foundation</i> (solo en irlandés y matemáticas)
	Calificación	De 0 a 100 puntos por ejercicio (ver Tabla 7). Desde 2012, aprobar el <i>Higher Level</i> en matemáticas suma 25 puntos extra.
Superación de la prueba	Para ingresar en la Universidad Nacional de Irlanda se requieren al menos dos <i>Higher level</i> con calificación C o superior.	
Nota de admisión	Suma de las calificaciones obtenidas en las 6 materias con mejor puntuación. Puntuación máxima = 600 puntos (desde 2012, 625 puntos).	

La Tabla 9 enumera las asignaturas que pueden elegir los estudiantes para la obtención de dicho certificado, señalando en negrita las asignaturas obligatorias. Hay que tener en cuenta que no todas las combinaciones de materias están permitidas; por ejemplo, si un estudiante elige “Física y química” (combinadas), no puede escoger “Física” ni “Química”.

Tabla 9. Asignaturas ofertadas para la obtención del *Leaving Certificate*

Humanidades y artes	Ciencias y tecnología	Ciencias sociales
Inglés	Matemáticas	Contabilidad
Irlandés	Matemáticas Aplicadas	Ciencias económicas
Lenguas extranjeras: alemán, español, francés, italiano...	Dibujo técnico	Economía agrícola
Lenguas clásicas: latín y griego	Estudios de construcción	Economía doméstica, científica y social
Estudios clásicos	Ingeniería	Estudios Empresariales
Arte	Tecnología	Geografía
Música	Biología	Historia
Educación religiosa	Física	Organización empresarial
	Química	Política y sociedad
	Física y química (combinadas)	
	Ciencia de la agricultura	

2.3. Los currículos oficiales de química para el acceso a la universidad en España, Reino Unido e Irlanda

2.3.1. España: currículo de química para el acceso a la universidad

Como ya se ha comentado, el contenido de las PAU se centra en el currículo de las materias que fija la LOE para 2.º de bachillerato. Aunque las enseñanzas mínimas para cada una de dichas materias se fijan a nivel estatal (Real Decreto 1467/2007), son las administraciones educativas las encargadas de establecer el currículo de las distintas asignaturas, en sus órdenes y decretos correspondientes a las enseñanzas de bachillerato, debiendo incluir los objetivos, contenidos mínimos y criterios de evaluación fijados por el Real Decreto publicado en el BOE. En esta sección se analizarán los aspectos generales del currículo de química (2.º de bachillerato) fijado por el citado Real Decreto para todo el territorio nacional, así como sus objetivos, contenidos mínimos y criterios de evaluación, señalando en cada caso las concreciones hechas por cada una de las CC. AA. Aunque solo se hará referencia al currículo de química del curso preuniversitario, hay que tener en cuenta que el aprendizaje de los contenidos establecidos en dicho currículo requiere la asimilación previa de contenidos correspondientes a Física y química (1.º de bachillerato), materia cuya superación es imprescindible para aprobar Química en 2.º de bachillerato. Estos contenidos son, a grandes rasgos, los siguientes:

- Teoría atómico molecular de la materia: modelo de Dalton; conceptos básicos en química: mol, ecuaciones de los gases, concentración de disoluciones, etc.
- El átomo y sus enlaces: modelos de Thomson y Rutherford y Bohr; sistema periódico; enlaces iónico, covalente y metálico y fuerzas intermoleculares; propiedades de las sustancias; formulación y nomenclatura de los compuestos inorgánicos.
- Estudio de las transformaciones químicas: interpretación microscópica de las reacciones químicas; velocidad de reacción; estequiometría de las reacciones y química industrial.
- Introducción a la química orgánica: introducción a la formulación de los compuestos del carbono; aplicaciones, propiedades y reacciones de los hidrocarburos.

El Real Decreto 1467/2007, establece en referencia a la asignatura de Química una serie de cuestiones generales entre las que cabe resaltar los siguientes aspectos:

- Su énfasis en el carácter experimental de la química y la familiarización con la actividad científica. Por ejemplo, se expone que «el desarrollo de esta materia

debe contribuir a una profundización en la familiarización con la naturaleza de la actividad científica y tecnológica y a la apropiación de las competencias que dicha actividad conlleva» y que «las prácticas de laboratorio juegan un papel relevante como parte de la actividad científica, teniendo en cuenta los problemas planteados, su interés, las respuestas tentativas, los diseños experimentales, el cuidado en su puesta a prueba, el análisis crítico de los resultados, etc., aspectos fundamentales que dan sentido a la experimentación» (p. 45451).

- La atención a las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) de las aplicaciones de la química, y a su presencia en la vida cotidiana. Así, se afirma que la asignatura debe contribuir «a una formación crítica del papel que la química desarrolla en la sociedad, tanto como elemento de progreso como por los posibles efectos negativos de algunos de sus desarrollos» (p. 45451).

A continuación, el mismo Real Decreto señala los objetivos de la asignatura (pp. 45451- 45452):

1. Adquirir y poder utilizar con autonomía los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes, así como las estrategias empleadas en su construcción.
2. Familiarizarse con el diseño y realización de experimentos químicos, así como con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y conocer algunas técnicas específicas, todo ello de acuerdo con las normas de seguridad de sus instalaciones.
3. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener y ampliar información procedente de diferentes fuentes y saber evaluar su contenido.
4. Familiarizarse con la terminología científica para poder emplearla de manera habitual al expresarse en el ámbito científico, así como para poder explicar expresiones científicas del lenguaje cotidiano, relacionando la experiencia diaria con la científica.
5. Comprender y valorar el carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, evitando posiciones dogmáticas y apreciando sus perspectivas de desarrollo.
6. Comprender el papel de esta materia en la vida cotidiana y su contribución a la mejora de la calidad de vida de las personas. Valorar igualmente, de forma fundamentada, los problemas que sus aplicaciones puede generar y cómo puede contribuir al logro de la sostenibilidad y de estilos de vida saludables.

7. Reconocer los principales retos a los que se enfrenta la investigación de este campo de la ciencia en la actualidad.

Las administraciones educativas de las CC. AA. hacen diversas aportaciones a los objetivos expuestos en el citado Real Decreto, entre las que destacan:

- «Comprender el carácter instrumental e integrador de la química mediante sus relaciones con otras ciencias, como la física, la biología, la geología y las ciencias de la Tierra y medioambientales» (Islas Baleares, Decreto 82 /2008, p. 202).
- «Ser capaz de participar con criterios fundamentados, como ciudadanos y, en su caso, como futuros científicos, en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que se enfrenta a la humanidad en los cuales la química pueda hacer alguna aportación» (Cataluña, Decreto 142/2008, p. 59298).
- «Desarrollar actitudes positivas hacia la Química y su aprendizaje, que aumenten por tanto su interés y autoconfianza en la realización de actividades de esta ciencia» (Comunidad Valenciana, Decreto 102/2008, p. 71467).
- «Valorar las aportaciones de las mujeres al desarrollo científico y tecnológico, haciendo especial referencia a los casos gallegos» (Galicia, Decreto 126/2008, p. 12300).
- «Estimular la lectura de textos científicos, en medios escritos y digitales, analizándolos críticamente, desarrollar autonomía para elaborar un discurso científico argumentado con rigor y la capacidad de comunicarlo con eficacia y precisión, tanto de forma oral como escrita» (La Rioja, 45/2008, p. 4742; Murcia, 262/2008, p. 28111).
- «Resolver problemas y realizar pequeñas investigaciones, tanto de manera individual como colaborativa, utilizando con autonomía creciente estrategias propias de esta ciencia, para abordar de forma crítica y contextualizada situaciones cotidianas de interés científico o social y reconocer el carácter tentativo y creativo del trabajo científico» (País Vasco, Decreto 23/2009, p. 469).

Los contenidos mínimos que fija el Real Decreto están organizados en ocho bloques. En la Tabla 10 se muestra un estudio comparativo de los contenidos de los currículos de química. Las aportaciones realizadas por cada una de las CC. AA. al currículo publicado en el BOE están resaltadas en azul, los aspectos sociales y aplicados de la química se señalan en cursiva y los aspectos experimentales en cursiva y negrita.

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continúa)

	Metodología científica Contenidos básicos	Estructura atómica y tabla periódica	Enlace químico	Termoquímica
REAL DECRETO 1467/2007	1. Contenidos comunes Utilización de estrategias básicas de la actividad científica tales como el planteamiento de problemas y la toma de decisiones acerca del interés y la conveniencia o no de su estudio; formulación de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales y análisis de los resultados y de su fiabilidad. Búsqueda, selección y comunicación de información y de resultados utilizando la terminología adecuada.	2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos. Del átomo de Bohr al modelo cuántico <i>Evolución histórica de la ordenación periódica de los elementos</i> Estructura electrónica y periodicidad. Tendencias periódica	3. Enlace químico y propiedades de las sustancias Enlaces covalentes. Geometría y polaridad Enlaces entre moléculas. Propiedades de las sustancias moleculares Enlace iónico. Estructura y propiedades de las sustancias iónicas Estudio cualitativo del enlace metálico. Propiedades de los metales	4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas Energía y reacción química. Procesos endo y exotérmicos. Concepto de entalpía. Determinación de un calor de reacción. Entalpía de enlace e interpretación de la entalpía de reacción. <i>Aplicaciones energéticas de las reacciones químicas. Repercusiones sociales y medioambientales. Valor energético de los alimentos: implicaciones para la salud.</i> Condiciones que determinan el sentido de evolución de un proceso químico. Conceptos de entropía y de energía libre
ANDALUCÍA	1. Aproximación al trabajo científico. Ciencia, tecnología y sociedad. <i>Logros y limitaciones de la investigación química</i>	2. ¿Qué estructura tienen los átomos?	3. El enlace químico. ¿Cómo influye el enlace en las propiedades de las sustancias?	4. Energía de las reacciones químicas. Espontaneidad. <i>Consecuencias del uso de combustibles fósiles en el incremento del efecto invernadero</i>
ARAGÓN	1. Contenidos comunes	8. Estructura atómica y sistema periódico Espectros atómicos y cuantización de la energía. Hipótesis de De Broglie y principio de incertidumbre de Heisenberg. Orbitales atómicos y números cuánticos. Principios de mínima energía y de exclusión de Pauli, y regla de Hund. <i>Elaboración experimental de la escala de reactividad de algunos metales</i>	9. El enlace químico Energía de red. Ciclo de Born-Haber Construcción y simulación informática de modelos moleculares. Concepto de resonancia. Hibridación. Aplicación al estudio de las moléculas de H ₂ , O ₂ , N ₂ , CH ₄ , H ₂ O, NH ₃ , BCl ₃ , BeCl ₂ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , C ₆ H ₆ y de las estructuras gigantes de diamante y de grafito <i>Los nuevos materiales y sus aplicaciones.</i>	2. Termoquímica <i>Determinación experimental de la variación de entalpía en una reacción de neutralización.</i> <i>Estudio experimental de la influencia de la temperatura en la espontaneidad</i>
ASTURIAS	1. Contenidos comunes <i>Trabajo en equipo</i> <i>Valoración de los métodos y logros de la Química y evaluación de sus aplicaciones tecnológicas</i> <i>Valoración crítica de mensajes, estereotipos y prejuicios.</i>	Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos <i>Espectro del hidrógeno. Teoría cuántica. Números cuánticos. Principio de Pauli y regla de Hund. Orbitales atómicos.</i>	3. Enlace químico y propiedades de las sustancias <i>Energía de red</i> <i>Estudio experimental de la solubilidad y conductividad de distintas sustancias</i>	4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

Equilibrio químico	Ácidos y bases	Oxidación y reducción	Química orgánica	Otros contenidos	
5. El equilibrio químico Características macroscópicas del equilibrio químico. Interpretación submicroscópica del estado de equilibrio de un sistema químico. La constante de equilibrio. Factores que afectan a las condiciones del equilibrio. Las reacciones de precipitación como ejemplos de equilibrios heterogéneos. <i>Aplicaciones analíticas de las reacciones de precipitación.</i> <i>Aplicaciones del equilibrio químico a la vida cotidiana y a procesos industriales.</i>	6. Ácidos y bases Revisión de la interpretación del carácter ácido-base de una sustancia. Las reacciones de transferencia de protones. Concepto de pH. Cálculo y medida del pH en disoluciones de ácidos y bases. <i>Importancia del pH en la vida cotidiana.</i> Volumetrías ácido-base. Aplicaciones y tratamiento experimental. Tratamiento cualitativo de las disoluciones acuosas de sales como casos particulares de equilibrios ácido-base. <i>Algunos ácidos y bases de interés industrial y en la vida cotidiana. El problema de la lluvia ácida y sus consecuencias.</i>	7. Introducción a la electroquímica Reacciones de oxidación-reducción. Especies oxidantes y reductoras. Número de oxidación. Concepto de potencial de reducción estándar. Escala de oxidantes y reductores. Valoraciones redox. Tratamiento experimental. <i>Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación-reducción: pilas y baterías eléctricas.</i> <i>La electrólisis: importancia industrial y económica.</i> <i>La corrosión de metales y su prevención.</i> <i>Residuos y reciclaje</i>	8. Estudio de algunas funciones orgánicas Revisión de la nomenclatura y formulación de las principales funciones orgánicas. Alcoholes y ácidos orgánicos: obtención, propiedades e importancia. Los ésteres: obtención y estudio de algunos ésteres de interés. Polímeros y reacciones de polimerización. <i>Valoración de la utilización de las sustancias orgánicas en el desarrollo de la sociedad actual. Problemas medioambientales.</i> <i>La síntesis de medicamentos. Importancia y repercusiones de la industria química orgánica.</i>		REAL DECRETO 1467/2007
5. El equilibrio químico.	6. Ácidos y bases. <i>Determinación de la concentración de ácidos en sustancias de uso común como vinagres, aceites...</i>	7. Introducción a la electroquímica	8. Estudio de algunas funciones orgánicas.	<i>Realización de, al menos, dos actividades de investigación sobre problemas concretos</i>	ANDALUCÍA
4. Equilibrio químico Aplicación del equilibrio al estudio de algunos equilibrios de interés industrial y medioambiental. La síntesis del amoníaco <i>Estudio experimental de los equilibrios $CrO_4^{2-}/Cr_2O_7^{2-}$ o entre complejos de cobalto (II).</i> 6. Reacciones de precipitación de compuestos iónicos poco solubles <i>Estudio experimental de la solubilidad</i>	5. Reacciones de transferencia de protones <i>Estudio experimental de la acidez o basicidad de disoluciones de ácidos, bases y sales.</i> Curvas de valoración e indicadores <i>Determinación experimental de la concentración de ácido acético en un vinagre comercial.</i> Disoluciones amortiguadoras	7. Reacciones de transferencia de electrones <i>Determinación experimental de la composición del agua oxigenada comercial por permanganimetría.</i> <i>Elaboración experimental de la escala de reactividad de algunos metales.</i>	10. Estudio de algunas funciones orgánicas	3. Cinética química Concepto de velocidad de reacción. Ecuaciones cinéticas. Teoría de las colisiones y teoría del estado de transición: energía de activación. Factores de los que depende la velocidad de reacción. Orden de reacción y mecanismos de reacción. <i>Acción de los catalizadores en una reacción química: importancia industrial y biológica.</i>	ARAGÓN
5. El equilibrio químico <i>Estudio experimental de los cambios de condiciones sobre el equilibrio</i>	6. Ácidos y bases <i>Disoluciones reguladoras y sus aplicaciones</i>	7. Introducción a la electroquímica <i>Algunos procesos electroquímicos industriales en Asturias (obtención de aluminio y cinc).</i>	8. Estudio de algunas funciones orgánicas Tipos principales de reacciones orgánicas		ASTURIAS

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

	Metodología científica Contenidos básicos	Estructura atómica y tabla periódica	Enlace químico	Termoquímica
ISLAS BALEARES	Contenidos generales <i>Técnicas de trabajo experimental y normas de seguridad en el laboratorio. Uso de las TIC (búsqueda de información y tratamiento de datos). Químicos más relevantes y científicos baleares destacados</i>	1. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos Espectros atómicos. Teoría cuántica. Números cuánticos. Principios de mínima energía y de exclusión de Pauli, y regla de Hund.	2. El enlace químico y propiedades de las sustancias Ciclo de Born-Haber. Variación de energía de red. Hibridación de orbitales atómicos. Importancia del H ₂ O y el H ₂ SO ₄ .	3. Termoquímica <i>Introducción a la termodinámica</i> <i>Determinación experimental de un calor de reacción.</i> <i>Valor energético de los nutrientes y de algunos alimentos propios de la dieta mediterránea.</i>
CANARIAS	I. Contenidos comunes <i>Acontecimientos clave en la historia de la química</i> <i>Relación de la química con el desarrollo tecnológico y consecuencias medioambientales, en particular en Canarias</i>	II. Estructura atómica y sistema periódico de los elementos químicos <i>La búsqueda de nuevos materiales. La nanotecnología</i>	III. El enlace químico y las propiedades de las sustancias Formulación y nomenclatura inorgánica <i>Importancia social, industrial y medioambiental del agua en Canarias</i>	V. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas <i>Importancia del uso de fuentes de energía renovables en Canarias</i>
CANTABRIA	I. Contenidos comunes	2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos	3. Enlace químico y propiedades de las sustancias	4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas
CASTILLA-LA MANCHA	Método científico: procedimientos y técnicas de trabajo	Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos	Enlace químico y propiedades de las sustancias	Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas
CASTILLA Y LEÓN	I. Contenidos comunes	2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos	3. Enlace químico y propiedades de las sustancias <i>Estudio de las propiedades del agua</i>	4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas Diagramas entálpicos
CATALUÑA	(Los contenidos comunes se integran en cada uno de los temas a través de las actividades experimentales propuestas)	1. La radiación, los átomos y las moléculas Relación entre la absorción de radiación IR y el efecto invernadero y entre la absorción de radiación UV y la concentración del ozono a la estratosfera. Espectroscopia IR, resonancia magnética nuclear y espectroscopia de masas Interpretación de las velocidades de difusión de los gases en función de su masa molecular. Elaboración del modelo de gas real Consideración de los factores de los cuales depende la fortaleza del enlace: longitud, polaridad y carácter simple, doble o triple del enlace. 2. Los cambios de energía en las reacciones químicas Concepto de entalpía reticular en relación en el modelo electrostático de sólido iónico. Determinación de la entalpía reticular. <i>Determinación experimental del calor de una reacción.</i> 5. La espontaneidad y velocidad de las reacciones químicas Mecanismo de reacción. Modelo de colisiones y del estado de transición. <i>Investigación bibliográfica de un proceso donde intervenga la catálisis.</i> <i>Catalizadores en vehículos, enzimas y CFC.</i> <i>Investigación experimental de la cinética de una reacción química, mediante un sistema de captación de datos.</i>		

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

Equilibrio químico	Ácidos y bases	Oxidación y reducción	Química orgánica	Otros contenidos	
4. Cinética y equilibrio químico <i>Catalizadores en seres vivos e industria</i> <i>Comprobación experimental del principio de Le Chatelier</i> <i>Aplicación a la obtención de NH₃</i> <i>Protección de la capa de ozono</i>	5. Reacciones de transferencia de protones Estudio de los óxidos y ácidos del N y el S. <i>La lluvia ácida</i> <i>Construcción de una curva de valoración a partir de los datos de una volumetría</i>	6. Reacciones de transferencia de electrones <i>Realización experimental de una valoración redox.</i> <i>Estudio experimental de la pila Daniell.</i>	7. Química del carbono. Estudio de algunas funciones orgánicas Fermentación de la glucosa y grado alcohólico.		ISLAS BALEARES
VII. Equilibrio químico	VIII. Reacciones de transferencia de protones Interpretación de curvas de valoración. <i>Importancia industrial del ácido sulfúrico.</i>	IX. Reacciones de transferencia de electrones	IV. Introducción a la química del carbono. Estudio de algunas funciones orgánicas. Isomería. Reacciones orgánicas. <i>Repercusiones del petróleo en Canarias.</i>	VI. Cinética química <i>Importancia biológica e industrial de los catalizadores. Influencia en el medioambiente de la destrucción catalítica del ozono</i>	CANARIAS
6. El equilibrio químico	7. Ácidos y bases	8. Introducción a la electroquímica	9. Estudio de algunas funciones orgánicas	5. Cinética química Velocidad de reacción. Factores. Ecuaciones cinéticas. Catálisis. <i>Importancia en los procesos industriales.</i>	CANTABRIA
5. El equilibrio químico	6. Ácidos y bases	7. Introducción a la electroquímica	8. Estudio de algunas funciones orgánicas		CASTILLA-LA MANCHA
5. El equilibrio químico	6. Ácidos y bases <i>Ácidos y bases de interés industrial: HNO₃, H₂SO₄ y NH₃</i>	7. Introducción a la electroquímica <i>Permanganimetría</i>	8. Estudio de algunas funciones orgánicas		CASTILLA Y LEÓN
3. El equilibrio de fases y equilibrio químico Diagramas de fases. <i>Observación experimental del sentido del desplazamiento de un equilibrio cuando se varía algún factor.</i> 4. Los equilibrios químicos iónicos <i>El pH del suelo en agricultura.</i> <i>Las disoluciones reguladoras en la sangre y los océanos</i> <i>Investigación de la variación del pH al diluir un ácido fuerte y un ácido débil.</i> <i>Interpretación de la curva de valoración de un ácido y una base fuerte y obtención por captación de datos.</i> <i>Investigación experimental de la capacidad reguladora del pH del agua mineral carbónica.</i> <i>Observación experimental de la redisolución de un precipitado por reacciones ácido-base y de formación de complejos</i>		6. Las pilas y celdas electrolíticas <i>La fotosíntesis y el catabolismo celular.</i> <i>Obtención de cloro y lejía a partir de la electrólisis de la salmuera.</i> <i>Funcionamiento de las pilas de combustible.</i> <i>Determinación experimental de la fuerza electromotriz de una pila.</i> <i>Investigación experimental de métodos para evitar la corrosión.</i> <i>Realización experimental de una electrólisis.</i>	(El estudio de las funciones orgánicas se aborda en 1.º de bachillerato)		CATALUÑA

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

	Metodología científica Contenidos básicos	Estructura atómica y tabla periódica	Enlace químico	Termoquímica
COMUNIDAD VALENCIANA	<p>1. Aproximación al trabajo científico</p> <p>2. Química-Técnica-Sociedad <i>Valoración crítica de las relaciones de la Química con la técnica e implicaciones de ambas en la sociedad.</i></p>	<p>3. Estructura de la materia</p> <p>Teoría cuántica. Números cuánticos. Principio de Pauli y regla de Hund. <i>Aplicación experimental de las propiedades periódicas al estudio de alguno de los grupos representativos.</i></p>	<p>5. El enlace químico según la Química moderna</p> <p>Parámetros moleculares. Hibridación de orbitales. Índice de coordinación Ciclo de Born-Haber. Modelo de los orbitales moleculares para el enlace metálico.</p>	<p>6. Termoquímica</p> <p>Sistemas termodinámicos. Primer y segundo principios de la termodinámica</p>
EXTREMADURA	<p>1. Contenidos comunes</p> <p>Uso de las TIC</p>	<p>2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos</p> <p>Revisión de los primeros modelos atómicos.</p>	<p>3. Enlace químico y propiedades de las sustancias</p> <p>Aspectos energéticos del enlace. Teoría de la hibridación.</p>	<p>5. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas</p> <p>Conceptos termodinámicos</p>
GALICIA	<p>1. Contenidos comunes</p> <p>Empleo de las TIC</p> <p><i>Análisis crítico de informaciones.</i></p> <p><i>Desarrollo sostenible y consecuencias medioambientales del desarrollo tecnológico. Aplicación a la realidad gallega</i></p> <p>Cálculos numéricos elementales en química.</p>	<p>2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos</p> <p><i>Importancia de Mendeleiev en el desarrollo de la química.</i></p>	<p>3. Enlace químico y propiedades de las sustancias</p> <p>Balace de energía en la formación de compuestos iónicos. Propiedades específicas del agua en relación con el enlace de hidrógeno.</p>	<p>4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas</p>
LA RIOJA	<p>1. Contenidos comunes</p> <p>Acotamiento del error en las medidas y datos obtenidos</p>	<p>3. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos</p> <p>Concepto de fotón, hipótesis de Planck, principio de incertidumbre e introducción a la idea de densidad de probabilidad y nube de carga. Modelo mecano-cuántico del átomo: orbitales atómicos y números cuánticos.</p>	<p>4. Enlace químico y propiedades de las sustancias</p> <p>Valencia iónica y covalente Teoría del enlace de valencia e hibridación</p>	<p>5. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas</p> <p>Energía de red iónica. Primer y segundo principios de la termodinámica</p>
MADRID	<p>1. Contenidos comunes</p>	<p>2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos</p> <p>Espectros atómicos. Teoría cuántica. Orbitales atómicos. Números cuánticos. Principio de Pauli y regla de Hund <i>Tabla periódica de Mendeleiev. Predicciones y defectos.</i></p>	<p>3. Enlace químico y propiedades de las sustancias</p> <p>Aspectos energéticos del enlace. Ciclo de Born-Haber. Teoría de la hibridación. Parámetros moleculares.</p>	<p>4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas</p> <p>Sistemas y variables termodinámicas. Primer y segundo principios de la termodinámica. Calor a volumen y a presión constante. Diagramas entálpicos</p>

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

Equilibrio químico	Ácidos y bases	Oxidación y reducción	Química orgánica	Otros contenidos	
8. Equilibrios químicos <i>Importancia industrial de los equilibrios de disolución-precipitación, su importancia industrial</i>	9. Reacciones de transferencia de protones Formulación y nomenclatura de todas las especies que intervienen en las reacciones de transferencia de protones Realización de ejercicios sobre la estequiometría dichas reacciones	10. Reacciones de transferencia de electrones. <i>Realización experimental de reacciones entre metales e iones de otros metales (por ejemplo el Fe y el Cu⁺²)</i>	12. La Química del carbono. Tipos de reacciones orgánicas <i>Importancia biológica de algunas macromoléculas naturales</i>	4. Química descriptiva Estudio de los grupos representativos Hidruros, óxidos y ácidos. 7. Cinética química. Velocidad de reacción y factores que influyen Ecuaciones cinéticas. <i>Catalizadores en procesos industriales</i> 11. Introducción a la química industrial: la química del NH ₃ y HNO ₃ .	COMUNIDAD VALENCIANA
6. El equilibrio químico	7. Ácidos y bases	8. Introducción a la electroquímica	9. Estudio de algunas funciones orgánicas	4. La materia. Cálculos en reacciones químicas Disoluciones. Leyes de los gases. Concepto de mol. Estequiometría.	EXTREMADURA
5. El equilibrio químico <i>Estudio experimental de las reacciones de precipitación</i>	6. Ácidos y bases <i>El problema de la lluvia ácida y sus consecuencias en Galicia.</i>	7. Introducción a la electroquímica <i>La producción de aluminio en Galicia.</i> <i>Diseño experimental de pilas</i>	8. Estudio de algunas funciones orgánicas	<i>Utilización de catalizadores en procesos industriales.</i>	GALICIA
5. Cinética química y equilibrio químico	7. Ácidos y bases Disoluciones reguladoras	8. Introducción a la electroquímica	9. Estudio de algunas funciones orgánicas Isomería	2. Introducción a la Química Revisión de la formulación y nomenclatura inorgánicas. Mol. Fórmulas empíricas y moleculares. Mezclas de gases: Disoluciones. Estequiometría.	LA RIOJA
5. El equilibrio químico Introducción a la cinética química	6. Ácidos y bases <i>Estudio de algunos ácidos y bases de interés industrial y en la vida cotidiana: amoníaco, ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico.</i>	7. Introducción a la electroquímica	8. Estudio de algunas funciones orgánicas Estudio de los principales tipos de reacciones orgánicas.		MADRID

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

	Metodología científica Contenidos básicos	Estructura atómica y tabla periódica	Enlace químico	Termoquímica
MURCIA	1. Contenidos comunes	3. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos Concepto de fotón, hipótesis de Planck, principio de incertidumbre e introducción a la idea de densidad de probabilidad y nube de carga. Modelo mecano-cuántico del átomo: orbitales atómicos y números cuánticos.	4. Enlace químico y propiedades de las sustancias Valencia iónica y covalente Teoría del enlace de valencia e hibridación	5. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas Energía de red iónica. Primer y segundo principios de la termodinámica
NAVARRA	(Los contenidos comunes se integrarán en cada uno de los bloques) Reconocimiento de las relaciones de la Química con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, Utilización correcta de los materiales, sustancias e instrumentos básicos de un laboratorio y respeto por las normas de seguridad en el mismo.	2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos Hipótesis de De Broglie. Principio de Heisenberg. Concepto de orbital y orbitales atómicos. Números cuánticos. Principio de Pauli y regla de Hund.	3. Enlace químico y propiedades de las sustancias Energía de red. Ciclo de Born-Haber Teoría de enlace de valencia. Hibridación de orbitales atómicos	4. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas
PAÍS VASCO	1. Contenidos comunes Técnicas de trabajo experimental y normas de seguridad y gestión de los residuos en el laboratorio. Actitudes propias del trabajo científico <i>Visión de la ciencia y contextualización social e histórica de los conocimientos científicos.</i> <i>Reconocimiento de las contribuciones de la ciencia a la sociedad.</i>	6. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos Interpretación del espectro del átomo de hidrógeno Hipótesis de De Broglie. Principio de incertidumbre de Heisenberg. Números cuánticos. Principio de exclusión de Pauli y regla de Hund. Orbitales atómicos.	7. Enlace químico y propiedades de las sustancias Índice de coordinación. Energía reticular de un sólido cristalino: ciclo de Born-Haber.	2. Transformaciones energéticas en las reacciones químicas. Espontaneidad de las reacciones químicas Primer y segundo principios de la termodinámica <i>Determinación experimental de la entalpía de una reacción</i>

Tabla 10. Contenidos de la asignatura de Química en España (continuación)

Equilibrio químico	Ácidos y bases	Oxidación y reducción	Química orgánica	Otros contenidos	
5. Cinética química y equilibrio químico	7 Ácidos y bases Disoluciones reguladoras	8. Introducción a la electroquímica	9. Estudio de algunas funciones orgánicas Isomería	2. Introducción a la Química Revisión de la formulación y nomenclatura inorgánica. Mol. Fórmulas empíricas y moleculares. Mezclas de gases: Disoluciones. Estequiometría.	MURCIA
5. El equilibrio químico Aspecto dinámico de las reacciones químicas Velocidad de reacción y factores que influyen en ella. Catalizadores y su funcionamiento.	6 Ácidos y bases	7. Introducción a la electroquímica	8. Estudio de algunas funciones orgánicas Estudio de algunos tipos de reacciones orgánicas.	1. Contenidos básicos. Formulación inorgánica. Isótopos. Masa atómica y molecular. Hipótesis de Avogadro. Concepto de mol. Disoluciones. Leyes de los gases. Estequiometría.	NAVARRA
3. El equilibrio químico	4 Ácidos y bases	5. Introducción a la electroquímica	8. Estudio de algunas funciones orgánicas		PAÍS VASCO

Como puede apreciarse en la Tabla 10, el primer bloque de contenidos hace referencia a contenidos comunes de la asignatura que, por su carácter transversal, deben ser tenidos en cuenta al desarrollar el resto, ocupándose de la adquisición de habilidades propias de la actividad científica –planteamiento de problemas, toma de decisiones, formulación de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, análisis de los resultados y búsqueda, selección y comunicación de información y de resultados utilizando la terminología adecuada–, aunque en el currículo de Química II de Cataluña este bloque de contenidos no se incluye de forma explícita. En algunas CC. AA. como Islas Baleares, Navarra y País Vasco se incluyen técnicas de trabajo experimental entre los contenidos de este bloque, así como normas de seguridad y gestión de los residuos en el laboratorio. En Andalucía, Asturias, Navarra y País Vasco se hace referencia en este bloque a las relaciones CTS y las consecuencias medioambientales, mientras que en Canarias y Galicia dichas consecuencias están contextualizadas a nivel local; por su parte, la Comunidad Valenciana introduce un bloque adicional en relación con este contenido. Otros aspectos contemplados en algunos currículos son el empleo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en Islas Baleares, Extremadura y Galicia, el tratamiento de errores en La Rioja, el análisis crítico de informaciones desde las teorías científicas en Galicia y algunas referencias al desarrollo histórico de la química en Islas Baleares, Canarias y País Vasco. Por otro lado, en Extremadura, La Rioja, Murcia y Navarra se añade un tema introductorio de repaso de algunos contenidos básicos de química –como formulación inorgánica, concepto de mol, estudio de gases y disoluciones, estequiometría, etc.– estudiados en cursos anteriores.

En los restantes bloques de contenidos, las diferencias entre CC. AA. son, en general, menos patentes, aunque en algunos currículos –Aragón, Canarias, Cantabria y Comunidad Valenciana– se incluye un bloque sobre cinética química y, en la Comunidad Valenciana, otros dos bloques adicionales dedicados a la química descriptiva e industrial. Sin embargo, el currículo de Química II de Cataluña presenta marcadas diferencias, debido en parte a que la mayor asignación horaria concedida a la química en 1.º de bachillerato permite una reorganización de los contenidos de ambos cursos. Así, en 2.º de bachillerato se omiten algunos de los bloques abordados en Química I –como la estructura atómica y el estudio de la química orgánica–, profundizándose más en las aplicaciones de la química y en diversas técnicas experimentales, lo que incluye el desarrollo de diez prácticas de laboratorio. Aragón también destaca por la inclusión en su currículo de nueve

actividades experimentales, mientras que la mayoría de los currículos se limitan a las dos prácticas que se citan en el Real Decreto.

En el último apartado del Real Decreto 1467/2007 correspondiente al currículo de Química se incluyen los siguientes criterios de evaluación (p. 45452):

1. Analizar situaciones y obtener información sobre fenómenos químicos utilizando las estrategias básicas del trabajo científico.
2. Aplicar el modelo mecánico-cuántico del átomo para explicar las variaciones periódicas de algunas de sus propiedades.
3. Utilizar el modelo de enlace para comprender tanto la formación de moléculas como de cristales y estructuras macroscópicas y utilizarlo para deducir algunas de las propiedades de diferentes tipos de sustancias.
4. Explicar el significado de la entalpía de un sistema y determinar la variación de entalpía de una reacción química, valorar sus implicaciones y predecir, de forma cualitativa, la posibilidad de que un proceso químico tenga o no lugar en determinadas condiciones.
5. Aplicar el concepto de equilibrio químico para predecir la evolución de un sistema y resolver problemas de equilibrios homogéneos, en particular en reacciones gaseosas, y de equilibrios heterogéneos, con especial atención a los de disolución-precipitación.
6. Aplicar la teoría de Brönsted para reconocer las sustancias que pueden actuar como ácidos o bases, saber determinar el pH de sus disoluciones, explicar las reacciones ácido-base y la importancia de alguna de ellas así como sus aplicaciones prácticas.
7. Ajustar reacciones de oxidación-reducción y aplicarlas a problemas estequiométricos. Saber el significado de potencial estándar de reducción de un par redox, predecir, de forma cualitativa, el posible proceso entre dos pares redox y conocer algunas de sus aplicaciones como la prevención de la corrosión, la fabricación de pilas y la electrólisis.

Las distintas CC. AA. matizan estos criterios de evaluación en los correspondientes decretos en relación con los contenidos desarrollados en los mismos. Algunos aspectos destacados son la descripción de una investigación experimental en Cataluña y la elaboración de monografías e informes relacionados con el trabajo documental y/o experimental en el País Vasco.

2.3.2. Reino Unido: currículo de química para la obtención del *A level*

Como ya se expuso anteriormente, el departamento gubernamental encargado de fijar las líneas directrices de los currículos para la obtención del *A level* fue, hasta 2011, QCA, que en ese año pasó a denominarse Ofqual. QCA publicó en 2006 los criterios correspondientes al área de Ciencias –biología, química, física, psicología, geología, electrónica y ciencias ambientales–, para la obtención de dicho certificado, siendo ratificados en 2011 por Ofqual y permaneciendo vigentes en la actualidad con leves modificaciones. Los objetivos establecidos para todas las materias científicas fueron los siguientes (Office of Qualifications and Examinations Regulator, 2011, 2014; QCA, 2006):

- (a) Fomentar el interés y entusiasmo por la asignatura, contribuyendo a despertar intereses de cara a su profundización en estudios posteriores
- (b) Aprender cómo la sociedad toma decisiones sobre cuestiones científicas y cómo las ciencias contribuyen a mejorar la economía y la sociedad.
- (c) Profundizar en las habilidades, el conocimiento y la comprensión del trabajo científico
- (d) Conocer y comprender las diferentes áreas de la asignatura y el modo en que estas se relacionan entre sí.

En estos documentos se fija el 60% del currículo de cada materia. El 40% restante es competencia de las juntas examinadoras, que deben integrar en el currículo de cada materia las habilidades y los diversos aspectos –éticos, sociales, medioambientales, económicos, políticos, culturales, tecnológicos, etc.– que permitan a los alumnos una aproximación a la actividad científica siguiendo las pautas que se detallan a continuación:

- Utilizar teorías, modelos y conceptos para desarrollar y modificar explicaciones científicas.
- Utilizar sus conocimientos para plantear cuestiones científicas, definir problemas y presentar argumentos e ideas.
- Utilizar la metodología adecuada, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), para responder preguntas científicas y resolver problemas.
- Llevar a cabo actividades experimentales y de investigación, valorando adecuadamente los riesgos que implican, en diversos contextos.
- Analizar e interpretar datos para aportar evidencias, reconociendo correlaciones y relaciones causales.

- Evaluar metodologías, evidencias y datos, y resolver conflictos entre evidencias.
- Valorar el carácter provisional del conocimiento científico.
- Comunicar informaciones e ideas de manera apropiada utilizando la terminología adecuada.
- Considerar las aplicaciones e implicaciones de la ciencia y apreciar los beneficios y riesgos asociados.
- Considerar las cuestiones éticas en los tratamientos con seres humanos, otros organismos y el medio ambiente.
- Valorar el papel de la comunidad científica a la hora de validar nuevos conocimientos y garantizar su integridad.
- Apreciar las formas en que la sociedad utiliza la ciencia para fundamentar la toma de decisiones.

El *A level* de química comprende seis unidades de evaluación, tres para el AS y tres para el A2. En cada nivel, una de las unidades se ocupa de la evaluación de las actividades experimentales prescritas –seis en cada curso– y se evalúa internamente, aunque puede optarse por una evaluación mixta que incluye un test sobre dichas actividades.

Los contenidos de química se agrupan en los siguientes bloques:

- Fórmulas, ecuaciones y cantidades de sustancia (conceptos básicos)
- Estructura atómica
- Enlace y estructura
- Termoquímica
- Cinética
- Equilibrio
- Redox
- Química inorgánica
- Química orgánica
- Técnicas analíticas

En la Tabla 11 se detallan los contenidos correspondientes a los distintos bloques distribuidos por cursos, así como las especificaciones que añade al currículo la junta examinadora mayoritaria, AQA. Las aportaciones realizadas por AQA (2007) al currículo publicado por los organismos reguladores se resaltan en azul, los aspectos sociales y aplicados de la química están en cursiva y los aspectos experimentales en cursiva y negrita.

Tabla 11. Currículo de la asignatura de Química para el A level (AQA) (continúa)

	Conceptos básicos	Estructura atómica	Enlace y estructura	Termoquímica	Cinética	Equilibrio
AS LEVEL	<p>Masa atómica y molecular relativas</p> <p>Mol y número de Avogadro</p> <p>Ecuación de los gases ideales</p> <p>Fórmulas empírica y molecular</p> <p>Ecuaciones ajustadas y cálculos asociados</p> <p><i>Realizar una disolución volumétrica</i></p> <p><i>Determinar la masa molecular de un líquido volátil o de un gas</i></p> <p><i>Determinar la concentración de una disolución de HCl mediante una valoración ácido-base</i></p>	<p>Partículas fundamentales</p> <p>Protones, neutrones y electrones</p> <p>Número másico e isótopos</p> <p>Configuración electrónica</p> <p>Clasificación de los elementos en bloques s, p y d</p> <p>Tendencias periódicas en los elementos de un periodo (periodo 3)</p>	<p>Naturaleza de los enlaces iónicos, covalentes y metálicos</p> <p>Polaridad del enlace</p> <p>Fuerzas intermoleculares</p> <p>Estados de la materia</p> <p>Formas de moléculas simples e iones</p>	<p>Variación de entalpía (ΔH) y entalpías estándar</p> <p>Uso de la ley de Hess para el cálculo de ΔH</p> <p>Entalpías de enlace</p> <p><i>Calorimetría</i></p> <p><i>Medida de un cambio de entalpía</i></p>	<p>Teoría de las colisiones</p> <p><i>Distribución de Maxwell-Boltzmann</i></p> <p>Efecto de la temperatura y la concentración en la velocidad de reacción</p> <p>Catalizadores</p> <p><i>Origen del agujero en la capa de ozono</i></p> <p><i>Investigar la variación de la velocidad de una reacción con la temperatura</i></p>	<p>Naturaleza dinámica del equilibrio</p> <p>Efectos cualitativos de los cambios de presión, temperatura y concentración en un sistema en equilibrio</p> <p><i>Importancia del equilibrio en procesos industriales</i></p>
A2 LEVEL				<p>Termodinámica</p> <p>Variación de entalpía (ΔH)</p> <p>Variación de energía libre (ΔG) y de entropía (ΔS)</p>	<p>Ecuaciones de velocidad sencillas</p> <p>Determinación de las ecuaciones de velocidad</p> <p><i>Realizar un estudio cinético para determinar el orden de una reacción.</i></p>	<p>Constante de equilibrio K_c para sistemas homogéneos</p> <p>Efectos cualitativos de los cambios de temperatura y concentración</p> <p><i>Determinar una constante de equilibrio</i></p> <p>Equilibrios ácido-base de Brønsted-Lowry en disolución acuosa</p> <p>Definición y determinación del pH. Producto iónico del agua</p> <p>Ácidos y bases débiles. K_a para ácidos débiles</p> <p><i>Curvas de pH, valoraciones e indicadores</i></p> <p>Disoluciones reguladoras. <i>Aplicaciones de las disoluciones reguladoras</i></p> <p><i>Investigar cómo cambia el pH cuando reacciona un ácido débil con una base fuerte o un ácido fuerte con una base débil</i></p>

Tabla 11. Currículo de la asignatura de Química para el *A level* (AQA) (continuación)

Redox	Química inorgánica	Química orgánica	Técnicas analíticas	
<p>Oxidación y reducción</p> <p>Estados de oxidación</p> <p>Ecuaciones redox</p>	<p>Estudio de un grupo de no metales y de sus compuestos (17, halógenos): tendencias en sus propiedades físicas, su poder oxidante y en el poder reductor de los iones haluro</p> <p><i>Identificación de iones haluro usando nitrato de plata</i></p> <p><i>Usos del cloro y el hipoclorito</i></p> <p>Estudio de un grupo de metales y de sus compuestos (2, alcalino-térreos)</p> <p>Tendencias en sus propiedades físicas y químicas</p> <p><i>Aplicaciones de Mg(OH)₂ y BaSO₄ en medicina y de Ca(OH)₂ en agricultura</i></p> <p>Principios de la extracción de metales. <i>Aspectos medioambientales</i></p> <p><i>Ventajas medioambientales y económicas del reciclaje de chatarra</i></p> <p><i>Desarrollar algunos test inorgánicos</i></p>	<p>Nomenclatura de hidrocarburos alifáticos, haloalcanos y alcoholes</p> <p>Isomería estructural y geométrica</p> <p><i>Destilación fraccionada del petróleo</i></p> <p><i>Modificación de alcanos por craqueo.</i></p> <p><i>Combustión de alcanos. Contaminantes producidos en la combustión</i></p> <p><i>Gases de efecto invernadero</i></p> <p>Haloalcanos: síntesis, sustitución nucleófila y reacciones de eliminación</p> <p>Alquenos: estructura, enlace y reactividad</p> <p>Reacciones de adición de alquenos</p> <p>Polimerización de alquenos</p> <p><i>Usos del poli(eteno) y el poli(propeno)</i></p> <p>Alcoholes: clasificación y reacciones</p> <p>Obtención de etanol (<i>fermentación</i>)</p> <p><i>Los alcoholes como biocombustibles</i></p> <p><i>Destilar un producto de una reacción.</i></p> <p><i>Realizar algunos test orgánicos.</i></p> <p><i>Investigar la combustión de los alcoholes</i></p>	<p>Espectrometría de masas</p> <p>Espectroscopía de infrarrojos</p> <p><i>Absorción de radiación infrarroja y calentamiento global</i></p>	AS LEVEL
<p>Equilibrios redox</p> <p>Ecuaciones redox</p> <p>Potenciales de electrodo</p> <p>Serie electroquímica</p> <p>Celdas electroquímicas</p> <p><i>Aplicaciones de las celdas electroquímicas como fuente comercial de energía eléctrica</i></p> <p><i>Las pilas de combustible de hidrógeno-oxígeno como fuente de energía y los peligros asociados a su uso</i></p> <p><i>Realizar una valoración redox</i></p>	<p>Estudio de las reacciones de los elementos de un período y de sus compuestos para ilustrar las tendencias periódicas (período 3)</p> <p>Un estudio de las propiedades ácido-base de los óxidos de los elementos del período 3</p> <p>Propiedades generales de los metales de transición: estados de oxidación variables, formación de complejos, formación de iones coloreados, comportamientos catalítico (al menos dos ejemplos de cada propiedad, escogidos del titanio al cobre)</p> <p><i>Convertidores catalíticos</i></p> <p><i>Envenenamiento de catalizadores por impurezas (Pb, S) y su repercusión económica</i></p> <p><i>Otras aplicaciones de los complejos de metales de transición</i></p> <p>Reacciones de los compuestos inorgánicos en disolución acuosa</p> <p><i>Investigar la química de los compuestos con metales de transición</i></p> <p><i>Preparar un complejo inorgánico</i></p>	<p>Nomenclatura orgánica</p> <p>Estereoisomería</p> <p><i>Importancia de la stereoquímica en la salud</i></p> <p>Aldehídos y cetonas</p> <p>Ácidos y ésteres carboxílicos</p> <p>Reacciones de acilación</p> <p><i>Aplicaciones de los ésteres</i></p> <p>Compuestos aromáticos: deslocalización electrónica y estabilidad</p> <p>Sustitución electrófila en compuestos aromáticos</p> <p>Aminas: comportamiento básico y propiedades nucleófilas</p> <p>Aminoácidos: propiedades ácidas y básicas</p> <p>Proteínas</p> <p>Polímeros de adición y de condensación</p> <p><i>Biodegradabilidad y eliminación de polímeros</i></p> <p><i>Preparar un sólido orgánico</i></p> <p><i>Purificar un sólido orgánico</i></p> <p><i>Comprobar la pureza de un sólido orgánico</i></p>	<p>Espectrometría de masas</p> <p>Espectroscopia de infrarrojos</p> <p>Resonancia magnética nuclear</p> <p>Cromatografía</p>	A2 LEVEL

2.3.3. Irlanda: currículo de química para la obtención del *Leaving Certificate*

El *Department of Education and Science* –actualmente, *Department of Education and Skills*– estableció en 1999 el currículo de química para la obtención del *Leaving Certificate* que continúa vigente en la actualidad. En su preámbulo expone que la educación científica en el *Senior Cycle* debe tener en cuenta la importancia creciente de la ciencia para el desarrollo del país, incorporando los siguientes elementos (Department of Education and Science, 1999):

- Ciencia pura, incluyendo los principios, procedimientos y conceptos de la asignatura, así como aspectos de su cultura e historia.
- Ciencia para la acción, es decir, aplicaciones de la ciencia y su relación con la tecnología.
- Ciencia para la ciudadanía, ocupándose de los aspectos políticos, sociales y económicos de la ciencia.

El documento expone que los tres componentes deben integrarse en cada currículo científico, asignando al primero una ponderación del 70%, y el resto a los otros dos componentes en una relación 3 a 1. Por otro lado, se persigue una enseñanza de la química fundamentalmente experimental, por lo que se especifican un total de 28 experiencias de laboratorio obligatorias para el *Higher level* –21 en el caso del *Ordinary level*– además de un amplio número de experiencias de cátedra.

Los objetivos generales marcados para la enseñanza de la química son:

- Estimular y mantener el interés de los estudiantes de la química y su disfrute.
- Proporcionar todos los contenidos relevantes para los estudiantes que completarán sus estudios de química en este nivel.
- Proporcionar un curso básico de química a aquellos estudiantes que continuarán sus estudios en química o en materias afines.
- Fomentar la apreciación de los aspectos científicos, sociales, económicos, medioambientales y tecnológicos de la química y una comprensión del desarrollo histórico de la química.
- Ilustrar cómo la humanidad se ha beneficiado del estudio y la práctica de la química.
- Desarrollar la apreciación por el método científico y el pensamiento racional.

- Desarrollar habilidades relativas a procedimientos y técnicas de laboratorio, realizadas respetando las normas de seguridad, junto con la capacidad de evaluar los usos y limitaciones de estos procedimientos.
- Desarrollar habilidades de observación, análisis, evaluación, comunicación y resolución de problemas.

Además, se pretende que los estudiantes alcancen:

- (1) Conocimientos: terminología química básica, hechos, principios y métodos; teorías científicas y sus limitaciones; aspectos sociales, históricos, ambientales, tecnológicos y económicos de la química.
- (2) Comprensión: relación de la química con la vida cotidiana; información científica en forma verbal, gráfica y matemática; principios químicos básicos; resolución de problemas químicos; aplicación del método científico a la química.
- (3) Habilidades: seguir adecuadamente las instrucciones dadas; realizar experimentos de forma segura y cooperativa; seleccionar y manipular los aparatos adecuados para realizar tareas específicas; realizar observaciones y mediciones precisas; interpretar datos experimentales y evaluar la precisión de los resultados.
- (4) Capacidades: interpretar información científica expresada en forma verbal, gráfica y matemática; organizar ideas y enunciados químicos y exponer claramente conceptos y teorías químicas; describir los procedimientos y resultados experimentales de manera concisa, precisa y comprensible; explicar fenómenos cotidianos y desconocidos aplicando leyes y principios conocidos; utilizar hechos y principios químicos para hacer predicciones químicas; realizar cálculos químicos simples; identificar problemas públicos y conceptos erróneos relacionados con la química y analizarlos críticamente.
- (5) Actitudes: los avances en la química y su influencia en nuestras vidas; contribuciones de la química al desarrollo social y económico; profesiones que utilizan la química y modo en que trabajan los químicos.

En la Tabla 12 se muestran los contenidos obligatorios –bloques 1 a 9– y optativos –1A/1B y 2A/2B, de los que cada estudiante debe elegir uno y que en la tabla están resaltados en azul– incluidos en el *Higher Level*. Por otro lado el currículo detalla los aspectos sociales y aplicados para cada bloque –que en la tabla se señalan en cursiva– y las actividades a realizar –solo se han indicado, en cursiva y negrita, las de tipo experimental–.

Tabla 12. Currículo de la asignatura de Química para el *Leaving Certificate* (continúa)

Conceptos básicos	Estructura atómica	Enlace químico	Termoquímica	Cinética y equilibrio
<p>3.1. Estados de la materia</p> <p>3.2. Leyes de los gases</p> <p>3.3. El mol</p> <p>3.4 Fórmulas químicas</p> <p>3.5. Ecuaciones químicas</p> <p><i>Desarrollo histórico de la idea de elemento.</i></p> <p><i>Determinación de la masa molecular relativa de un líquido volátil</i></p> <p>4.1. Concentración de las disoluciones</p> <p>4.3. Análisis volumétrico</p> <p><i>Uso de% (v / v) como graduación alcohólica</i></p> <p><i>Preparación de una solución estándar de carbonato de sodio</i></p> <p><i>Determinación de la cantidad de agua de cristalización en carbonato de sodio hidratado</i></p>	<p>1.1. Tabla periódica</p> <p>1.2. Estructura atómica</p> <p>1.3. Radioactividad</p> <p>1.4. Estructura electrónica de los átomos</p> <p><i>Desarrollo histórico de la tabla periódica</i></p> <p><i>Desarrollo histórico de la teoría atómica.</i></p> <p><i>Descubrimiento de la radiactividad</i></p> <p><i>Usos de radioisótopos</i></p> <p><i>Espectrometría de absorción atómica: luces de sodio y fuegos artificiales</i></p> <p><i>Ensayos a la llama</i></p> <p>2.4. Electronegatividad</p>	<p>2.1. Compuestos químicos</p> <p>2.2. Enlace iónico</p> <p>2.3. Enlace covalente</p> <p>2.5. Formas de moléculas y fuerzas intermoleculares</p> <p><i>Materiales iónicos y covalentes (polares y no polares) en la vida cotidiana</i></p> <p><i>Pruebas de aniones en soluciones acuosas.</i></p> <p>2A.1. Cristales</p> <p><i>Contribuciones de Bragg y Dorothy Hodgkin: a la determinación de las estructuras cristalinas</i></p> <p><i>El descubrimiento de los fullerenos</i></p>	<p>5.4. Reacciones exotérmicas y endotérmicas</p> <p>5.6. Otros combustibles químicos (hidrógeno, etino...)</p> <p><i>Uso de la bomba calorimétrica para determinar los valores energéticos de los alimentos.</i></p> <p><i>Descomposición de desechos animales y vegetación como fuentes de metano</i></p> <p><i>El metano como contribuyente al efecto invernadero</i></p> <p><i>Soldadura oxiacetilénica. y oxicorte</i></p> <p><i>Explosiones de polvo.</i></p> <p><i>Determinación del calor de reacción del ácido clorhídrico con hidróxido de sodio.</i></p>	<p>6.1. Velocidad de reacción</p> <p>6.2. Factores que afectan a la velocidad de reacción</p> <p><i>Enzimas como catalizadores producidos por células vivas.</i></p> <p><i>Convertidores catalíticos</i></p> <p><i>Monitorización de la velocidad de formación de oxígeno a partir de peróxido de hidrógeno.</i></p> <p><i>Estudio de los efectos sobre la velocidad de reacción de la concentración y la temperatura</i></p> <p>8.1. Equilibrio químico</p> <p>8.2. Principio de Le Chatelier</p> <p><i>Aplicación industrial del Chatelier en la oxidación catalítica de dióxido de azufre a trióxido de azufre y en el proceso Haber</i></p> <p><i>Experimentos sencillos para ilustrar el principio de Le Chatelier</i></p>

Tabla 12. Currículo de la asignatura de Química para el Leaving Certificate (continuación)

Ácidos y bases	Oxidación y reducción	Química orgánica	Química ambiental e industrial
<p>4.2. Ácidos y bases <i>Ácidos y bases domésticos</i> <i>Ejemplos cotidianos de neutralización</i> Estandarización de una solución de ácido clorhídrico utilizando una solución estándar de carbonato de sodio Determinación de la concentración de ácido etanoico en vinagre 9.1. Escala de pH Determinación del pH</p>	<p>1.5. Oxidación y reducción <i>Blanqueadores como ejemplos de agentes oxidantes o reductores</i> <i>Oxidación del hierro.</i> <i>Tratamiento del agua en piscinas.</i> <i>Utilización de chatarra para extraer cobre.</i> <i>Galvanoplastia.</i> <i>Purificación del cobre.</i> <i>Cromado y niquelado.</i> Reacciones redox de elementos del grupo VII Valoración de permanganato de potasio con sulfato de amonio y hierro (II). 2.6. Números de oxidación 2B.1. Metales 2B.2. La serie electroquímica 2B.3. Electrólisis de sales fundidas 2B.4. Corrosión 2B.5. Metales muy electropositivos (Na y Al) 2B.6. Metales de transición <i>Contribuciones de Galvani, Volta, Davy y Faraday.</i> <i>Prevención de la corrosión (galvanizado y revestimiento superficial).</i> <i>Capas protectoras sobre Al y Cr.</i> <i>Ánodos de sacrificio.</i> <i>Usos del hierro y el acero</i> <i>Aspectos ambientales de la producción de hierro y acero.</i></p>	<p>5.1. Fuentes de hidrocarburos 5.2. Estructura de los hidrocarburos alifáticos 5.3. Hidrocarburos aromáticos 5.5. Refinación del petróleo y sus productos. <i>Aplicaciones de los hidrocarburos como combustibles.</i> <i>La industria petroquímica</i> 7.1. Carbonos con estructura tetraédrica 7.2. Carbonos con estructura plana 7.3. Tipos de reacciones orgánicas 7.4. Productos naturales orgánicos 7.5. Cromatografía e instrumentación en química orgánica <i>Aplicaciones de compuestos orgánicos (propanona, etanoato de etilo) como disolventes.</i> <i>La fermentación como fuente de etanol</i> <i>Aplicaciones de los alquenos en la fabricación de plásticos.</i> <i>Uso de ácido propanoico y ácido benzoico y sus sales como conservantes de alimentos</i> <i>Grasas como ésteres naturales</i> <i>Aromas de ésteres.</i> <i>Compuestos aromáticos en colorantes, indicadores ácido-base, detergentes, herbicidas y productos farmacéuticos</i> <i>Naturaleza cancerígena de algunos compuestos aromáticos</i> <i>Utilización de la cromatografía en análisis forense.</i> <i>Análisis de gases en vertederos de desechos y trazas de contaminantes orgánicos en el agua.</i> <i>Pruebas de drogas en deportistas; pruebas de alcohol en sangre.</i> <i>Promotores del crecimiento en la carne; vitaminas en los alimentos.</i> <i>Determinación cuantitativa de compuestos orgánicos</i> Preparación y propiedades del eteno Preparación y propiedades del etino. Recristalización del ácido benzoico y determinación de su punto de fusión. Preparación de jabón Preparación y propiedades del etanal. Preparación y propiedades del ácido etanoico. Extracción de aceite de clavo Separación de una mezcla de indicadores. 2A.2. Polímeros de adición <i>Importancia y ventajas industriales y domésticas de los polímeros de adición en plásticos y fibras</i> <i>Descubrimientos del HDPE, el LDPE y el teflón</i> <i>Reciclaje de plásticos, ejemplificado por el reciclaje de poliestireno</i></p>	<p>9.2. Dureza del agua 9.3. Tratamiento de aguas <i>Eliminación de dureza por ebullición e intercambio iónico.</i> <i>Análisis de metales pesados en agua</i> <i>Análisis de fertilizantes en agua</i> <i>Contaminantes químicos orgánicos.</i> Colorimetría para estimar el cloro libre en el agua de piscinas o lejías Determinación de sólidos totales suspendidos y disueltos. Estimación de la dureza total utilizando AEDT Estimación del oxígeno disuelto por valoración redox 1A.1. Principios generales de química industrial 1A.2. Estudio de caso de química industrial <i>Conciencia de las contribuciones de la química a la sociedad.</i> <i>Conocimiento de la gama y alcance de la industria química irlandesa</i> <i>Uso de la urea y el nitrato de amonio como fertilizantes</i> <i>MgO como material resistente al calor en las paredes de los hornos.</i> 1B.1. Oxígeno 1B.2. Nitrógeno 1B.3. Dióxido de carbono 1B.4. Contaminación atmosférica 1B.5. La capa de ozono <i>CO en el humo de los cigarrillos y los gases de escape de los vehículos.</i> <i>CO₂ en las bebidas carbonatadas.</i> <i>Gases de efecto invernadero y sus efectos relativos</i> <i>Reducción de los niveles de CO₂ atmosférico al disolverse en el océano.</i> <i>Lluvia ácida y sus efectos sobre el medio ambiente.</i> <i>Depuración de gases residuales mediante caliza.</i></p>

2.3.4. Análisis comparativo de los currículos de química para el acceso a la universidad de España, Reino Unido e Irlanda

En este apartado, a partir de la descripción de los currículos que se ha desarrollado en los epígrafes previos y de otros datos extraídos de fuentes oficiales, se realizará un estudio comparativo de los citados currículos, así como de los aspectos relacionados con los exámenes de acceso a la universidad correspondientes.

(1) Objetivos

En relación con los objetivos meramente cognitivos, todos los planes de estudio hacen alusión a la adquisición de los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química; no obstante, también insisten en sus limitaciones y en su carácter tentativo y evolutivo, lo que conduce en el currículo irlandés a mencionar explícitamente la importancia de comprender el desarrollo histórico de la química.

En lo que concierne a los aspectos más relacionados con la actividad científica, los objetivos marcados en el Real Decreto 1467/2007 mencionan de forma genérica la utilización de las estrategias empleadas en la construcción de los conocimientos químicos, si bien en varias CC. AA. se concreta más la aplicación del método científico a la química, de manera similar a la que se desarrolla en los currículos británico e irlandés. Además, todos los currículos aluden entre sus objetivos a una familiarización con el uso de la terminología científica. En el campo específico del trabajo experimental, todos los currículos analizados hacen referencia entre sus objetivos a una familiarización con el diseño y realización de experimentos químicos, el uso del instrumental de laboratorio y las normas de seguridad a seguir.

Las aplicaciones de la química en la vida cotidiana y sus contribuciones a la mejora de la calidad de vida se hacen explícitas dentro de los objetivos de los tres currículos nacionales estudiados, así como los posibles riesgos asociados. En España se mencionan además las contribuciones de la química al logro de la sostenibilidad y de estilos de vida saludables, mientras que los objetivos de los currículos para el Reino Unido e Irlanda inciden en la toma de decisiones sobre cuestiones científicas por parte de la sociedad.

Algunos aspectos específicos de los objetivos del currículo de química español son el uso de las TIC para obtener y ampliar información procedente de diferentes fuentes y el reconocimiento de los principales retos a los que se enfrenta la investigación química

en la actualidad; por su parte, Reino Unido e Irlanda aluden en dichos objetivos a la importancia de fomentar el interés y entusiasmo por la asignatura y de despertar intereses de cara a su profundización en estudios posteriores. Por último, en Irlanda se hace además mención a la finalidad terminal del estudio de la química preuniversitaria, de forma que se proporcionen todos los contenidos relevantes para los alumnos que completarán sus estudios de química en este nivel, incidiendo al mismo tiempo en la importancia de dar a conocer las profesiones que utilizan la química y el modo en que estos profesionales trabajan.

(2) Contenidos

A nivel teórico, los temas cubiertos por los currículos son muy similares en los tres países objeto de estudio, incluyendo en todos los casos los principios básicos relacionados con la estructura de la materia y las reacciones químicas –centrados especialmente en los aspectos energéticos y en los equilibrios químicos–, además de desarrollar una introducción a la química orgánica de variada extensión. Algunos contenidos no están presentes en todos los planes de estudios analizados, como es el caso de las técnicas analíticas –que se abordan en Irlanda y Reino Unido y que en España solo se incluyen en el currículo de Cataluña–, la química industrial –en Irlanda y en la Comunidad Valenciana–, la química ambiental –en Irlanda– y la química inorgánica descriptiva –en Reino Unido y la Comunidad Valenciana–. Los contenidos relacionados con la actividad científica se incluyen en todos los currículos estudiados y en nuestro país constituyen un bloque de contenidos independiente «que por su carácter transversal, deberán ser tenidos en cuenta al desarrollar el resto» (Real Decreto 1467/2007, p. 45451); sin embargo, al analizar los currículos de las distintas CC. AA., se pone de manifiesto que dicha integración no se ha hecho efectiva en la mayoría de los casos.

(3) Nivel de profundización

A pesar de que los contenidos incluidos en todos los planes de estudios analizados guardan bastante similitud, el nivel de profundización que se les otorga varía considerablemente, de forma que en cada país se suelen priorizar contenidos diferentes, encontrándose también variaciones significativas entre algunas CC. AA. españolas.

Los contenidos teóricos tienen un nivel similar en la mayoría de los currículos españoles, aunque en algunos –como Aragón, Islas Baleares, Comunidad Valenciana, La Rioja, Madrid, Murcia, Navarra y País Vasco– se incluyen ítems –especialmente en lo

que concierne a la estructura de la materia y la termoquímica— que requieren una mayor abstracción y el manejo de herramientas matemáticas más complejas. En el Reino Unido se observa un nivel similar al de nuestro país en la mayoría de los contenidos teóricos comunes a ambas naciones y requiere el uso de las mismas herramientas matemáticas; sin embargo, la profundización que se alcanza en lo relativo a la química orgánica es muy superior a la del currículo español, así como en lo que concierne a la aplicación de procedimientos relacionados con la actividad científica en todos los bloques de contenidos. En el currículo irlandés, la formación teórica que se persigue tiene un carácter más generalista y solo requiere el uso de herramientas matemáticas básicas, mientras que en lo relativo a los aspectos sociales y aplicados de la química alcanza una profundización mucho mayor que los otros currículos analizados; concretamente, se presta especial atención al desarrollo histórico de la química, centrándose en los descubrimientos clave y los científicos y científicas más relevantes.

En relación con el trabajo experimental, el Real Decreto 1467/2007 menciona explícitamente dos actividades de laboratorio para la asignatura de Química —tratamiento experimental de las volumetrías ácido-base y de las volumetrías redox—, si bien también se hace alusión a la determinación de un calor de reacción sin especificar su tratamiento experimental; además, incluye en 1.º de bachillerato una actividad experimental relacionada con la velocidad de reacción. Los currículos de las distintas CC. AA. varían considerablemente en estos aspectos, destacando Aragón —que incluye nueve actividades experimentales en 2.º de bachillerato— y Cataluña —con diez actividades de este tipo—, mientras que diez de las CC. AA. se limitan a las dos prácticas de laboratorio incluidas en los contenidos mínimos para 2.º de bachillerato. Por el contrario, en Reino Unido e Irlanda la profundización en el carácter experimental de la química es muy superior y está especificada en sus currículos a nivel nacional, de forma que para la obtención del *A level* se establecen doce prácticas obligatorias para el *Key Stage 5* —seis en el *Year 12* y seis en el *Year 13*— y, para el *Leaving Certificate*, un total 28 actividades de este tipo a lo largo del *Senior Cycle* si se quiere optar al *Higher Level* en Química, reduciéndose a 21 en el caso del *Ordinary Level*.

El nivel de profundización que se propone en los distintos aspectos del currículo —especialmente en los experimentales, que requieren invertir más tiempo en su desarrollo— guarda cierta relación con la carga lectiva que se otorga a la química en los respectivos planes de estudio de educación secundaria superior. Así, en el Reino Unido —donde los

alumnos solo suelen cursar cuatro materias en el curso 12 y tres en el curso 13– la carga lectiva es la más elevada, si bien no hay una distribución horaria previamente establecida (Ofqual, 2015). En Irlanda, cuyos estudiantes preuniversitarios suelen elegir seis o siete materias para cursar en ambos cursos de secundaria superior, el desarrollo de esta asignatura está fijado en cinco periodos lectivos semanales de 40 minutos en cada curso (Department of Education and Skills, 1999). En España, donde lo habitual es cursar nueve materias en 1.º de bachillerato y ocho en 2.º, las distintas leyes autonómicas (ver Tabla 1) fijan en cuatro horas semanales la dedicación a cada una de las materias de modalidad, lo que supone una media de dos horas semanales de química en 1.º de bachillerato –donde la química representa aproximadamente el 50% de la asignatura Física y química– y cuatro en 2.º, con la excepción de Cataluña, donde la separación entre Física I y Química I se traduce en un total de cuatro horas semanales de química en ambos cursos.

(4) Nivel de concreción

Los currículos de química de España (Real Decreto 1467/2007) y Reino Unido (QCA, 2006) se pueden considerar moderadamente abiertos, ya que establecen únicamente unas líneas generales para la enseñanza de esta materia. En el caso de España, esto se justifica por las competencias asignadas a las administraciones educativas a las que corresponde fijar los aspectos más concretos de los currículos, si bien en ninguna de las CC. AA. se alcanza un nivel de concreción elevado, debido a que la ley también contempla que los centros docentes desarrollen y completen el currículo en uso de su autonomía. El caso de Reino Unido es similar, aunque allí son las juntas examinadoras las que completan el currículo según las directrices fijadas por el organismo gubernamental correspondiente –QCA hasta 2011, actualmente Ofqual–, pero tanto en el documento que se ha analizado con más profundidad (AQA, 2007) como en los de otras juntas examinadoras (OCR, 2007; Edexcel, 2007) se concretan muy detalladamente todos los aspectos a los que se debe hacer referencia al tratar cada uno de los contenidos para la obtención del *A level*. Esa elevada concreción es también patente en el plan de estudios de química para la obtención del *Leaving Certificate*, que, como ya se ha comentado, es común para todos los alumnos irlandeses; así, en cada bloque de contenidos se detalla el nivel de profundización exigible, las actividades prescritas y los aspectos sociales y aplicados a tratar.

Es importante resaltar que, tanto en Reino Unido como en Irlanda, los planes de estudios de educación secundaria superior están directamente enfocados a las pruebas externas que tienen que superar los alumnos al completar dicho ciclo educativo, lo que

requiere que alumnos y profesores sean especialmente conscientes de los aspectos más específicos del currículo. Por el contrario, en nuestro país dichos exámenes son hasta ahora independientes de la obtención del título de bachiller, si bien la intención de la LOMCE de introducir pruebas externas para la titulación se materializó en la concreción de los estándares de aprendizaje evaluables que permanecen en los actuales currículos (LOMCE, 2013).

(5) Evaluación interna

Como ya se ha comentado, dos de las seis unidades de evaluación del *A level* de Química, –una del AS y otra del A2– se ocupan de evaluar de forma interna las actividades experimentales prescritas en cada curso, mediante la presentación de un memorándum de dichas actividades y un examen realizado en el propio centro que se acompaña de una declaración firmada por el profesor, aunque puede optarse por una evaluación mixta en la que el examen se realiza externamente. Por otro lado, en el currículo irlandés se especifica que se debe conservar el registro de los trabajos prácticos realizados por cada estudiante; sin embargo, estas actividades se evalúan de forma externa en el *Leaving Certificate* por medio de preguntas relacionadas con los trabajos realizados y las calificaciones obtenidas por los estudiantes a lo largo del *Senior Cycle* no se tienen en cuenta para el acceso a la universidad. El caso de España es muy diferente, ya que las calificaciones obtenidas a lo largo del bachillerato son decisivas, suponiendo un 60% de la nota de acceso a la universidad –sin incluir la fase optativa de la PAU–. Sin embargo, no se establece ningún control reglado sobre dichas calificaciones, ni sobre la realización de las actividades experimentales prescritas en los currículos como ocurre en Reino Unido e Irlanda, quedando estos aspectos bajo la responsabilidad de los centros educativos y del profesorado correspondiente.

Este análisis comparado nos lleva a concluir que, si bien existen claras diferencias en los niveles de concreción y profundización en los currículos analizados, desde el punto de vista de sus objetivos y contenidos fundamentales sus similitudes son muy relevantes. Para ilustrar las citadas analogías y diferencias, en la Tabla 13 se compara el tratamiento de los contenidos relativos a la energía de las reacciones químicas en los currículos de las tres CC. AA. más pobladas –Andalucía, Cataluña y Madrid–, en Reino Unido y en Irlanda. Los aspectos que difieren de los currículos nacionales se resaltan en azul. En la tabla se resaltan en cursiva los aspectos sociales y aplicados de la química relativos a dicho contenido y, en cursiva y negrita, el desarrollo de sus aspectos experimentales.

Tabla 13. La energía de reacción en los currículos de tres CC. AA., Reino Unido e Irlanda

ESPAÑA	ANDALUCÍA	<p>La existencia de intercambios de energía en las reacciones da pie a distinguir entre reacciones exotérmicas y endotérmicas, recordar el primer principio de la termodinámica e introducir los conceptos de entalpía, calor de reacción, entalpía de enlace, entalpía de reacción, entalpía de formación, etc. Los alumnos y alumnas deben comprender lo que significa que la entalpía sea una función de estado y conocer la ley Hess, que aplicarán para calcular las variaciones de entalpía correspondientes a procesos diversos. <i>También deben conocer y valorar las aplicaciones energéticas de las reacciones químicas y las repercusiones que para la salud, la sociedad y el medio ambiente tienen a veces los procesos usados para obtener energía. Es de especial interés el estudio del valor energético de los alimentos o las consecuencias del uso de combustibles fósiles en el incremento del efecto invernadero.</i></p> <p>El desarrollo de estos contenidos puede estructurarse en torno al planteamiento de cuestiones como: ¿puesto que ambos son energía, puede decirse que calor y trabajo son una misma cosa?, ¿de dónde procede la energía liberada en las reacciones exotérmicas?, ¿es igual el calor de una reacción, independientemente de que se produzca a presión o a volumen constante?, ¿pueden ser iguales en alguna ocasión?, ¿se puede calcular la entalpía de formación de una sustancia, aunque no se pueda hacer la reacción correspondiente?, ¿influye la energía de los enlaces en la entalpía de una reacción?, etc.</p>	
	CATALUÑA	<p><i>Valoración de la importancia del aspecto energético de las reacciones químicas, en particular, de las reacciones de combustión de compuestos orgánicos.</i></p> <p>Elaboración del concepto de energía interna de una sustancia a nivel microscópico. Definición de entalpía de una sustancia. Determinación experimental del calor de una reacción e interpretación como variación de energía interna o de entalpía. Relación entre la energía y la entalpía de una reacción.</p> <p>Establecimiento de la ley de Hess. Visualización de la entalpía de una reacción mediante un diagrama de entalpía y cálculo a partir de la entalpía de formación de los compuestos que intervienen.</p> <p>Elaboración del concepto de entalpía de enlace. Consideración de los factores de los cuales depende la fortaleza del enlace: longitud, polaridad y carácter simple, doble o triple del enlace. Predicción cualitativa del carácter exotérmico o endotérmico de una reacción y estimación cuantitativa de la entalpía de una reacción a partir de la entalpía de enlace.</p>	
	MADRID	<p>Sistemas termodinámicos. Variables termodinámicas. Cambios energéticos en las reacciones químicas. Procesos endo y exotérmicos.</p> <p>Primer principio de la termodinámica. Transferencias de calor a volumen y a presión constante. Concepto de entalpía. Cálculo de entalpías de reacción a partir de las entalpías de formación. Diagramas entálpicos. Ley de Hess. Entalpías de enlace.</p> <p><i>Aplicaciones energéticas de las reacciones químicas. Repercusiones sociales y medioambientales. Valor energético de los alimentos. Implicaciones para la salud.</i></p>	
REINO UNIDO (AQA)	<ul style="list-style-type: none"> - Saber que las reacciones pueden ser endotérmicas o exotérmicas - Comprender que el cambio de entalpía (ΔH) es el cambio de energía térmica medido a presión constante - Saber que los cambios de entalpía estándar se refieren a condiciones estándar (100 kPa y 298 K) - Ser capaz de recordar la definición de entalpías estándar de combustión (ΔH_c) y formación (ΔH_f) - Ser capaz de calcular el cambio de entalpía a partir del cambio de calor en una reacción utilizando la ecuación $q = mc\Delta T$ - Conocer la Ley de Hess y ser capaz de utilizarla para realizar cálculos sencillos, por ejemplo, calcular cambios de entalpía para reacciones de entalpías de combustión o entalpías de formación. - Ser capaz de determinar las entalpías de enlace medias a partir de datos dados - Ser capaz de usar entalpías de enlace medias para calcular un valor de ΔH para reacciones simples - Medir un cambio de entalpía. Por ejemplo: utilizar la ley de Hess para encontrar un cambio de entalpía desconocido, como la reacción del sulfato de cobre (II) anhídrido con agua para producir cristales hidratados 		
IRLANDA	<p>NIVEL DE PROFUNDIZACIÓN</p> <p>Las reacciones químicas pueden provocar un cambio de temperatura.</p> <p>Reacciones exotérmicas y endotérmicas (y cambios de estado).</p> <p>Combustión de alcanos y otros hidrocarburos.</p> <p>Calor de reacción. Signo de ΔH.</p> <p>Energía de enlace (solo concepto, sin cálculos excepto el del ejemplo ilustrativo indicado).</p> <p>Calor de combustión. Bomba calorimétrica como instrumento para medir con precisión los calores de combustión. Calores de combustión de diferentes combustibles.</p> <p>Calor de formación.</p> <p>Ley de la conservación de la energía.</p> <p>Ley de Hess.</p>	<p>ACTIVIDADES</p> <p>Demostración práctica de una reacción exotérmica y endotérmica.</p> <p>Determinación del calor de reacción del ácido clorhídrico con hidróxido de sodio.</p> <p>Ilustrar las energías de enlace mostrando cómo se calcula la energía de enlace C – H en el metano.</p> <p>Cálculos sencillos de calor de reacción, utilizando calores de formación de reactivos y productos.</p> <p>Cálculos sencillos de calor de formación, utilizando otros calores de formación y un calor de reacción. (No se requieren otros tipos de cálculo de calor de reacción).</p>	<p>ASPECTOS SOCIALES Y APLICADOS</p> <p><i>Utilización de la bomba calorimétrica en la determinación de valores caloríficos de alimentos. Poder calorífico por kilogramo de los combustibles y sus usos (no se requieren cálculos).</i></p>

2.3.5. La competencia científica y su inserción en los currículos de química de España, Reino Unido e Irlanda

La incorporación de la competencia científica en los tres currículos analizados proporciona un marco teórico que facilita su comparación, así como la medición del grado de alineamiento de las distintas pruebas de acceso a la universidad con el marco competencial establecido.

En 1996, Jacques Delors redactó un informe para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) acerca de los pilares de la educación en el que defendía que la educación debía estructurarse en torno a cuatro aprendizajes fundamentales: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser, introduciendo el término competencia para referirse a las capacidades que se adquieren a través de dichos aprendizajes (Delors, 1996). En 1997, basándose en el informe Delors, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) desarrolló el proyecto de Definición y Selección de Competencias (DeSeCo) para proporcionar un marco de evaluación que pudiera aplicarse tanto al Programa para la Evaluación Internacional para Estudiantes (PISA) como a las evaluaciones educativas externas de las distintas naciones (OCDE, 2003). La Unión Europea, a partir de las directrices de la OCDE, publicó la recomendación 2006/962/CE en la que establecía ocho competencias clave para el aprendizaje permanente, entendiendo estas competencias como una combinación de destrezas, conocimientos, aptitudes y actitudes cuya adquisición es crucial para todos los aspectos de la vida humana, marcando además unas pautas para su inserción en todos los sistemas educativos de la Unión Europea (Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente).

Siguiendo las directrices de la OCDE y las pautas que se estaban debatiendo en la Unión Europea, la LOE incorporó a la educación obligatoria ocho competencias básicas (Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria). Posteriormente, la LOMCE fijó las competencias clave para todo el sistema educativo español (Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato), reproduciendo de forma casi textual la recomendación 2006/962/CE; de este modo, dicha ley hizo explícitas las competencias para la

enseñanza posobligatoria, si bien en la LOE estaban incluidas de forma implícita dentro de los objetivos del bachillerato. En la Tabla 14 se muestran las competencias clave establecidas por la Unión Europea en relación con las competencias básicas que incorpora la LOE y las competencias clave de la LOMCE.

Tabla 14. Competencia clave/básicas según la Comisión Europea, LOE y LOMCE

COMISIÓN EUROPEA	LOE	LOMCE
1. Comunicación en la lengua materna	1. Competencia en comunicación lingüística	1. Comunicación lingüística
2. Comunicación en lenguas extranjeras		
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	2. Competencia matemática	2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología
	3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico	
4. Competencia digital	4. Tratamiento de la información y competencia digital	3. Competencia digital
5. Aprender a aprender	7. Competencia para aprender a aprender.	4. Aprender a aprender
6. Competencias sociales y cívicas	5. Competencia social y ciudadana	5. Competencias sociales y cívicas
7. Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa	8. Autonomía e iniciativa personal	6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor
8. Conciencia y expresión culturales	6. Competencia cultural y artística	7. Conciencia y expresiones culturales

La LOMCE marca además la diferenciación entre los tipos de conocimiento implicados en las competencias:

El conocimiento competencial integra un conocimiento de base conceptual: conceptos, principios, teorías, datos y hechos (conocimiento declarativo-saber decir); un conocimiento relativo a las destrezas, referidas tanto a la acción física observable como a la acción mental (conocimiento procedimental-saber hacer); y un tercer componente que tiene una gran influencia social y cultural, y que implica un conjunto de actitudes y valores (saber ser). (Orden ECD/65/2015, p. 6987)

Según la recomendación 2006/962/CE, estas dimensiones de las competencias – saber/saber decir, saber hacer y saber ser– deben tomarse en consideración para lograr que la enseñanza-aprendizaje de cada una de las materias del currículo contribuya a una formación integral del alumnado, tanto en lo que se refiere a su realización y desarrollo personales, como en su formación como ciudadanos activos y para favorecer su inclusión social y el empleo.

En la citada recomendación de la Unión Europea, la competencia científica forma parte, de la “competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología” y hace alusión a «la capacidad y la voluntad de utilizar el conjunto de los conocimientos y la metodología empleados para explicar la naturaleza, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas» (p. 6). El mismo documento también concreta las tres dimensiones esenciales relacionadas con dicha competencia. Así, en el campo de los conocimientos –saber– incluye fundamentalmente «el conocimiento de los principios básicos de la naturaleza, de los conceptos, principios y métodos científicos fundamentales y de los productos y procesos tecnológicos, así como una comprensión de la incidencia que tienen la ciencia y la tecnología en la naturaleza»; en relación con las capacidades –saber hacer– hace referencia a saber emplear los datos científicos y llegar a conclusiones basadas en pruebas, comunicar las conclusiones y el razonamiento que condujo a ellas, utilizar y manipular la tecnología, etc.; por último, en lo que respecta a las actitudes –saber ser– menciona, entre otras, la curiosidad, el espíritu crítico, el sentido de la ética, el respeto por la seguridad y la búsqueda de la sostenibilidad.

La noción de competencia científica establecida por la Unión Europea, unida a la especificación de sus dimensiones, constituye un marco supranacional al que los distintos países europeos hacen referencia, de forma más o menos explícita, en los currículos relativos a las materias científicas y, en ocasiones, a otras disciplinas.

En el caso de España, la LOE entiende la “competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico” como «la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos» (Real Decreto 1631/2006, p. 21). Además, «incorpora habilidades para desenvolverse adecuadamente [...] y para interpretar el mundo, lo que exige la aplicación de los conceptos y principios básicos que permiten el análisis de los fenómenos desde los diferentes campos de conocimiento científico involucrados». En el citado decreto de enseñanzas mínimas de la LOE para la educación secundaria obligatoria, esta competencia no solo se integra en las asignaturas del área de ciencias experimentales –Ciencias de la naturaleza, Biología y Geología y Física y Química–, sino que también lo hace en la mayoría de las asignaturas de la etapa –Matemáticas, Ciencias sociales, Tecnología, Informática, Educación física, Educación plástica y visual y Música–. La

LOE no indica de forma explícita las competencias para las materias de bachillerato, aunque sí se hacen frecuentes alusiones a estas; por ejemplo, en el caso de la asignatura de Química se concreta que «debe contribuir a una profundización en la familiarización con la naturaleza de la actividad científica y tecnológica y a la apropiación de las competencias que dicha actividad conlleva, en particular en el campo de la química» (Real Decreto 1467/2007, p. 45451). De hecho, los objetivos ya mencionados para esta asignatura desarrollan implícitamente todas las dimensiones de la competencia científica:

- Saber: conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química.
- Saber hacer: diseño y realización de experimentos químicos, uso de las TIC, empleo de la terminología científica, etc.
- Saber ser: valoración del carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, comprensión del papel de la química en la vida cotidiana, su contribución a la mejora de la calidad de vida y al logro de la sostenibilidad, retos a los que se enfrenta la investigación química, etc.

En el Reino Unido, ya se mencionó que, si bien el currículo nacional se centra en los conocimientos básicos –saber–, la parte de los planes de estudios cuyo desarrollo corresponde a las juntas examinadoras debe integrar en cada materia del área de ciencias un acercamiento a las habilidades –saber hacer– y aspectos éticos, sociales, etc. –saber ser– propios de la actividad científica según las pautas marcadas por el gobierno británico (Office of Qualifications and Examinations Regulator, 2011, 2014; QCA, 2006). En el apartado referente al currículo británico de química para el KS5 se detallaron las pautas establecidas para el logro de estas dimensiones de la competencia científica, en línea con la recomendación 2006/962/EC.

También el currículo de química correspondiente al *Senior Cycle* que se ha analizado en el caso de Irlanda (Department of Education and Science, 1999) comprende entre sus objetivos las tres dimensiones de la competencia científica, ya que, si bien este currículo es anterior al mencionado documento de la Unión Europea, ya está imbuido del espíritu del movimiento de las competencias promovido por el informe Delors y la OCDE. Como ya se comentó, en dicho currículo se hacen explícitos los conocimientos y su comprensión –saber–, las habilidades y capacidades –saber hacer– y las actitudes –saber ser– que se pretende que los estudiantes adquieran en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3. Metodología

3.1. Objetivos y preguntas de investigación

En relación con lo que se ha expuesto en el desarrollo del marco teórico, creemos que analizar, en profundidad y de forma generalizada para todo el territorio nacional, la relación existente entre las PAU y la enseñanza de la química en bachillerato puede aportar datos de enorme interés de cara a promover un *washback* positivo que facilite la innovación educativa. Por otro lado, analizar las pruebas propuestas en las distintas CC. AA. junto con otras pruebas de características similares procedentes de países de nuestro entorno, permitirá delimitar su alineamiento con los contenidos establecidos para la enseñanza de la química en el marco de las competencias y recabar ideas de cara al diseño de unas futuras pruebas de acceso a la universidad en las que se evalúen de forma explícita los aspectos fundamentales de la competencia científica contribuyendo a promoverlos en los centros educativos.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación se plantea con dos objetivos:

- (1) Valorar cómo y en qué medida influyen las características de las pruebas de acceso a la universidad en cada uno de los aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la química de bachillerato en España.
- (2) Conocer y comparar en qué medida las preguntas planteadas en las pruebas de acceso a la universidad en España, Reino Unido e Irlanda cubren los aspectos fundamentales de la competencia científica presentes en los currículos oficiales para la enseñanza de la química.

En relación con el primer objetivo, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- (1A) ¿Cómo y en qué medida influyen el criterio del profesorado y las PAU en los contenidos de química que se imparten en las aulas de bachillerato?
- (1B) ¿Cómo y en qué medida influyen las PAU en la metodología usada por los profesores de química de bachillerato?
- (1C) ¿Con qué frecuencia se emplean las PAU como recurso didáctico y herramienta de evaluación en las clases de química de 2.º de bachillerato?

Para tratar de responder a estas preguntas y alcanzar el objetivo (1), se diseñó y validó un cuestionario *ad hoc* dirigido al profesorado de química de bachillerato que contemplaba diversos aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje que podrían verse afectados por la presencia de las pruebas de acceso a la universidad de acuerdo con Spratt (2005): el currículo –establecido por el Real Decreto 1467/2007 y analizado en relación con la competencia científica–, la metodología docente y los materiales empleados.

Para alcanzar el segundo objetivo, se plantean las preguntas que se exponen a continuación:

- (2A) ¿En qué medida se integran los contenidos competenciales de los currículos oficiales de química en las pruebas de acceso a la universidad analizadas?
- (2B) ¿Qué analogías y diferencias existen en los niveles de alineación curricular alcanzados por las pruebas de acceso a la universidad de los países y CC. AA. analizados?
- (2C) ¿Existe una evolución temporal en los contenidos de las pruebas de acceso a la universidad analizadas a lo largo del periodo estudiado?

Con el fin de conseguir el objetivo (2) a través de las citadas preguntas, se confeccionó una plantilla de análisis que integraba los aspectos fundamentales de los currículos estudiados en referencia con la competencia científica partiendo de los marcos legislativos correspondientes.

3.2. Instrumento para investigar la relación entre las PAU y la enseñanza-aprendizaje de la química en bachillerato

3.2.1. Diseño del cuestionario

Con el fin de investigar la relación entre las PAU y el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química y alcanzar el objetivo 1, se requería el diseño de un cuestionario en el que se contemplaran el currículo, la metodología docente y los materiales –recursos didácticos y herramientas de evaluación– empleados por el profesorado. Para ello, se precisaba identificar las variables a estudiar en relación con cada una de las preguntas de investigación formuladas.

La primera parte del cuestionario, relacionada con el currículo, tenía como finalidad responder a la pregunta de investigación (1A) –¿cómo y en qué medida influyen el criterio del profesorado y las PAU en los contenidos de química que se imparten en las aulas de bachillerato?–, lo que implicaba relacionar entre sí tres vertientes distintas de dicho currículo:

- El “currículo deseable”, es decir, los distintos aspectos del currículo oficial de química que, según el criterio del profesorado, se consideran más importantes.
- El “currículo PAU”, que incluiría los aspectos del currículo oficial de química a los que se concede mayor importancia en las pruebas de acceso a la universidad.
- El “currículo de aula”, que estaría constituido por los aspectos del currículo oficial que se priorizan en las clases de química de bachillerato.

Estas tres vertientes del currículo debían relacionarse con los correspondientes grupos de variables (GV) que se medirían en el cuestionario:

(GV1) Importancia que debería darse a los distintos aspectos del currículo de química según el punto de vista del profesorado.

(GV2) Importancia que se da a los distintos aspectos de dicho currículo en las PAU.

(GV3) Importancia que el profesorado da en sus clases a los mencionados aspectos.

Para formular los ítems correspondientes a estos grupos de variables fue preciso seleccionar, en primer lugar, los aspectos fundamentales del currículo de química de 2.º de bachillerato correspondiente a la LOE (Real Decreto 1467/2007). Estos aspectos podrían definirse, en línea con la propuesta de Rodríguez-Muñoz et al. (2016) como “unidades curriculares”, entendiendo este concepto como breves descripciones que agrupan los

objetivos, contenidos y criterios de evaluación del currículo según sus focos de atención y en relación con las competencias. De este modo, se seleccionaron doce unidades curriculares (UC) que se consideró que cubrían todos los aspectos fundamentales del currículo y que podían integrarse en las tres facetas ya señaladas de la competencia científica: conocimientos (saber), destrezas (saber hacer) y actitudes y valores (saber ser), en la misma línea que otros estudios locales realizados acerca de las PAU de química (Franco, 2016; Oliva et al., 2016). Un elemento diferencial de nuestro estudio es que se ha basado exclusivamente en el currículo de química marcado por la LOE, sin integrar otros aspectos de la competencia científica que contempla la investigación en didáctica de las ciencias experimentales.

Para esta categorización, se contó con dos jueces –la autora de la tesis y su directora– que, de manera independiente, incluyeron cada una de las UC en la dimensión que consideraron más pertinente, teniendo presente que todas las destrezas y actitudes conllevan conocimientos previos; los casos en los que hubo algunas dudas –UC “d” y “e”– se resolvieron por consenso al considerar ambas jueces que, una vez adquiridos los conocimientos correspondientes, implicaban fundamentalmente la práctica de una destreza. La Tabla 15 expone las doce UC que se establecieron en relación con la dimensión de la competencia científica con la que más se relaciona cada una de ellas.

Tabla 15. Dimensiones de la competencia científica y unidades curriculares de química

CONOCIMIENTOS (SABER)	a. Adquirir los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química.
	b. Relacionar los modelos y teorías estudiados con las propiedades de las distintas sustancias.
	c. Utilizar los conceptos y leyes estudiados para interpretar a nivel atómico-molecular distintos tipos de procesos químicos.
DESTREZAS (SABER HACER)	d. Utilizar los conceptos y leyes estudiados para resolver ejercicios y problemas que involucren distintos tipos de procesos químicos.
	e. Comprender y utilizar adecuadamente la nomenclatura y la representación simbólica de procesos químicos.
	f. Adquirir y poder aplicar a la química las estrategias básicas de la actividad científica.
	g. Familiarizarse con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y con algunas técnicas específicas, de acuerdo con las normas de seguridad.
	h. Obtener y ampliar información procedente de diferentes fuentes y saber evaluar su contenido.
ACTITUDES Y VALORES (SABER SER)	i. Familiarizarse con la terminología científica para poder emplearla en el ámbito científico y cotidiano.
	j. Conocer y valorar la evolución histórica de las leyes y teorías químicas.
	k. Comprender el papel de la química en la vida cotidiana y su contribución a la mejora de la calidad de vida, así como los problemas que puede generar.
	l. Reconocer los principales retos a los que se enfrenta la investigación química en la actualidad.

A partir de las doce UC indicadas, se redactaron los tres primeros apartados del cuestionario; así, en primer lugar se pedía valorar la importancia que debería concederse a las distintas UC –GV1–, a continuación, la que se les concede en las PAU –GV2– y, por último, la que el encuestado les concede en sus clases –GV3–.

Por otro lado, la parte del cuestionario dedicada al currículo se completó con otro apartado destinado a indagar en los motivos del profesorado para priorizar o relegar determinados aspectos del currículo si, como sería de esperar por los estudios previos, las PAU conducen a un estrechamiento curricular (Alda, 2016; Amengual, 2010; Franco, 2016; Oliva et al., 2016, 2018; Rodríguez-Muñiz et al., 2016; Ruiz-Hidalgo et al., 2019) que podría manifestarse en una divergencia entre lo que los docentes consideran importante y lo que hacen en sus aulas como consecuencia de la pruebas externas (Ramezaney, 2014). Para ello, se quiso determinar en qué medida la PAU determinaba las diferencias entre el “currículo deseable” y el “currículo de aula”, además de proponer la valoración de otros posibles factores implicados en la hipotética reducción del currículo. De este modo se estableció un cuarto grupo de variables:

(GV4) Valoración de los motivos que pueden conducir a relegar aspectos del currículo oficial de química en las aulas de bachillerato.

Los motivos que se propusieron fueron los siguientes:

- a. Prefiero priorizar los contenidos que se evalúan en las pruebas de acceso a la universidad.
- b. Los considero poco importantes.
- c. Echo de menos una formación más específica para tratar dichos contenidos.
- d. En los libros de texto no se tratan dichos contenidos adecuadamente.
- e. No encuentro recursos interesantes para desarrollarlos.
- f. En niveles preuniversitarios considero que debo centrarme en el desarrollo de teorías y conceptos y en la realización de problemas de cara a estudios posteriores.

Para las respuestas a todos los ítems de los cuatro primeros apartados del cuestionario –GV1 a GV4– se empleó una escala Likert con valores comprendidos entre 1 y 5, de forma que el valor 1 se asociaba con muy poca importancia y el 5 con mucha importancia.

Para responder a la pregunta de investigación (1B) –¿cómo y en qué medida influyen las PAU en la metodología usada por los profesores de química de bachillerato?– se precisó definir dos grupos de variables relacionadas con la metodología, de forma que se pudiera comparar la metodología empleada en las clases en 2.º de bachillerato –curso que finaliza con la realización de las PAU– y 1.º de bachillerato –en el que no se realiza ninguna prueba de evaluación externa. De este modo se establecieron los grupos de variables GV5 y GV6:

(GV5) Frecuencia de distintas actividades en las clases de química de 2.º de bachillerato.

(GV6) Frecuencia de distintas actividades en las clases de química de 1.º de bachillerato.

Las actividades propuestas fueron las que se indican a continuación:

- a. Realización de experiencias de laboratorio guiadas.
- b. Pequeñas investigaciones en el laboratorio (diseño de experiencias).
- c. Experiencias de cátedra.
- d. Laboratorios virtuales.
- e. Visualización de vídeos.
- f. Trabajos de búsqueda de información sobre un tema usando TIC.
- g. Exposición oral de un grupo de alumnos al resto de la clase.
- h. Debates sobre temas científicos de interés social.

Para la valoración de estos ítems se empleó una escala Likert en la que las posibles respuestas que se ofrecían eran: “nunca o casi nunca” (1), “una o dos veces a lo largo del curso” (2), “una o dos veces cada trimestre” (3) y “tres o más veces cada trimestre” (4).

La pregunta de investigación 1C –¿con qué frecuencia se emplean las PAU como recurso didáctico y herramienta de evaluación en las clases de química de 2.º de bachillerato?– requirió definir dos variables más –una acerca de la frecuencia de uso de ejercicios o problemas propuestos en PAU de años anteriores y la otra relativa al empleo de dichos ejercicios y problemas en pruebas de evaluación–, constituyendo sendos grupos con una única variable:

(GV7) Frecuencia de realización de ejercicios o problemas propuestos en las PAU.

(GV8) Porcentaje de la calificación asignado a la resolución de ejercicios y problemas iguales o similares a los propuestos en las PAU.

En ambos casos, las respuestas se medirían en escala Likert de 4 puntos. En el caso de GV7 las etiquetas para las respuestas oscilaban entre “menos de una vez por semana” (1) y “en todas las clases” (4), mientras que para GV8 abarcaban desde “menos del 60%” (1) a “más del 90 %” (4).

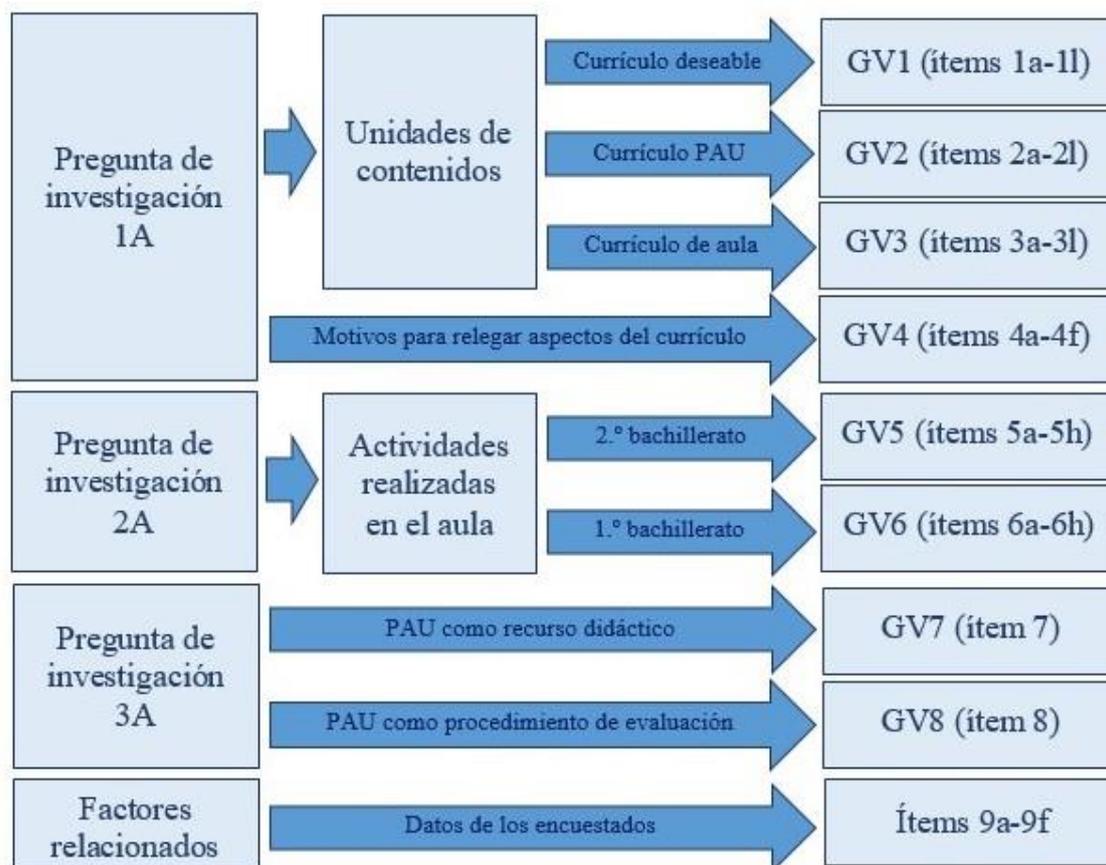
Para finalizar, se establecieron las variables –tanto nominales como ordinales– que permitirían conocer una serie de datos relevantes relativos a los docentes encuestados y a los centros educativos donde imparten sus clases. Estos datos, debidamente relacionados con los apartados anteriores, permitirían averiguar si la influencia de las pruebas de evaluación externas en el proceso de enseñanza-aprendizaje depende de factores relacionados con el profesorado y las características de los centros educativos, como Spratt (2005) había constatado al analizar los estudios realizados en diversos países. Los datos recabados serían:

- a. Sexo (mujer u hombre)
- b. Edad (menor de 35 años, de 35 a 44, de 45 a 54 o mayor de 55)
- c. Años de experiencia (menos de 5 años, de 5 a 15 o más de 15)
- d. Titularidad del centro (público o privado)
- e. Distrito universitario al que pertenece su centro (cada una de las 17 CC. AA.)
- f. Número de habitantes de la localidad en la que imparte clases (menos de 5000 habitantes, de 5000 a 50 000, de 50 000 a 500 000 o más de 500 000).

Por otro lado, en todos los apartados se ofrecía a los encuestados la posibilidad de incluir, con extensión libre, los comentarios y matizaciones que consideraran pertinentes, de manera que pudiera recabarse información complementaria de tipo cualitativo.

En la Figura 4 se muestra el esquema del cuestionario inicial diseñado, así como su relación con las preguntas de investigación (1A), (2A) y (3A) y los distintos grupos de variables (GV1 a GV8).

Figura 4. Esquema del cuestionario inicial en relación con las preguntas de investigación y los grupos de variables



3.2.2. Análisis de la validez y la fiabilidad del cuestionario

Con el fin de validar el contenido del cuestionario, este se sometió al juicio de expertos. Para ello, se seleccionó a tres expertos con una amplia experiencia en la enseñanza de la química y en investigación educativa. A cada uno de ellos se le remitió el cuestionario solicitándole que valorara la relevancia, pertinencia y claridad de cada una de las cuestiones planteadas en una escala Likert de 5 puntos, además de poder aportar sus comentarios y sugerencias.

La valoración de los jueces fue igual o superior a 3 puntos sobre 5 para todos los ítems, constatándose un índice de validez de contenido positivo en todos los casos. No obstante, para algunos de los ítems sugirieron pequeños cambios en la redacción de los enunciados, así como la reformulación de la pregunta 8; además se propuso la supresión de tres ítems –1g, 2g y 3g– y la inclusión de uno nuevo, en el apartado 4, relativo a la dotación de los centros para desarrollar trabajo de tipo experimental. Una vez hechas las

modificaciones sugeridas por los expertos, el cuestionario definitivo incluía 64 ítems distribuidos en 9 apartados distintos, correspondientes a los 8 grupos de variables establecidos y a los datos de los encuestados que se deseaban recabar.

- (1) Valoración de la importancia deseable de los distintos aspectos del currículo de química de bachillerato a juicio del profesorado (11 ítems),
- (2) Valoración de la importancia concedida a dichos aspectos en las PAU (11 ítems).
- (3) Valoración de la importancia que concede el profesorado a los mencionados aspectos en las aulas (11 ítems).
- (4) Valoración de los motivos por los que el encuestado relega determinados contenidos (7 ítems).
- (5) Frecuencia con la que desarrolla diversas actividades en sus clases de Química de 2.º de bachillerato (8 ítems).
- (6) Frecuencia con la que desarrolla dichas actividades en sus clases de Química de 1.º de bachillerato (8 ítems).
- (7) Frecuencia con la que emplea preguntas tipo PAU como recurso didáctico (1 ítem).
- (8) Frecuencia con la que emplea dichas preguntas como herramienta de evaluación (1 ítem).
- (9) Datos del encuestado (6 ítems).

En el Anexo se adjunta el cuestionario completo que, después del proceso de validación descrito, fue remitido al profesorado de química de bachillerato.

Después de enviar el cuestionario al profesorado y recabar los datos pertinentes –procesos que serán descritos más adelante–, se estimó conveniente verificar la validez de constructo de nuestro cuestionario en relación con las dimensiones de la competencia científica implícitas en el currículo de química –que se mostraron en la Tabla 15 en relación con las unidades curriculares establecidas– y cuya importancia –deseable, en las PAU y en las aulas– se evaluaba en el cuestionario. La técnica más adecuada para determinar si un modelo previamente establecido se ajusta adecuadamente a las variables estudiadas es el análisis factorial confirmatorio (Nuviala et al., 2016; Panadero et al., 2014), al que se suele aludir habitualmente por sus siglas en inglés, CFA. El programa SPSS

Amos Graphics 26 nos suministró las herramientas informáticas necesarias para realizar este análisis.

Al aplicar el modelo competencial de tres factores –“saber”, “saber hacer” y “saber ser”– a los grupos de variables GV1, GV2 y GV3– los índices comparativos de bondad de ajuste (CFI, por sus siglas en inglés) que se obtuvieron fueron 0,800, 0,888 y 0,806 respectivamente. Estos valores revelan un ajuste mediocre de los datos al modelo teórico propuesto, especialmente en el caso de GV1 y GV3, ya que se considera que el ajuste es aceptable cuanto el CFI está en torno a un valor de 0,9 o superior. Por ello, se propuso un segundo modelo de cuatro factores en el que las variables incluidas en el factor “saber hacer” se subdividían en dos grupos: destrezas “tradicionales” –relacionadas con la resolución de ejercicios numéricos y la práctica de la nomenclatura química– y destrezas “innovadoras” –que incluiría el uso de la metodología científica, las prácticas de laboratorio y el uso crítico de diversas fuentes de información– al considerar que las primeras son habituales en todas las aulas de bachillerato y se fomentan en las PAU, mientras que las segundas podrían relegarse en las aulas por efecto de las PAU (Banet, 2010; Caamaño, 2001; Franco, 2016; Oliva et al., 2018). Al aplicar este segundo modelo a los tres grupos de variables, los valores de los CFI aumentaron en todos los casos, ascendiendo a 0,902, 0,920 y 0,877, valores que pusieron de manifiesto que las variables se ajustaban de forma aceptable al nuevo modelo propuesto, lo que avala la validez de constructo de este modelo.

Las Figuras 5, 6, y 7 muestran las estructuras finales del modelo teórico de cuatro factores para los grupos de variables referentes a las distintas vertientes del currículo: GV1 –currículo deseable a juicio del profesorado–, GV2–currículo evaluado en las PAU– y GV3–currículo desarrollado en las aulas–. En todos los casos figuran los coeficientes de correlación entre las distintas variables y los factores que las agrupan –donde los valores elevados de dichos coeficientes avalan la validez de constructo–, así como las covarianzas entre los cuatro factores considerados en cada caso –cuyos valores bajos denotan independencia entre factores y, los más elevados, factores relacionados entre sí.

Figura 5. Modelo de cuatro factores aplicado al currículo deseable según el profesorado

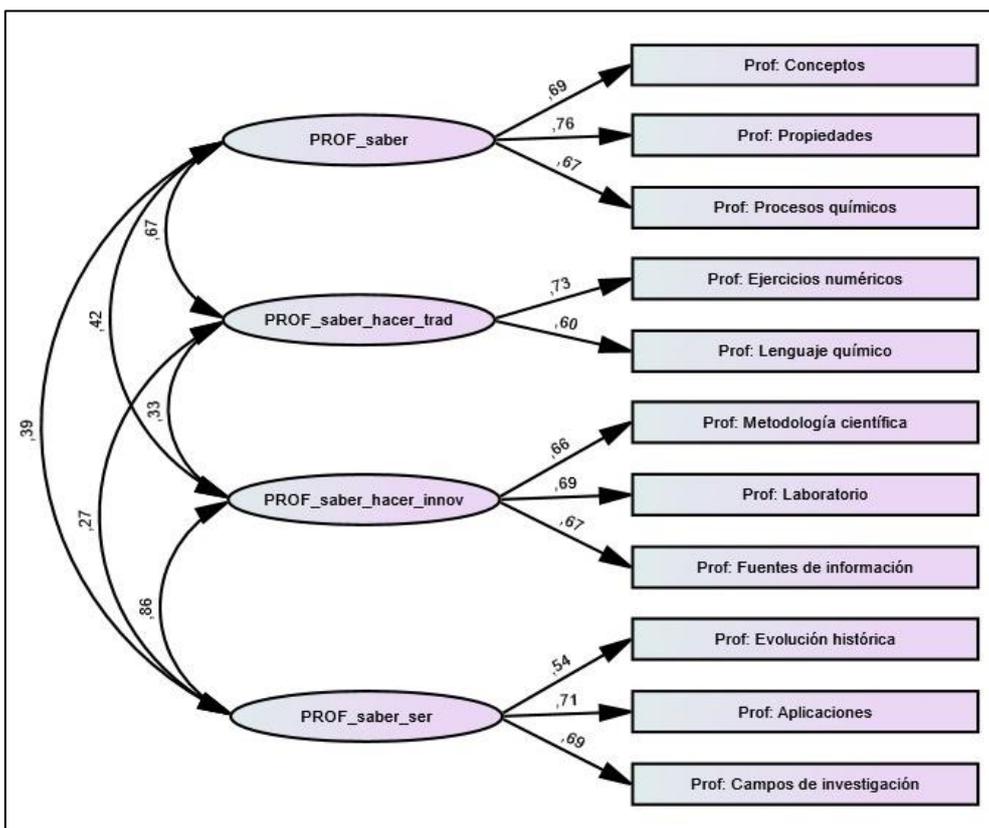


Figura 6. Modelo de cuatro factores aplicado al currículo evaluado en las PAU

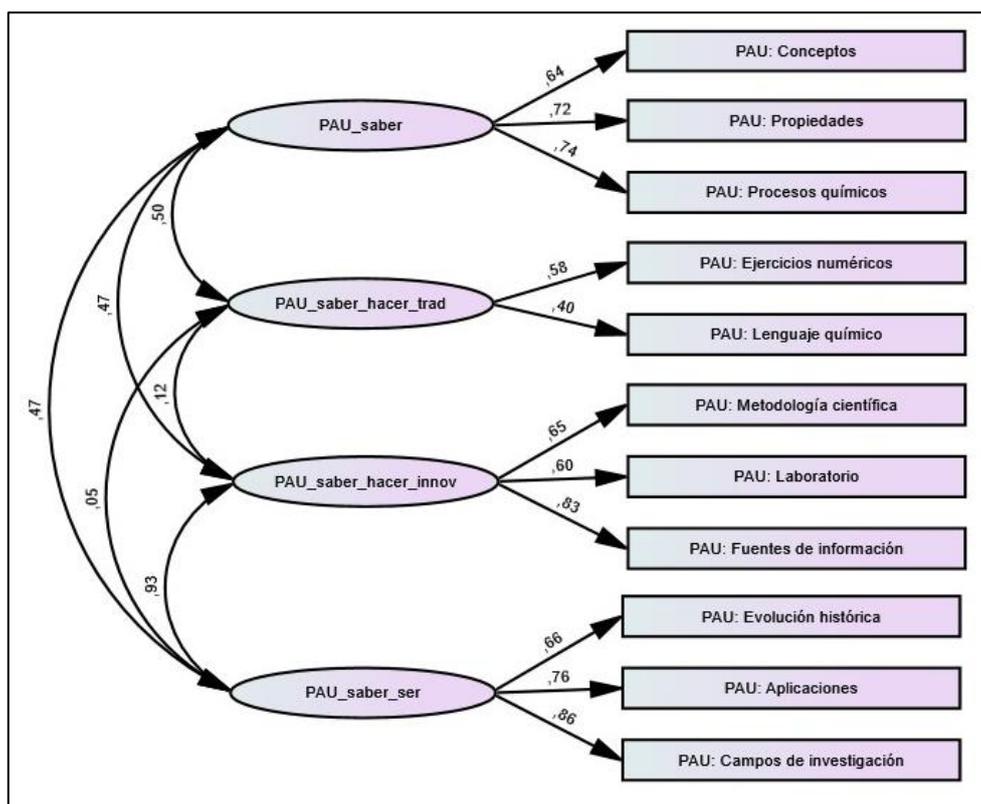
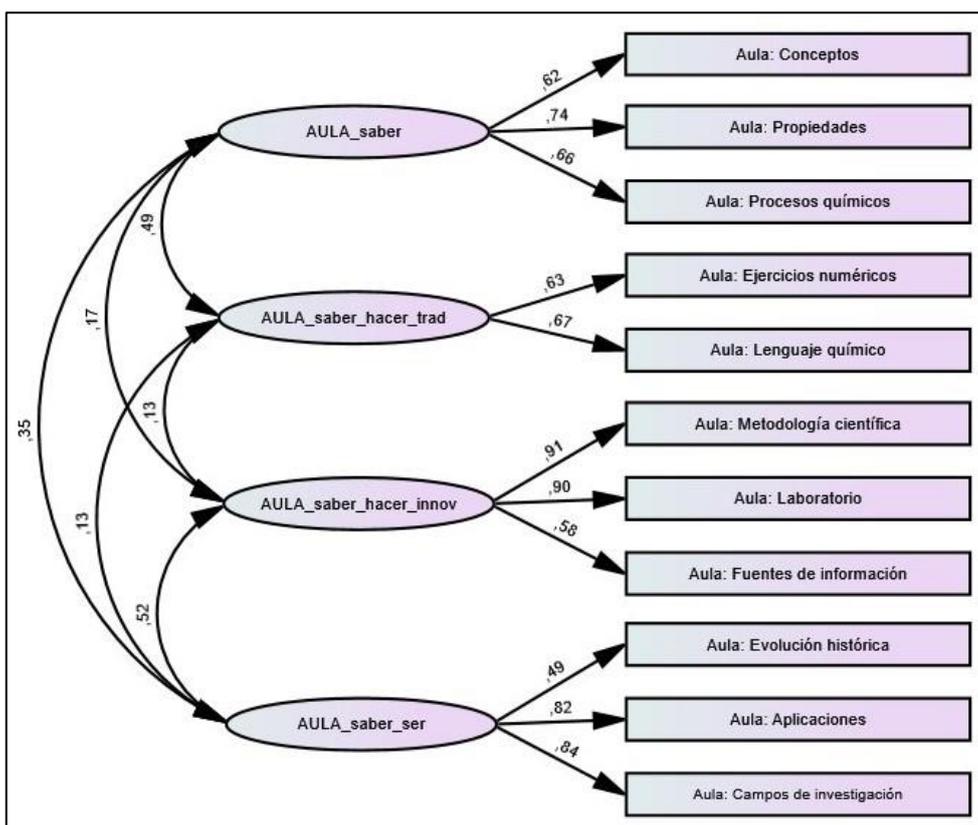


Figura 7. Modelo de cuatro factores aplicado al currículo desarrollado en las aulas



Para el resto de los grupos formados por más de una variable (GV4 a GV6), al carecer de un modelo teórico, se evaluó la posibilidad de aplicar el análisis factorial exploratorio (o EFA, por sus siglas en inglés), lo que permitiría averiguar si dentro de dichos grupos existen varias dimensiones subyacentes. Con el fin de determinar la pertinencia del EFA, previamente a su aplicación se determinó el índice KMO para cada grupo mediante el paquete informático SPSS 25; los valores para este índice fueron, respectivamente, 0,619, 0,720 y 0,729. Según Vallejo-Reyes (2014), la adecuación de los datos al EFA se considera recomendable cuando el valor de KMO es superior a 0,75, por lo que se descartó la realización de dicho análisis para los citados grupos de variables.

Por último, se procedió a determinar la fiabilidad de las distintas subescalas del cuestionario, entendiendo la fiabilidad como consistencia interna de cada uno de los grupos de variables, lo que permite evaluar la precisión de los datos recabados. Para ello se empleó de nuevo el programa SPSS 25, que arrojó los valores que se muestran en la Tabla 16 para los distintos grupos de variables estudiados.

Tabla 16. Coeficientes alfa de Cronbach para los grupos de variables estudiados

	GV1	GV2	GV3	GV4	GV5	GV6
Alfa de Cronbach	0,810	0,816	0,799	0,536	0,680	0,731

Según George y Mallery (2019) los valores de la fiabilidad obtenidos son buenos para GV1, GV2 y GV3 ($\alpha \approx 0,8$), y para el resto de los grupos resultan aceptables al superar en todos los casos el valor 0,5. Por otro lado, en el caso en el que se obtuvo un coeficiente más bajo –GV4– se evaluó su valor al eliminar del cuestionario cada uno de los ítems que lo componen, con el fin de comprobar si su eliminación aumentaba la fiabilidad de la escala (Lacave et al., 2015). El programa SPSS 25 reveló que la eliminación de los ítems a, b y f suponía un leve aumento de la fiabilidad de la escala pero, al ser dichos aumentos muy poco significativos, se optó por mantener los seis ítems de cara al análisis posterior de los datos.

3.2.3. Muestra de profesorado analizada

Una vez validado el cuestionario, en febrero de 2017 se procedió a su envío a los centros de bachillerato, tanto públicos como privados, de toda España. Para ello se recurrió al registro estatal de centros docentes no universitarios y a los portales educativos de las distintas CC. AA., recopilando un total de 4448 direcciones. El enlace al cuestionario fue remitido por correo electrónico a dichas direcciones junto con una carta de presentación explicando la finalidad del estudio y solicitando que se hiciera llegar el mensaje al profesorado de química de 2.º de bachillerato del centro. Por otro lado, el cuestionario se difundió en varios blogs relacionados con la enseñanza de la química. El cuestionario estuvo abierto hasta mayo de 2017, obteniéndose 447 respuestas válidas.

En cuanto a la composición de la muestra, la mayoría de participantes fueron mujeres (59,0%) –Figura 8– y, por grupos de edad, el 39,1% de los que enviaron sus respuestas tenían una edad comprendida entre 45 y 54 años, el 32,3% eran mayores de 55, el 23,9% tenían entre 35 y 44 años y solo el 4,7% eran menores de 35 –Figura 9–. La mayor parte (71,3%) contaba con más de 15 años de experiencia docente frente a un 21,0% que tenía entre 5 y 15 años de experiencia y un 7,7% con menos de 5 años –Figura 10–. En relación a la titularidad del centro, el 79,7% declaró trabajar en un centro público –Figura 11–. También se preguntó por el número de habitantes de la localidad en la que impartían clases, procediendo el mayor número de respuestas (43,6%) de poblaciones

comprendidas entre 5000 y 50 000 habitantes, seguidas de las de 50 000 a 500 000 (30,7%), el 16,7% de ciudades con más de 500 000 habitantes y el 9,0% de localidades con menos de 5000 –Figura 12–.

Figura 8. Distribución de la muestra por sexos

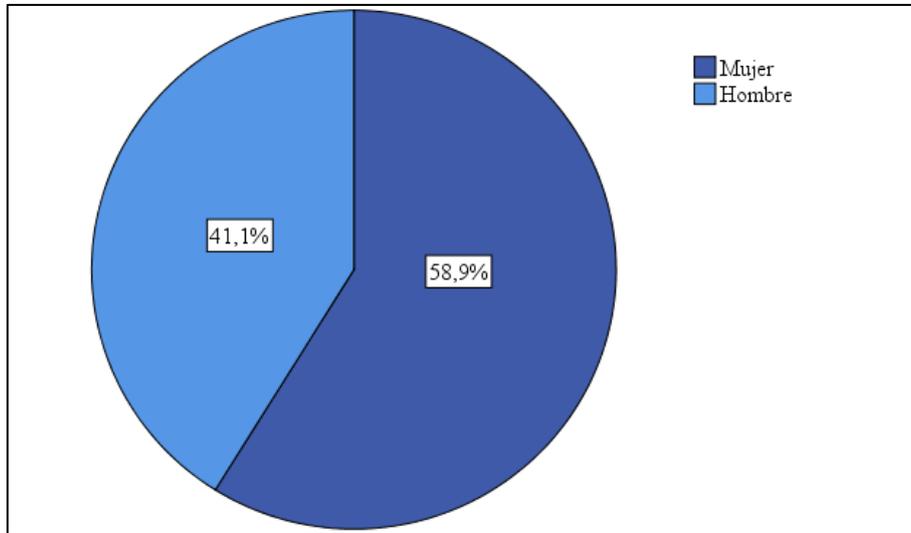


Figura 9. Distribución de la muestra por grupos de edad

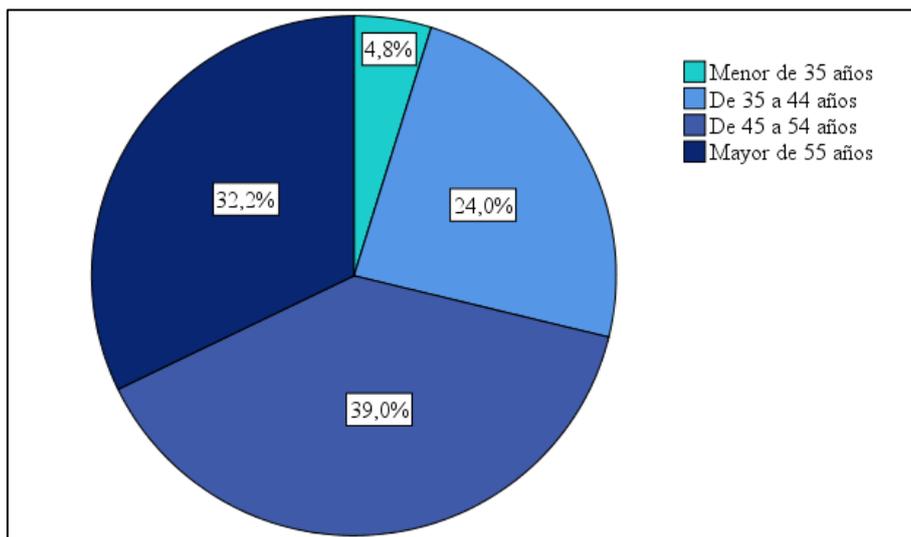


Figura 10. Distribución de la muestra por años de experiencia docente

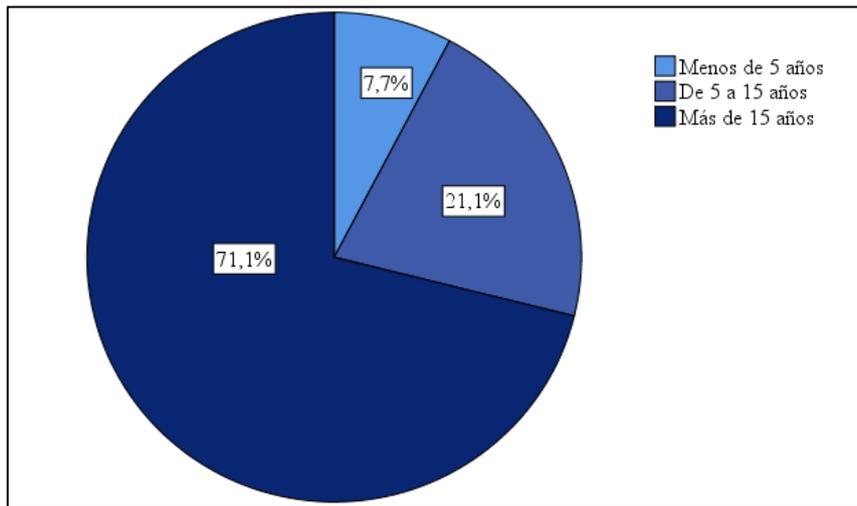


Figura 11. Distribución de la muestra según titularidad de los centros educativos

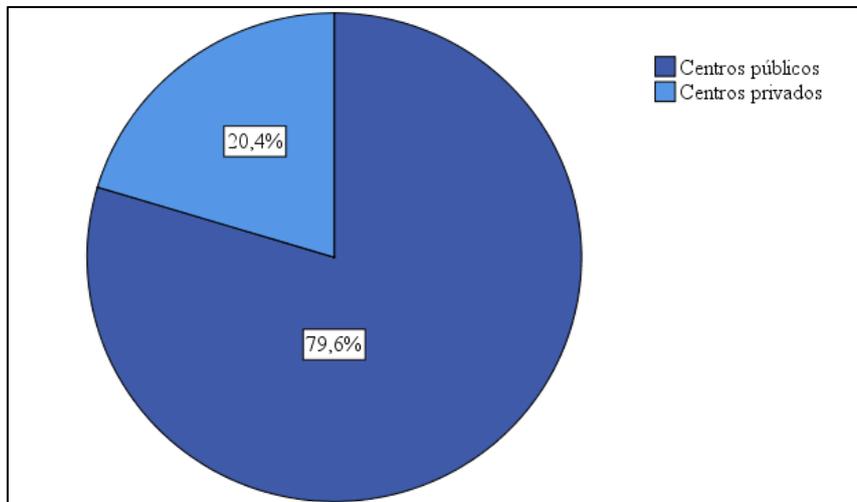
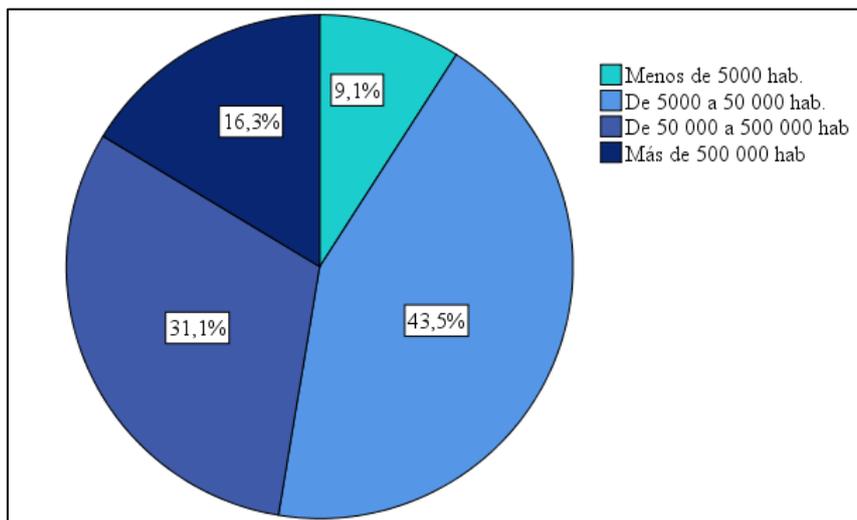


Figura 12. Distribución de la muestra según tamaño de la población



En relación con los distritos universitarios de procedencia, en la Tabla 17 se detalla su distribución, junto con el tamaño de la población –número de centros de bachillerato– correspondiente en cada caso.

Tabla 17. Composición de la muestra por distritos universitarios

D. UNIVERSITARIO	N	n
Andalucía	721	63
Aragón	175	22
Asturias	116	13
Islas Baleares	149	3
Canarias	209	25
Cantabria	56	9
Castilla-La Mancha	217	6
Castilla y León	222	39
Cataluña	753	98

D. UNIVERSITARIO	N	n
C. Valenciana	399	26
Extremadura	112	15
Galicia	186	23
La Rioja	25	2
Madrid	696	47
Murcia	169	14
Navarra	61	8
País Vasco	182	17
TOTAL	4448	447

La Tabla 17 refleja una desigual distribución de la muestra por lo que, de cara a la realización del estudio comparativo por CC. AA., solo se tuvieron en consideración aquellas que alcanzaban el tamaño mínimo muestral establecido para poblaciones finitas (Aguilar-Barojas, 2015), fijando en nuestro caso un margen de error del 15%.

$$n = \frac{0,25 \cdot N \cdot Z^2}{e^2(N-1) + 0,25}$$

Z = valor crítico (=1,44 para un margen de error del 15%)
e = margen de error (en nuestro caso, 0,15)

El valor de n superó el umbral mínimo para Andalucía, Aragón, Canarias, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia y Madrid. Se optó por incluir Asturias y País Vasco por las características diferenciales de sus currículos mostradas en el análisis comparativo, admitiendo en estos casos un margen de error del 20%.

3.2.4. Metodología para el análisis de datos del cuestionario

Con el fin de analizar las respuestas de tipo cuantitativo dadas por los participantes en el estudio, se procedió al tratamiento estadístico de los datos obtenidos mediante el programa SPSS 25. El análisis de datos incluyó las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis exploratorio. Se calcularon las medias, medianas, desviaciones estándar y frecuencias relativas de todas las variables cuantitativas implicadas. Además, con el fin de determinar si la aplicación de pruebas paramétricas era pertinente, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.
- Análisis correlacional. Por un lado, se midieron las correlaciones entre las variables de los grupos GV1 –relativas al currículo deseable a juicio del profesorado– y GV3 –en relación con el currículo impartidos en las aulas– y, por otro lado, entre las variables de los grupos GV2 –currículo de las PAU– y GV3. Dado que se había comprobado previamente que los datos obtenidos no verificaban la condición de normalidad necesaria para el empleo de pruebas paramétricas, se determinaron los índices de correlación Tau-b de Kendall en lugar de los índices de Pearson que suelen emplearse cuando los datos se ajustan a una distribución normal.
- Diferencia de medias. Con el fin de comprobar si existían diferencias significativas entre las metodologías usadas en el aula en ambos cursos de bachillerato, se aplicó la prueba de Wilcoxon, prueba no paramétrica que se emplea como alternativa a la prueba t de Student para muestras relacionadas.
- Análisis inferencial. Para averiguar si existían diferencias significativas en las respuestas dadas en función del sexo de los participantes y la titularidad del centro –únicos factores que implican variables dicotómicas–, se empleó la prueba U de Mann-Whitney, equivalente a la prueba t de Student para dos muestras independientes que se aplicaría en caso de que fueran pertinentes las pruebas paramétricas. La identificación de posibles diferencias significativas entre grupos en relación con el resto de los datos del profesorado –edad, experiencia docente, distrito universitario, y tamaño de la población de la localidad– fue llevada a cabo mediante la prueba H de Kruskal-Wallis, alternativa no paramétrica a la prueba ANOVA. En los casos en los que se detectaron diferencias significativas entre grupos, se procedió a la aplicación de prueba U de Mann-Whitney por pares con el fin de identificar los grupos en los que se manifestaban dichas diferencias.

3.3. Instrumento para analizar las pruebas de evaluación externa

3.3.1. Diseño de la plantilla para el análisis de contenido de las pruebas de evaluación

Como ya se expresó anteriormente, el objetivo general de la segunda parte de nuestra investigación era “conocer y comparar en qué medida las preguntas planteadas en las pruebas de acceso a la universidad en España, Reino Unido e Irlanda cubren los aspectos fundamentales de la competencia científica presentes en los currículos oficiales para la enseñanza de la química”, es decir, establecer una medida del grado de alineamiento de las pruebas de acceso a la universidad de los países estudiados con los aspectos generales comunes a los tres currículos. Para ello, a partir del análisis comparativo de dichos currículos que se expuso en el desarrollo del marco teórico, se elaboraron unas categorías generales, no excluyentes, que pudieran ser aplicables a las preguntas propuestas en las pruebas de acceso a la universidad de España, Reino Unido e Irlanda.

Para redactar las categorías destinadas al análisis de contenido de las pruebas se partió de las doce unidades de contenidos extraídas del currículo LOE –Tabla 14– que se emplearon para redactar los ítems del cuestionario relacionados con el currículo y que, tras su validación de contenido, se habían reducido a once. Al trasladar estas unidades de contenidos a un marco curricular común a los tres países analizados, hubo que omitir las unidades de contenidos relativas al análisis de diversas fuentes de información y a los retos de la investigación química, ya que, como se mencionó al realizar el análisis curricular comparativo, dichos aspectos no están presentes de forma explícita en los currículos británico e irlandés. De este modo, se redactaron nueve categorías generales que se enumeran en la Tabla 18 en relación con las dimensiones de la competencia científica a cuya adquisición contribuyen principalmente.

Tabla 18. Categorías establecidas para el análisis de contenido

CONOCIMIENTOS (SABER)	a. Conceptos, leyes, modelos y teorías
	b. Estructura de la materia
	c. Procesos químicos
DESTREZAS (SABER HACER)	d. Cálculos químicos
	e. Lenguaje químico
	f. Metodología científica
	g. Trabajo experimental
ACTITUDES Y VALORES (SABER SER)	h. Evolución histórica de la química
	i. Aplicaciones y repercusiones de la química

Una vez establecidas las categorías mencionadas, se decidió dividir cada una de ellas en varias subcategorías más descriptivas que pudieran asignarse a las preguntas formuladas en los exámenes, en línea con otros análisis de pruebas de evaluación previos (Cañas et al., 2014; Franco, 2016). Para ello, se revisaron de nuevo los currículos estudiados con el fin de concretar los aspectos específicos que se detallan en ellos en relación con las nueve categorías establecidas.

Por ejemplo, en relación con la categoría “g”, referida al trabajo experimental en química, según la LOE la enseñanza de la química en el bachillerato pretende, entre otros objetivos, «familiarizarse con el diseño y realización de experimentos químicos, así como con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y conocer algunas técnicas específicas, todo ello de acuerdo con las normas de seguridad de sus instalaciones» (Real Decreto 1467/2007, p.45446). De forma análoga, en el Reino Unido se requiere que los estudiantes sean capaces de explicar los diseños experimentales, evaluar los resultados y extraer conclusiones en relación con los errores e incertidumbres en las medidas (Office of Qualifications and Examinations Regulator, 2011, 2014; QCA, 2006), mientras que el alumnado irlandés debe demostrar su capacidad para seleccionar y manipular el instrumental adecuado, hacer observaciones y mediciones precisas e interpretar los datos experimentales y evaluar la precisión de los resultados obtenidos (Department of Education and Science, 1999). Partiendo de estos planteamientos, se establecieron cuatro subcategorías relacionadas con el trabajo experimental en química: conocer y describir técnicas experimentales en química (TE), diseñar y evaluar experimentos (DE), conocer el uso del instrumental básico de un laboratorio químico (IL) y conocer las normas de seguridad de un laboratorio químico (NS).

Para ilustrar de forma más completa el procedimiento seguido para establecer las subcategorías, analizaremos ahora la presencia en las distintas legislaciones educativas de los aspectos relacionados con la categoría “i”, relativa a las aplicaciones y repercusiones de la química. Según la LOE, esta asignatura debe prestar atención a «las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), en particular a las aplicaciones de la química, así como a su presencia en la vida cotidiana, de modo que contribuya a una formación crítica del papel que la química desarrolla en la sociedad» (Real Decreto 1467/2007, p. 45446); por su parte, el currículo para la obtención del *A level* incide en la apreciación de cómo la sociedad toma decisiones sobre cuestiones científicas y el modo en que las ciencias contribuyen a mejorar la economía y la sociedad, considerando además

las aplicaciones e implicaciones de la ciencia y los beneficios y riesgos asociados; por último, para la obtención del *Leaving Certificate* se recalca la importancia de fomentar la apreciación de los aspectos científicos, sociales, económicos, medioambientales y tecnológicos de la química y su relación con la vida cotidiana. Por todo ello, para analizar las preguntas planteadas en las pruebas de evaluación en las que se vincula el aprendizaje de la química con el entorno social, la calidad de vida y su interés tecnológico o industrial se establecieron tres subcategorías: resolver ejercicios contextualizados en situaciones del entorno (SR), conocer y valorar aplicaciones y repercusiones de la química (CA) y aplicar los conocimientos químicos a la solución de problemas del entorno (AQ).

De forma análoga a los dos ejemplos que se han detallado, se procedió a establecer las subcategorías correspondientes a las siete categorías restantes. Además, algunos aspectos relevantes presentes en nuestro currículo también se incluyeron como subcategorías, con el fin de determinar el grado de alineamiento de nuestras pruebas de evaluación con el marco legislativo; un ejemplo representativo es el análisis de diversas fuentes de información que explicita la LOE como objetivo de la enseñanza de la química y que en la plantilla para analizar el contenido de las pruebas se optó por incluir dentro de los aspectos relacionados con la metodología científica.

Por otro lado, para facilitar el proceso de categorización de las preguntas y delimitar convenientemente sus contenidos, se decidió especificar dentro de cada subcategoría un breve listado de posibles ejemplos de preguntas relacionadas con cada una de ellas (Franco, 2016), partiendo de un análisis preliminar de cuestiones planteadas en las PAU de química y de la experiencia docente previa de las investigadoras.

La Tabla 19 detalla el sistema de categorías y subcategorías elaborado, incluyendo además una ejemplificación de preguntas que podrían integrarse en cada una de las subcategorías descritas.

Tabla 19. Plantilla de análisis de contenido de las pruebas de evaluación de química (continúa)

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	EJEMPLOS DE PREGUNTAS
a. Conceptos, leyes, modelos y teorías en química	CO: Definir conceptos	Definir energía de ionización, electronegatividad, entalpía, pH, etc.
	MO: Explicar modelos	Explicar modelo de Bohr, modelo RPECV, hibridación, etc.
	LT: Enunciar leyes y teorías	Enunciar principio de incertidumbre, principio de Le Chatelier, teoría de Brönsted, etc.
b. Estructura de la materia	ES: Deducir estructura submicroscópica	Indicar estructuras electrónicas, números cuánticos, estructuras de Lewis, geometría molecular, fuerzas intermoleculares, isómeros, etc.
	CL: Clasificar sustancias	Indicar grupo y periodo de los elementos, clasificar en metales/no metales, indicar tipo de enlace, etc.
	PR: Deducir propiedades de las sustancias	Comparar radios atómicos, energía de ionización, polaridad, temperaturas de fusión y ebullición, etc. Deducir, a partir de su fórmula, comportamiento ácido-base, carácter oxidante-reductor, etc.
c. Procesos químicos	AE: Escribir, ajustar y clasificar ecuaciones químicas.	Escribir y/o ajustar equilibrios de precipitación, reacciones ácido-base, procesos redox, obtención de compuestos orgánicos, etc. Clasificar reacciones.
	EM: Escribir expresiones matemáticas relacionadas con procesos químicos	Escribir ecuación de velocidad, ley de Hess aplicada a un proceso, expresión de la constante de equilibrio, relación entre la constante de un ácido y la de su base conjugada, fuerza electromotriz de una pila, etc.
	CT: Deducir aspectos cinéticos y termodinámicos de procesos químicos	Deducir modificación de la velocidad de reacción, espontaneidad de una reacción, evolución del equilibrio, formación de precipitados, condiciones para mejorar rendimiento, etc.
d. Cálculos químicos	CB: Realizar cálculos básicos en química	Determinar composición centesimal, número de átomos y moléculas, volúmenes de gases, concentración de disoluciones, etc.
	EN: Realizar cálculos energéticos y cinéticos	Calcular energía reticular, entalpías de combustión, energía de Gibbs, potencial de reducción, velocidad de reacción, energía de líneas espectrales, etc.
	ET: Resolver cálculos estequiométricos	Aplicar estequiometría a reacciones de combustión, neutralización, redox, disociación de ácidos o bases fuertes, etc.
	CE: Realizar cálculos relacionados con el equilibrio	Determinar composición del equilibrio, grado de disociación de ácidos o bases débiles, etc. Calcular constantes de equilibrio o cociente de reacción.
e. Lenguaje químico	FI: Formular y nombrar compuestos inorgánicos	Formular o nombrar de forma explícita compuestos inorgánicos o como requisito para resolver la cuestión planteada (p. ej. cálculo estequiométrico)
	FO: Formular y nombrar compuestos orgánicos	Formular o nombrar de forma explícita compuestos orgánicos o como requisito para resolver la cuestión planteada.
	CR: Completar la representación simbólica de reacciones químicas	Completar las especies químicas que participan en una reacción (iones, electrones, sustancias elementales, etc.).

Tabla 19. Plantilla de análisis de contenido de las pruebas de evaluación de química (continuación)

f. Metodología científica en química	EH: Emitir hipótesis fundamentadas sobre fenómenos observables	Predecir cambios de color, formación de precipitados, desprendimiento de gas, etc.; aportar evidencias experimentales.
	RP: Plantear estrategias para resolver un problema dado	Proponer formas de mejorar rendimiento de una reacción, técnicas a emplear para medir concentración de una disolución, identificar un reactivo, etc.
	IR: Organizar e interpretar resultados experimentales	Deducir orden de reacción a partir de tabla de concentraciones, identificar sustancia a partir de espectro, dibujar perfil de reacción, etc.
	AI: Analizar información procedente de diversas fuentes	Extraer información relevante de textos científicos, valorar información científica contenida en textos periodísticos, etc.
g. Trabajo experimental en química	TE: Conocer y describir técnicas experimentales en química	Describir pasos a seguir para preparación de disoluciones, volumetrías, técnicas analíticas, montaje de una pila galvánica, electrolisis de sales, etc.
	DE: Diseñar y evaluar experimentos	Proponer mejoras en un experimento, justificar pasos a seguir, indicar posibles causas de error, etc.
	IL: Conocer el uso del instrumental básico de un laboratorio químico	Identificar material necesario para técnica experimental, explicar uso del instrumental, dibujar montaje experimental, etc.
	NS: Conocer las normas de seguridad de un laboratorio químico	Enumerar, describir y/o valorar normas de seguridad a seguir en un procedimiento experimental dado, identificar pictogramas de seguridad, etc.
h. Evolución histórica de la química	CH: Integrar los conocimientos estudiados en su contexto histórico	Enunciar las leyes de los gases en su contexto histórico, definir el concepto de elemento en un marco histórico, etc.
	HQ: Conocer los hechos y figuras más relevantes en la historia de la química	Nombrar científicos relacionados con descubrimientos químicos (radiactividad, espectros atómicos, composición química de los seres vivos, etc), describir dichos descubrimientos, etc.
	EQ: Comprender el carácter evolutivo de modelos, leyes y teorías químicas:	Establecer las limitaciones del modelo de Bohr, explicar hechos experimentales en relación a la clasificación de los elementos, comparar conceptos de ácido y base según distintas teorías, etc.
i. Aplicaciones y repercusiones de la química	SR: Resolver cuestiones y ejercicios contextualizados en el entorno.	Resolver ejercicios relacionados con el pH de sustancias de uso cotidiano, la aplicación de la electrolisis para hacer un recubrimiento metálico, etc.
	CA: Conocer y valorar aplicaciones y repercusiones de la química	Citar aplicaciones de la electrolisis, explicar las repercusiones medioambientales de las reacciones de combustión, etc.
	AQ: Aplicar los conocimientos químicos a la solución de problemas del entorno	Utilizar datos experimentales para explicar la potabilidad del agua, determinar tiempo necesario para conseguir un recubrimiento metálico de determinado espesor, etc.

3.3.2. Muestra de pruebas de evaluación analizadas

La muestra estudiada, descrita en la Tabla 20, está constituida por las preguntas extraídas de pruebas de evaluación de química para el acceso a la universidad propuestas en España; Reino Unido e Irlanda entre 2010-2016, periodo que en nuestro país se corresponde con la vigencia de la LOE en las PAU. Los exámenes de los que se han extraído las preguntas para su categorización corresponden a:

- Convocatorias ordinaria y extraordinaria de las PAU entre 2010 y 2016 en las diez CC. AA. en las que se centró el estudio sobre la influencia de las PAU, según los criterios expuestos en la descripción de la muestra de profesorado: Andalucía, Aragón, Asturias, Canarias, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia, Madrid y País Vasco—. Esta muestra de pruebas de evaluación está integrada por 140 exámenes extraídos de las páginas web de las universidades españolas y consta de un total de 1382 preguntas.
- Exámenes para la obtención del *A level* propuestos por la *Assessment and Qualifications Alliance* entre 2010 y 2016, incluyendo todas las unidades de evaluación del AS y el A2 –tres por año y nivel—. La muestra británica está constituida por 42 unidades de evaluación, obtenidas en la página web de la junta examinadora, con un total de 304 preguntas.
- Exámenes del *Leaving Certificate (higher level)* realizados entre 2010 y 2016, muestra formada por siete exámenes, disponibles en la página web de la *State Examinations Commission* (SEC), que incluyen 77 preguntas.

Tabla 20. Distribución de las preguntas analizadas por países, CC. AA. y años

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
ESPAÑA	194	198	198	198	198	198	198	1382
Andalucía	24	24	24	24	24	24	24	168
Aragón	16	20	20	20	20	20	20	136
Asturias	20	20	20	20	20	20	20	140
Canarias	20	20	20	20	20	20	20	140
Castilla y León	20	20	20	20	20	20	20	140
Cataluña	14	14	14	14	14	14	14	98
Com. Valenciana	20	20	20	20	20	20	20	140
Galicia	20	20	20	20	20	20	20	140
Madrid	20	20	20	20	20	20	20	140
País Vasco	20	20	20	20	20	20	20	140
REINO UNIDO	42	43	46	42	42	46	43	304
IRLANDA	11	77						

3.3.3. Metodología para el análisis de datos de la plantilla

Una vez confeccionada la plantilla destinada al análisis de contenido y seleccionada la muestra de exámenes, se procedió a la categorización de las 1717 preguntas que configuraban la muestra, de forma que cada pregunta fue incluida, en relación con sus contenidos, en una o más categorías y, dentro de estas, en una o más subcategorías. Este proceso fue llevado a cabo por dos jueces –la autora de la tesis y su directora– de manera independiente, alcanzando un grado de concordancia muy elevado y resolviendo por consenso los casos puntuales en los que había discrepancia. Todos los datos obtenidos se introdujeron en una hoja de Excel para su posterior tratamiento estadístico.

Con el fin de responder a las preguntas de investigación relacionadas con el segundo objetivo de nuestro estudio, se analizaron las frecuencias absolutas y relativas de las distintas categorías y subcategorías correspondientes a cada uno de los países y CC. AA. estudiados. De este modo, se pudo averiguar en qué medida se integraban los contenidos competenciales de los currículos oficiales de química en las pruebas de acceso analizadas –pregunta de investigación (2A)– y, comparando las frecuencias relativas, conocer las analogías y diferencias existentes en los niveles de alineación curricular alcanzados –pregunta de investigación (2B)–. Por otro lado, se efectuó un estudio longitudinal mediante el análisis de las frecuencias relativas correspondientes a cada uno de los años que abarca el estudio para los tres países analizados, de forma que pudiera determinarse si existe una evolución temporal en los contenidos de las pruebas analizadas a lo largo del periodo 2010-2016 –pregunta de investigación (2C)–.

El análisis cuantitativo de los contenidos se completó con un estudio cualitativo que requirió seleccionar algunas preguntas representativas planteadas en las pruebas de los tres países y en las que se pone énfasis en los aspectos de la competencia científica más infrarrepresentados en nuestras PAU. Este repertorio de preguntas pretende aportar ideas de cara al diseño de unas futuras pruebas de acceso a la universidad en las que se evalúen de forma explícita los aspectos fundamentales de la competencia científica y se contribuya a promoverlos en los centros educativos.

4. Análisis y discusión de los resultados

4.1. Resultados del cuestionario: relación entre las PAU y la enseñanza-aprendizaje de la química en bachillerato

Antes de proceder al análisis estadístico de los datos cuantitativos obtenidos en el cuestionario, fue preciso averiguar si estos se ajustaban a una distribución normal, primera condición necesaria para la aplicación de pruebas paramétricas o, en caso contrario, si se requeriría el empleo de pruebas no paramétricas. El procedimiento que se utilizó para determinar la bondad de ajuste de todos los datos cuantitativos fue la prueba de Kolmogorov-Smirnov, que arrojó los resultados que se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Prueba de Kolmogorov-Smirnov de una muestra

ITEM	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	1h	1i	1j	1k
Estadístico de prueba	7.318	7.728	5.868	8.232	8.089	6.263	6.421	4.954	4.462	7,154	4,916
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ITEM	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	2h	2i	2j	2k
Estadístico de prueba	4.208	4.439	3.840	9.330	4.194	4.208	4.228	7.798	4.747	4,287	6,668
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ITEM	3a	3b	3c	3d	3e	3f	3g	3h	3i	3j	3k
Estadístico de prueba	5.677	5.521	5.024	10.221	7.822	3.540	3.499	4.034	4.583	4,358	3,605
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ITEM	4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g				
Estadístico de prueba	5.766	3.828	3.437	3.706	3.233	3.226	4.580				
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
ITEM	5a	5b	5c	5d	5e	5f	5g	5h			
Estadístico de prueba	4.336	8.495	6.108	5.174	4.267	5.607	7.941	7.687			
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
ITEM	6a	6b	6c	6d	6e	6f	6g	6h			
Estadístico de prueba	3.868	5.510	4.923	3.866	3.951	4.497	5.397	5.076			
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
ITEM	7	8									
Estadístico de prueba	4.648	6.016									
Sig. asint. (bilateral)	0.000	0.000									

La prueba de Kolmogorov-Smirnov reveló que para todas las variables estudiadas la significación asintótica era inferior a 0,05, por lo que ninguna de ellas se ajusta a una distribución normal para un nivel de confianza establecido en el 95%. En consecuencia, todas las pruebas estadísticas aplicadas a nuestro estudio fueron no paramétricas.

4.1.1. Influencia del criterio del profesorado y los contenidos de las PAU en el currículo impartido en las aulas

Como ya se indicó en la descripción del cuestionario dirigido al profesorado, los tres primeros apartados de este estaban destinados a: (1) valorar la importancia deseable de los distintos aspectos del currículo de química a juicio del profesorado, (2) valorar la importancia concedida a dichos aspectos en las PAU y (3) valorar la importancia que concede el profesorado a los mencionados aspectos en las aulas. En la Tabla 22 se muestran las medias (\bar{x}), medianas (\tilde{x}) y desviaciones estándar (s) obtenidas en la valoración de las once unidades curriculares (UC) finales analizadas en sus tres vertientes.

Tabla 22. Parámetros estadísticos obtenidos en la valoración de las unidades curriculares a juicio del profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato

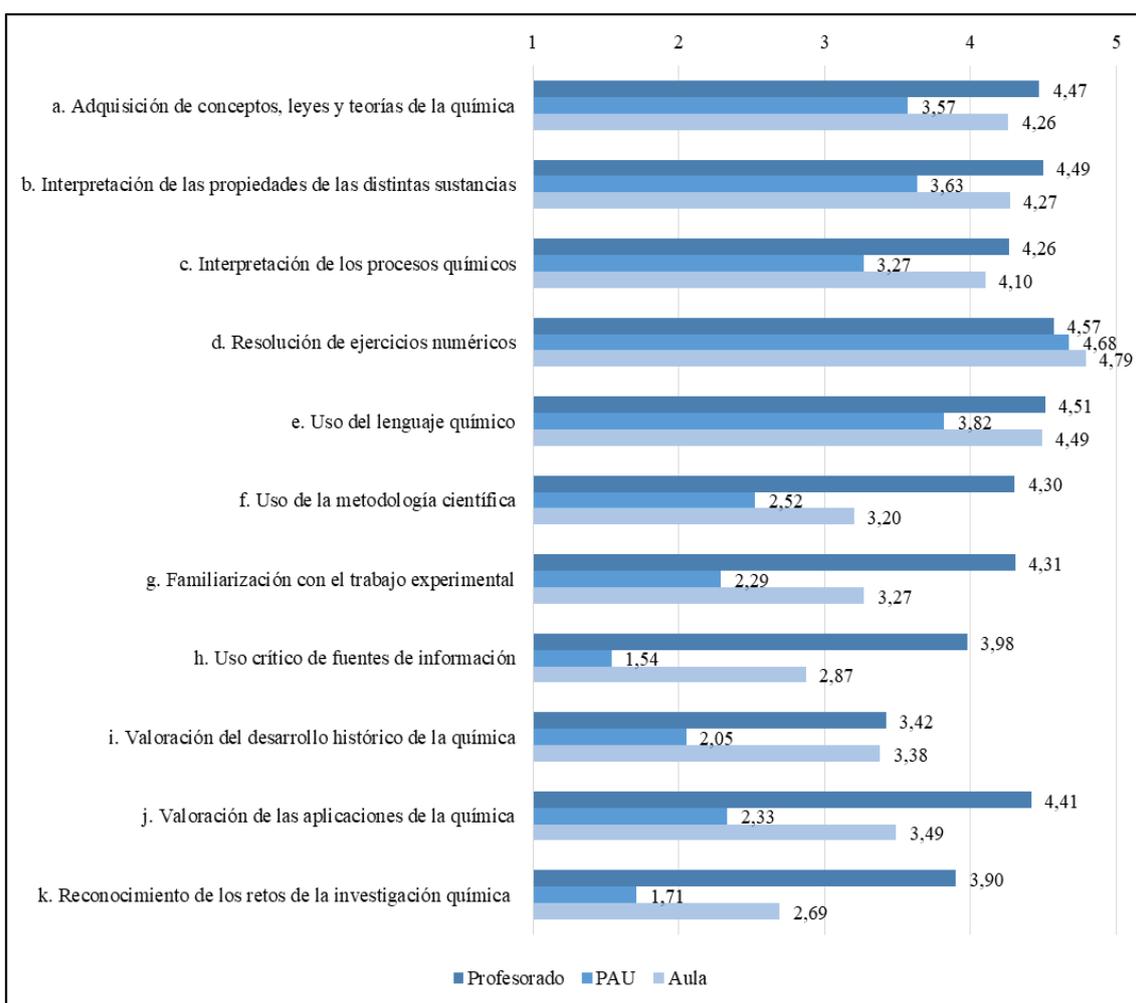
UNIDADES CURRICULARES	Profesorado			PAU			Aula		
	\bar{x}	\tilde{x}	s	\bar{x}	\tilde{x}	s	\bar{x}	\tilde{x}	s
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías...	4,47	5	0,70	3,57	4	1,05	4,26	4	0,78
b. Interpretación de las propiedades...	4,49	5	0,70	3,63	4	1,01	4,27	4	0,77
c. Interpretación de los procesos químicos	4,26	4	0,82	3,27	3	1,03	4,10	4	0,84
d. Resolución de ejercicios numéricos	4,57	5	0,63	4,68	5	0,59	4,79	5	0,45
e. Uso del lenguaje químico	4,51	5	0,71	3,82	4	1,05	4,49	5	0,71
f. Uso de la metodología científica	4,3	4	0,79	2,52	2	1,14	3,20	3	1,19
g. Familiarización con el trabajo experimental	4,31	4	0,81	2,29	2	1,14	3,27	3	1,17
h. Uso crítico de fuentes de información	3,98	4	0,88	1,54	1	0,85	2,87	3	1,12
i. Valoración del desarrollo histórico...	3,41	3	0,93	2,06	2	1,00	3,38	3	1,02
j. Valoración de las aplicaciones de la química	4,41	5	0,75	2,33	2	1,16	3,49	4	1,01
k. Reconocimiento de los retos...	3,90	4	0,94	1,71	1	0,95	2,69	3	1,18

Como se aprecia en la Tabla 22, la valoración media que se concede en el aula a la práctica totalidad de los aspectos del currículo es inferior a lo que desearía el profesorado, pero superior a la relevancia que se les da en las PAU. Únicamente en lo que se refiere a la realización de ejercicios y problemas (ítem d) se observa que su desarrollo en las PAU –valoración media de 4,68 en una escala de 1 a 5– es ligeramente superior a lo que el profesorado considera deseable –4,57–, lo que presumiblemente lleva a dar una valoración sumamente elevada –4,79– a dicho contenido en las clases de química, si bien las medianas que se obtienen –medidas de centralización más adecuadas para la medida de variables ordinales– son de 5 puntos para las tres vertientes. También cabe destacar, en

relación con los valores de las desviaciones estándar, que estas son especialmente elevadas en relación con las UC (f), (g), y (j) en las PAU, heterogeneidad que también se refleja en el aula.

La Figura 12 muestra de forma gráfica las valoraciones medias correspondientes a la importancia de las distintas unidades curriculares a juicio del profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato, de forma que se facilite la comparación entre las tres vertientes del currículo.

Figura 13. Valoración media de la importancia de las distintas unidades curriculares a juicio del profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato



Al comparar las valoraciones de las distintas unidades curriculares, se pone de manifiesto que todas ellas son consideradas muy importantes por el profesorado, con una valoración media superior a 4 puntos en casi todas ellas y solo ligeramente inferior en el caso de tres UC: uso crítico de fuentes de información (h), valoración del desarrollo histórico de la química (i) y reconocimiento de los retos de la investigación química (k). Sin

embargo, la valoración en las PAU de las distintas UC es mucho más heterogénea, ya que solo una de las UC –resolución de ejercicios numéricos (e)– supera los 4 puntos de valoración media, mientras que para seis UC –todas ellas relacionadas con destrezas de carácter innovador o con las actitudes y valores en química– sus valores medios son inferiores a 3 puntos, siendo sus medianas de 2 puntos para el uso de la metodología científica (f), la familiarización con el trabajo experimental (g), (i) y la valoración de las aplicaciones de la química (j) y de solo 1 punto para (h) y (k). La valoración de la relevancia que adquieren en las aulas las citadas UC sigue la misma pauta observada en las PAU, aunque con diferencias menos marcadas, ya que las cinco primeras UC –relacionadas con la dimensión más cognitiva de la competencia científica y con destrezas de carácter tradicional– obtienen valoraciones medias superiores a 4 puntos y los restantes valores en torno a 3 puntos.

Con objeto de poder comparar mejor las valoraciones medias dadas por los encuestados al currículo desarrollado en las aulas (\bar{x}_{aula}) con sus propias valoraciones de la situación ideal (\bar{x}_{prof}) y con la que se refleja en las PAU (\bar{x}_{PAU}), se determinaron las diferencias de medias correspondientes, obteniendo los valores que se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Diferencias entre la importancia de los aspectos del currículo de química en las aulas de bachillerato respecto a la situación deseable y la observada en las PAU

UNIDADES CURRICULARES	Diferencias de medias	
	$\bar{x}_{aula} - \bar{x}_{prof}$	$\bar{x}_{aula} - \bar{x}_{PAU}$
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías de la química	-0,21	0,69
b. Interpretación de las propiedades de las distintas sustancias	-0,22	0,64
c. Interpretación de los procesos químicos	-0,16	0,83
d. Resolución de ejercicios numéricos	0,22	0,11
e. Uso del lenguaje químico	-0,02	0,67
f. Uso de la metodología científica	-1,10	0,68
g. Familiarización con el trabajo experimental	-1,04	0,98
h. Uso crítico de fuentes de información	-1,11	1,33
i. Valoración del desarrollo histórico de la química	-0,04	1,33
j. Valoración de las aplicaciones de la química	-0,92	1,16
k. Reconocimiento de los retos de la investigación química	-1,21	0,98

Los valores de la Tabla 23 muestran que las diferencias más marcadas entre el currículo desarrollado en las aulas y la situación que el profesorado considera deseable hacen referencia a las destrezas propias de la competencia científica con un carácter más

innovador – uso de la metodología científica (f), familiarización con el trabajo experimental (g) y uso crítico de fuentes de información (h)–, y con dos de las que se relacionan con las actitudes y valores –valoración de las aplicaciones de la química (j) y reconocimiento de los retos de la investigación química (k)–. Además, en tres de los aspectos mencionados –metodología científica (f), trabajo experimental (g) y retos de la investigación química (k), la diferencia existente entre la importancia que se les concede en las aulas y la que sería deseable es mayor, en valor absoluto, que la diferencia entre su importancia en las aulas y en las PAU.

Por otro lado, como ya se ha mencionado, nos interesaba determinar la correlación existente para cada UC entre la realidad del aula y su presencia en las PAU y comparar esta correlación con la que se observa entre dicha realidad y la situación que el profesorado considera deseable. Para ello, dado que la prueba de Kolmogorov-Smirnov reveló que los datos obtenidos no verificaban la condición de normalidad, se calcularon las correlaciones Tau-b de Kendall entre ambos pares de variables, obteniéndose los valores que se reflejan en la Tabla 24.

Tabla 24. Correlación entre la importancia deseable de los distintos aspectos del currículo y su tratamiento en las PAU con la realidad del aula

UNIDADES CURRICULARES	Correlaciones Tau-b de Kendall	
	Deseable/Aula	PAU/Aula
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías de la química	0,574	0,352
b. Interpretación de las propiedades de las distintas sustancias	0,496	0,311
c. Interpretación de los procesos químicos	0,557	0,370
d. Resolución de ejercicios numéricos	0,400	0,306
e. Uso del lenguaje químico	0,554	0,246
f. Uso de la metodología científica	0,133	0,266
g. Familiarización con el trabajo experimental	0,304	0,411
h. Uso crítico de fuentes de información	0,289	0,340
i. Valoración del desarrollo histórico de la química	0,373	0,348
j. Valoración de las aplicaciones de la química	0,406	0,320
k. Reconocimiento de los retos de la investigación química	0,383	0,342

En ambos casos, se puede observar que existen correlaciones positivas y significativas para todos los contenidos analizados. Estas correlaciones ponen de manifiesto la

confluencia de dos factores principales en la selección del currículo por parte del profesorado: las prioridades establecidas por los propios docentes y las que se fijan en las PAU. Por otro lado, al analizar los valores de los índices de correlación obtenidos, se comprueba que, en los contenidos ligados a las habilidades científicas menos habituales en la enseñanza tradicional de la química –(f), (g) y (h)–, la realidad de las aulas presenta mayores correlaciones con los contenidos de las PAU que con el ideal manifestado por los docentes.

Como ya se indicó anteriormente, el cuestionario ofrecía a los encuestados la posibilidad de aportar, con extensión libre, los comentarios o matizaciones que consideraran pertinentes para completar sus valoraciones cuantitativas. Las respuestas cualitativas que se obtuvieron proporcionan una gran cantidad de información que enriquece el análisis realizado hasta ahora, aportando matices a la discusión de resultados. A continuación, se incluyen algunos de los comentarios textuales hechos por los docentes en referencia a la priorización en las aulas de bachillerato de los aspectos más tradicionales del currículo propiciada por las PAU. En cada caso, se indican entre paréntesis: sexo, edad, años de experiencia docente, titularidad del centro, distrito universitario y número de habitantes de la localidad.

«Creo en el aprendizaje significativo y creo que todas y cada una de las parcelas que habéis nombrado son imprescindibles como para poner un 4 o un 5. Pero la realidad de las pruebas es otra. En las pruebas se centran sobre todo en saber si los alumnos son capaces de aplicar los conceptos clave aprendidos y los procedimientos de resolución, para abordar problemas teóricos, prácticos o teórico-prácticos referentes al currículo de Bachillerato» (Mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Comunidad Valenciana; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«Todo es una cuestión de la presión que supone terminar unos contenidos a tiempo para preparar las pruebas de acceso a la universidad. Para mí los contenidos son excesivos, e inevitablemente tienes que escoger en qué inviertes tiempo. Aunque no nos guste nuestros alumnos nos van a valorar por los resultados que tengan en las pruebas de acceso a la universidad, y más tarde cuando estén en la universidad nos van a valorar por todo lo demás que hayan aprendido con nosotros. Si has hecho bien tu trabajo y obtienes *feedback* de ellos recibirás algún buen comentario al respecto y será un gozo, aunque tu sensación es que has tenido que soltar demasiados rollos y que te ves forzado a dedicar demasiado tiempo a prepararlos

para superar un examen y no a la enseñanza de la química o de las habilidades que van a necesitar» (Hombre; de 35 a 44 años; de 5 a 15 años; público; Cataluña; de 5000 a 50 000 habitantes).

«Este año he optado por el pragmatismo, entre otras razones, dado el nivel inicial y el interés que les merece la asignatura y sus motivaciones académicas; profesionales (...). Mi prioridad pasa por que mi alumnado obtenga la mejor de las calificaciones en la PAU y, para ello, tristemente, me dedico a enseñarles a aprobar un examen. Insisto, sé que es triste; sé que es una contradicción y, subrayo, ni siquiera a mí me gusta esta manera de proceder; no obstante, me parece que el contexto educativo es una pieza fundamental para comprender por qué enseñamos lo que enseñamos y cómo lo enseñamos» (hombre; de 35 a 44 años; menos de 5 años; público; Castilla y León; menos de 5000 habitantes).

«Las pruebas están basadas principalmente en la repetición de procedimientos, problemas típicos con muy pocos contenidos teóricos. Pocas veces se piden procedimientos experimentales o el diseño de una práctica. La mayoría de las veces dan las fórmulas químicas por lo que los alumnos han dejado de estudiar formulación inorgánica, lo que es un impedimento para comprender la disociación iónica o hacer un ajuste redox» (Mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; privado; Castilla y León; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«La PAU está totalmente contraindicada con lo que pretendemos algunos profesores (creo que, por desgracia, pocos): enseñar Química, su importancia en la sociedad, a estudiar de forma diferente, y un largo etcétera. La PAU convierte a muchos profesores en profesores de academia, con el máximo respeto que se merecen estos últimos» (Hombre; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Madrid; más de 500 000 habitantes).

Una vez analizados globalmente los datos acerca de la influencia de las PAU en los distintos aspectos del currículo, nos planteamos investigar si otros factores relacionados con el profesorado y el centro educativo incidían también en el currículo desarrollado en las aulas. Para ello se evaluaron –mediante la prueba U de Mann-Whitney para las variables dicotómicas y la H de Kruskal-Wallis para el resto de las variables– las posibles diferencias en las respuestas obtenidas en relación con los datos señalados por los encuestados –sexo, edad, años de experiencia docente, titularidad del centro educativo, distrito

universitario y tamaño de la población de la localidad correspondiente— y se comprobó en cada uno de los casos si dichas diferencias eran o no significativas a un nivel de confianza del 95%.

La comparación por sexos reveló que las mujeres encuestadas otorgaban una importancia ligeramente superior que los hombres a la mayoría de los contenidos mencionados, no solo en la situación que juzgaban como deseable, sino también en sus clases. Al aplicar la prueba U de Mann-Whitney, se encontró que las diferencias eran significativas en la valoración de la importancia que los docentes consideraban deseable para siete de las UC y que se manifestaban también en la distinta relevancia dada a dichos contenidos en las aulas por las profesoras respecto a sus compañeros varones. Las citadas diferencias hacían referencia a todo tipo de contenidos, pero eran especialmente patentes en la importancia dada en las aulas al lenguaje químico (e) y al trabajo experimental (g). Por otro lado, se constató la ausencia de diferencias significativas en la percepción de la importancia de las distintas UC en las PAU. Por otro lado, con el fin de averiguar si la intensidad del *washback* dependía del sexo, se determinaron las diferencias, para cada UC, entre la importancia percibida en las PAU y su desarrollo en las aulas, lo que reveló que en todos los casos dichas diferencias eran menores en el caso de los hombres; sin embargo, solo en el caso del lenguaje químico se pusieron de manifiesto diferencias significativas entre ambos sexos, que revelarían un posible *washback* de mayor intensidad en los hombres respecto a esta UC. En la Tabla 25 se recogen las valoraciones medias dadas por mujeres (M) y hombres (H) a las once UC en sus tres vertientes; además, se muestran las diferencias de medias entre el currículo en el aula y en las PAU en relación con el sexo de los encuestados. Las puntuaciones con diferencias significativas se resaltan en azul.

Tabla 25. Valoración según el sexo de la importancia de las distintas unidades curriculares según el profesorado, en las PAU y en las aulas y diferencia PAU/aulas

UNIDADES CURRICULARES	Profesorado		PAU		Aula		Aula - PAU	
	M	H	M	H	M	H	M	H
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías...	4,49	4,43	3,55	3,60	4,28	4,22	0,73	0,62
b. Interpretación de las propiedades...	4,56	4,40	3,68	3,58	4,35	4,15	0,67	0,57
c. Interpretación de los procesos químicos	4,31	4,18	3,24	3,32	4,13	4,05	0,89	0,73
d. Resolución de ejercicios numéricos	4,65	4,44	4,69	4,66	4,85	4,70	0,16	0,04
e. Uso del lenguaje químico	4,60	4,38	3,87	3,76	4,62	4,29	0,75	0,53
f. Uso de la metodología científica	4,38	4,19	2,55	2,47	3,29	3,07	0,74	0,60
g. Familiarización con el trabajo experimental	4,39	4,17	2,37	2,16	3,38	3,11	1,01	0,95
h. Uso crítico de fuentes de información	4,02	3,91	1,53	1,56	2,88	2,84	1,35	1,28
i. Valoración del desarrollo histórico...	3,43	3,38	2,07	2,04	3,41	3,32	1,34	1,28
j. Valoración de las aplicaciones...	4,51	4,29	2,35	2,31	3,54	3,42	1,19	1,11
k. Reconocimiento de los retos...	4,05	3,67	1,74	1,68	2,78	2,56	1,04	0,88

La prueba U de Mann-Whitney se aplicó también al otro factor dicotómico considerado, la titularidad del centro. La prueba mostró que las diferencias en las valoraciones de la importancia de diez de las UC por parte de los docentes de los centros públicos y privados no eran significativas en ninguna de sus tres vertientes. Solo en lo relativo al lenguaje químico (e), la valoración del profesorado de la enseñanza privada era significativamente superior a la de la enseñanza pública. También se puso de manifiesto una diferencia significativa relacionada con la importancia que se concede en las PAU a las aplicaciones de la química (j) que, al tratarse de las mismas pruebas, solo puede atribuirse a una diferente percepción de los docentes y no se refleja en el currículo desarrollado en las aulas. En cuanto a las diferencias entre la importancia percibida en las PAU y su desarrollo en las aulas no se observa que aumente o disminuya en relación con la titularidad del centro. En la Tabla 26 se recogen las valoraciones medias dadas por el profesorado de los centros públicos (Púb.) y privados (Priv.) en relación con la importancia que debería darse a las distintas UC a juicio de los docentes, la importancia que se les concede en las PAU y la que los propios docentes les otorgan en las aulas; en dicha tabla vuelven a resaltarse en azul las puntuaciones que mostraron diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 26. Valoración media, según titularidad del centro, de la importancia de las distintas unidades curriculares según el profesorado, en las PAU y en las aulas de bachillerato

UNIDADES CURRICULARES	Profesorado		PAU		Aula	
	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.
a. Adquisición de conceptos, leyes...	4,49	4,38	3,58	3,51	4,29	4,11
b. Interpretación de las propiedades...	4,52	4,40	3,64	3,59	4,27	4,27
c. Interpretación de los procesos químicos	4,27	4,22	3,23	3,42	4,07	4,19
d. Resolución de ejercicios numéricos	4,56	4,60	4,67	4,69	4,77	4,85
e. Uso del lenguaje químico	4,48	4,63	3,80	3,86	4,44	4,65
f. Uso de la metodología científica	4,30	4,31	2,52	2,52	3,24	3,04
g. Familiarización con el trabajo experimental	4,31	4,28	2,29	2,26	3,29	3,17
h. Uso crítico de fuentes de información	3,99	3,88	1,54	1,55	2,88	2,80
i. Valoración del desarrollo histórico...	3,45	3,24	2,07	2,00	3,42	3,21
j. Valoración de las aplicaciones de la química	4,40	4,47	2,26	2,64	3,46	3,58
k. Reconocimiento de los retos...	3,89	3,90	1,69	1,83	2,70	2,62

Para el resto de los factores considerados, al poder tomar tres o más valores, se evaluaron las posibles diferencias significativas mediante la prueba H de Kruskal-Wallis. Así, al comparar el desarrollo del currículo en el aula en relación con los factores “edad” (Tabla 27), y “tamaño de la población” (Tabla 28) no se encontraron diferencias significativas entre grupos, por lo que no fue preciso indagar en las otras vertientes del currículo.

Tabla 27. Valoración media, según grupos de edad, de la importancia de las distintas unidades curriculares en las aulas de bachillerato

UNIDADES CURRICULARES	< 35	35-44	45-54	>55
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías de la química	4,14	4,10	4,36	4,27
b. Interpretación de las propiedades de las sustancias	4,24	4,27	4,31	4,22
c. Interpretación de los procesos químicos	4,00	4,04	4,15	4,09
d. Resolución de ejercicios numéricos	4,76	4,83	4,83	4,72
e. Uso del lenguaje químico	4,43	4,55	4,56	4,36
f. Uso de la metodología científica	3,14	3,13	3,25	3,19
g. Familiarización con el trabajo experimental	3,05	3,20	3,38	3,19
h. Uso crítico de fuentes de información	2,95	2,89	2,84	2,86
i. Valoración del desarrollo histórico de la química	3,14	3,29	3,35	3,51
j. Valoración de las aplicaciones de la química	3,67	3,43	3,44	3,55
k. Reconocimiento de los retos de la investigación química	2,62	2,84	2,60	2,69

Tabla 28. Valoración media, según tamaño de la población, de la importancia de las distintas unidades curriculares en las aulas de bachillerato

UNIDADES CURRICULARES	<5000	5000 a 50 000	50 000 a 500 000	>500 000
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías de la química	4,15	4,30	4,22	4,28
b. Interpretación de las propiedades de las sustancias	4,15	4,36	4,14	4,35
c. Interpretación de los procesos químicos	3,85	4,10	4,15	4,15
d. Resolución de ejercicios numéricos	4,82	4,80	4,78	4,76
e. Uso del lenguaje químico	4,41	4,45	4,52	4,54
f. Uso de la metodología científica	3,18	3,13	3,36	3,10
g. Familiarización con el trabajo experimental	3,21	3,23	3,41	3,10
h. Uso crítico de fuentes de información	2,85	2,87	2,95	2,70
i. Valoración del desarrollo histórico de la química	3,37	3,43	3,24	3,50
j. Valoración de las aplicaciones de la química	3,15	3,47	3,59	3,49
k. Reconocimiento de los retos de la investigación química	2,56	2,62	2,87	2,59

Al aplicar la prueba H de Kruskal-Wallis a la valoración del currículo desarrollado en el aula en relación con el factor “años de experiencia”, se hallaron diferencias significativas en relación con el trabajo experimental (g), siendo significativamente inferior en los profesores con menos de 5 años de experiencia, según reveló la prueba U de Mann-Whitney. En la Tabla 29 se recogen las valoraciones medias dadas por el profesorado en relación con la importancia que otorgan en las aulas a las distintas UC en función de su experiencia docente; las puntuaciones con diferencias significativas se resaltan en azul.

Tabla 29. Valoración media, según años de experiencia docente, de la importancia de las distintas unidades curriculares en las aulas de bachillerato

UNIDADES CURRICULARES	< 5	5-15	>15
a. Adquisición de conceptos, leyes y teorías de la química	4,15	4,05	4,33
b. Interpretación de las propiedades de las sustancias	4,06	4,30	4,28
c. Interpretación de los procesos químicos	3,85	4,08	4,13
d. Resolución de ejercicios numéricos	4,74	4,79	4,80
e. Uso del lenguaje químico	4,32	4,49	4,50
f. Uso de la metodología científica	2,88	3,27	3,19
g. Familiarización con el trabajo experimental	2,76	3,37	3,27
h. Uso crítico de fuentes de información	2,50	2,97	2,86
i. Valoración del desarrollo histórico de la química	3,03	3,34	3,42
j. Valoración de las aplicaciones de la química	3,41	3,54	3,46
k. Reconocimiento de los retos de la investigación química	2,74	2,81	2,63

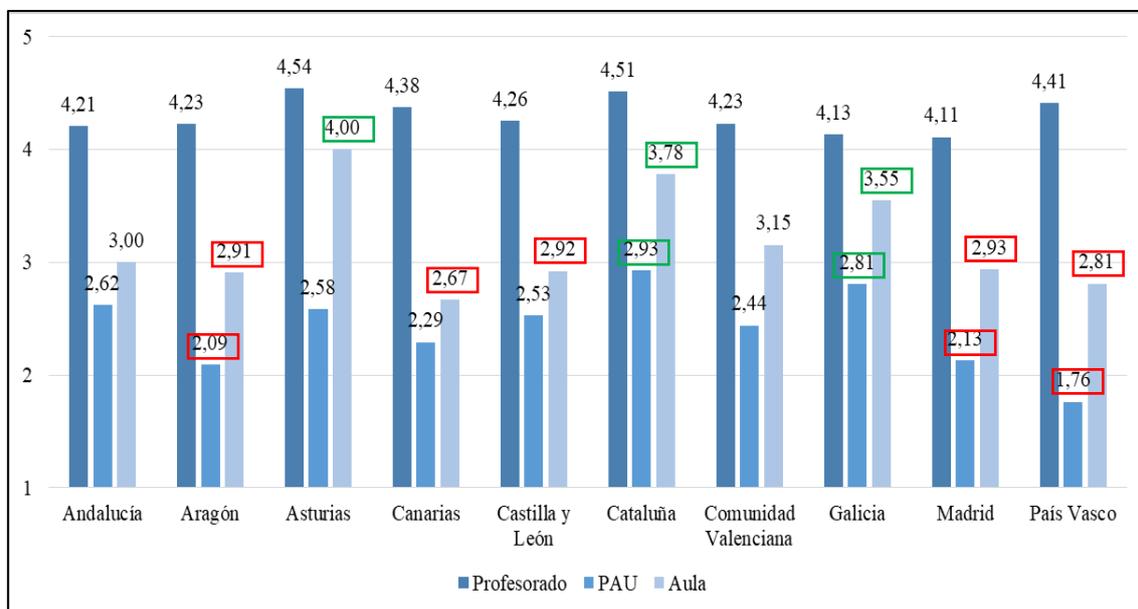
A pesar de la diferencia mencionada en relación con la importancia concedida al trabajo experimental en las clases de química de bachillerato, no se encontraron diferencias significativas en la importancia que el profesorado consideraba deseable ni en la percepción de su relevancia en las PAU relacionada con dicho aspecto; dado que el siguiente apartado del cuestionario indaga en posibles motivos para relegar algunos contenidos del currículo, la explicación de esta diferencia se buscará entre dichos motivos.

El factor que mostró más diferencias significativas relativas al desarrollo del currículo en las aulas fue el distrito universitario. Al aplicar la prueba H de Kruskal-Wallis en relación con dicho factor, se encontraron diferencias significativas en el tratamiento en el aula de la metodología científica (f), el trabajo experimental (g), la evolución histórica (i) y las aplicaciones de la química (j); estos resultados son especialmente relevantes teniendo en cuenta que los distritos universitarios se corresponden con las CC. AA. españolas y cada una de ellas tiene competencias para fijar las características concretas de sus pruebas de acceso a la universidad. En efecto, al aplicar la misma prueba al tratamiento de los contenidos en las PAU respecto al mismo factor, los resultados prácticamente coincidieron, hallándose diferencias significativas en tres de las UC mencionadas –(f), (g) y (j)– y en otras cuatro cuyas diferencias no se manifestaban en las aulas –(c), (d), (h) y (k). Para determinar las CC. AA. en las que las diferencias entre medias eran significativas, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney por pares, encontrándose que, en general, las diferencias se mostraban tanto en el aula como en las PAU en las mismas CC. AA. Sin embargo, en lo que respecta a la situación que el profesorado juzgaba deseable, no se hallaron diferencias significativas por CC. AA. Para ilustrar convenientemente este análisis comparativo, analizaremos con más detalle las tres UC que mostraron diferencias significativas en las PAU y en las aulas en función del distrito universitario.

En relación con la metodología científica (f), la atención prestada en las aulas a dicho aspecto se mostró significativamente superior en Cataluña, Galicia y Asturias, respecto a la manifestada por el profesorado de Aragón, Canarias, Castilla y León, Madrid y País Vasco; al analizar la importancia concedida en las PAU al mismo aspecto, se encontraron valores medios significativamente más elevados en Cataluña y Galicia que en Aragón, Madrid y País Vasco. En la Figura 14 se muestran las valoraciones medias dadas al ítem (f) respecto a su importancia a juicio del profesorado, en las PAU y en las aulas

de las diez CC. AA. analizadas. Los valores significativamente elevados están recuadrados en verde y los que son significativamente bajos en rojo. Las diferencias en la importancia deseable de este contenido no fueron significativas en ninguno de los casos.

Figura 14. Comparación entre la importancia de la metodología científica a juicio del profesorado y su tratamiento en las PAU y en el aula en distintos distritos universitarios



La Figura 15 muestra las valoraciones medias correspondientes a la importancia –según criterio del profesorado, en las PAU y en el aula– del trabajo experimental (g) en las diez CC. AA. estudiadas, así como las diferencias significativas observadas –al igual que en el caso anterior, mediante recuadros verdes y rojos–. En la figura mencionada puede apreciarse que tres distritos universitarios –Asturias, Cataluña y Galicia– destacan significativamente sobre el resto por su presencia de este contenido en sus PAU y, al mismo tiempo, por la importancia que los docentes le conceden en sus clases. La prueba de U de Mann-Whitney por pares corroboró que las puntuaciones medias correspondientes al ítem (g) en las aulas eran significativamente superiores en las tres comunidades citadas respecto a Aragón, Canarias y Madrid y que su relevancia en las PAU superaba de forma significativa a la mostrada en Aragón, Canarias, Madrid y Comunidad Valenciana. Del mismo modo, en la Figura 16 están representados las valoraciones correspondientes a la UC relacionada con las aplicaciones de la química (j); en este caso los valores significativamente altos corresponden, tanto en las PAU como en las aulas, a Cataluña y la Comunidad Valenciana, mientras que los valores bajos se manifiestan en las PAU de

Aragón, Asturias, Galicia y País Vasco, pero solo en las aulas de las tres últimas CC. AA. mencionadas.

Figura 15. Comparación entre la importancia del trabajo experimental a juicio del profesorado y su tratamiento en las PAU y en el aula en distintos distritos universitarios

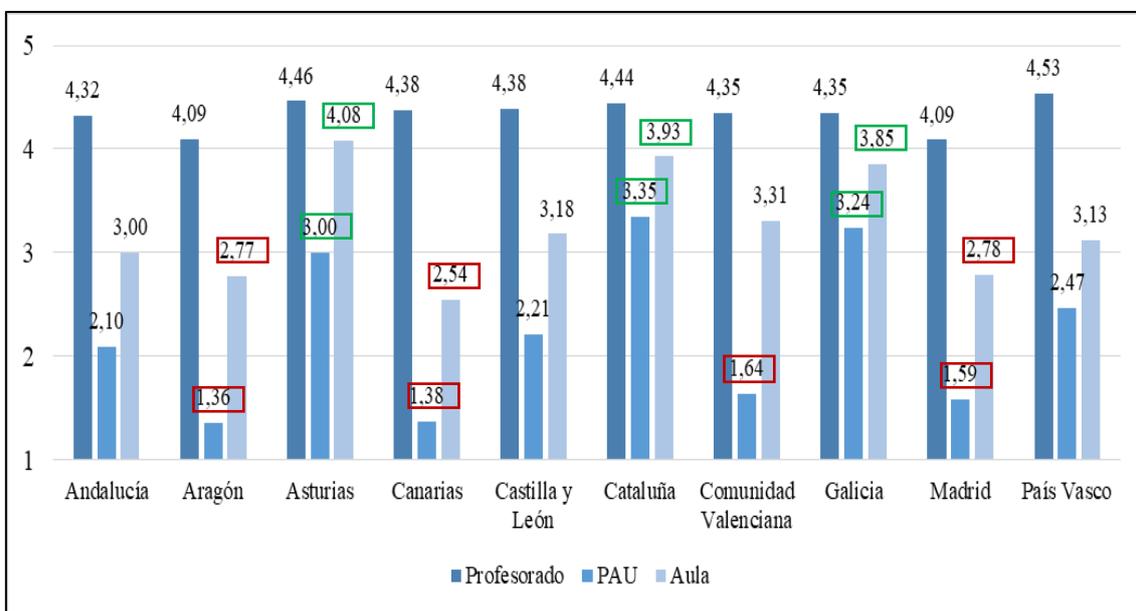
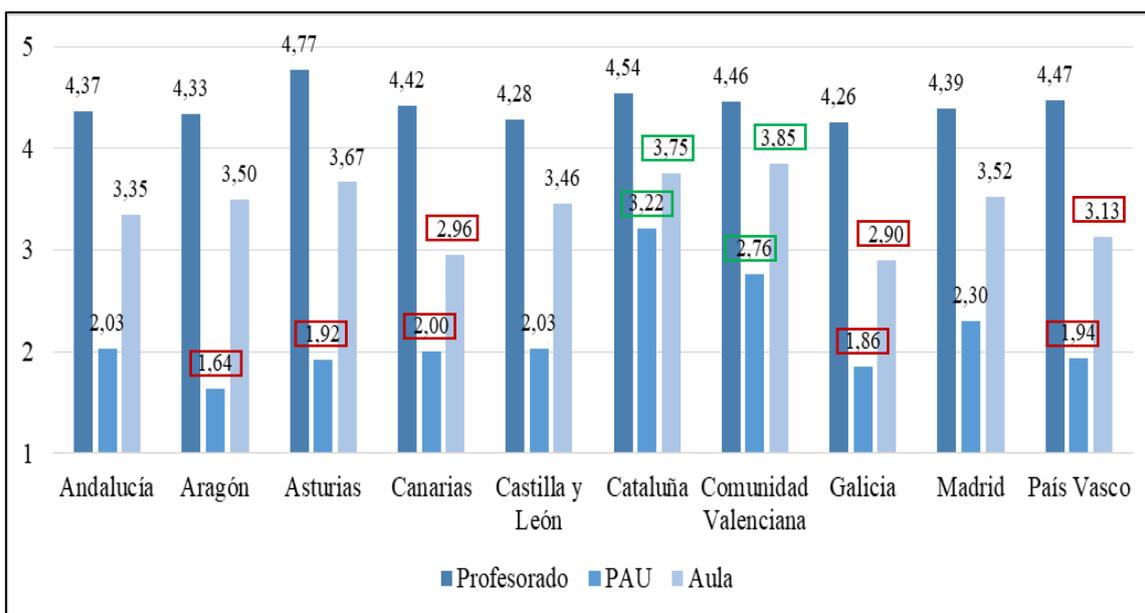


Figura 16. Comparación entre la importancia de las aplicaciones de la química a juicio del profesorado y su tratamiento en las PAU y el aula en distintos distritos universitarios



Los comentarios que realizan algunos encuestados permiten ilustrar las diferencias existentes entre las PAU de las distintas CC. AA. y su repercusión en el currículo desarrollado en las aulas:

«En Catalunya las pruebas de acceso a la Universidad, ya tienen un carácter de química contextualizada, las actividades planteadas en ellas hacen que el alumno desarrolle su espíritu crítico. Debe resolver cuestiones prácticas, tanto de laboratorio, detallar cómo ha preparado por ejemplo una disolución, así como qué material ha utilizado, también hay actividades donde se pide discutir, según una teoría, cómo podemos explicar aquello que observamos macroscópicamente, qué sucede a nivel microscópico, comentarios de diagramas y extracción de datos de ellos... De esta forma, ha hecho que los profesores de química la expliquemos en bachillerato, no tanto con unidades con teoría y aplicación de ésta, sino planteando ejercicios donde en un apartado puede utilizarse una técnica espectroscópica para averiguar una sustancia, y en el segundo apartado, te piden que valores si la difusión de esa sustancia en nuestro cuerpo sería más rápida o más lenta que otra. Debes, dominar muy bien la química, para poder así identificar qué te están pidiendo» (Mujer; de 45 a 54 años; de 5 a 15 años; público; Cataluña; de 5000 a 50 000 habitantes).

«En la actualidad en mi comunidad autónoma se desprecia la realización de experiencias prácticas. El alumnado, por su lado, quiere nota, no hay interés por comprender y aprender» (hombre; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Canarias; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«Respecto a la respuesta f, el motivo de la baja puntuación no es porque no considere necesario el trabajo de laboratorio, al contrario, creo que es imprescindible y la parte que más interesa al alumnado, pero debido a la extensión del programa y la poca incidencia de preguntas experimentales en la prueba PAU de Andalucía, he de sacrificar la mayor parte del trabajo práctico a cambio de poder profundizar más en el resto de aspectos» (hombre; de 35 a 44 años; más de 15 años; público; Andalucía; de 5000 a 50 000 habitantes).

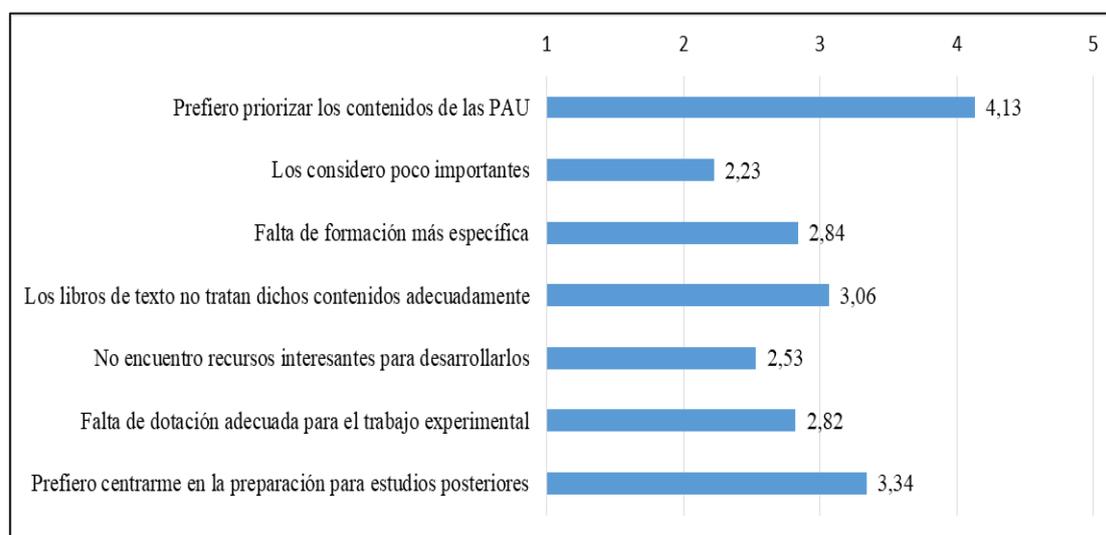
Como se ha ido constatando a partir de la información cuantitativa y cualitativa aportada por las respuestas al cuestionario, se puede afirmar que, por lo general, las PAU conducen a un estrechamiento curricular. En este sentido, otro dato importante a resaltar es que el 83% de los encuestados indicaron que la relevancia que daban en sus aulas a una o más UC era baja –2 puntos sobre 5– o muy baja –1 punto. En relación con estas bajas valoraciones, el cuestionario incluía una sección en la que se solicitaba –en caso de que hubieran valorado algunos aspectos con 1 o 2 puntos– indicar el grado de acuerdo

frente a una serie de motivos que podrían haberles llevado a relegar esos aspectos del currículo en sus clases de química de bachillerato. De este modo se constató que la necesidad de priorizar los contenidos de las PAU era el motivo que obtenía una mayor valoración media (4,13). No obstante, hubo otros enunciados con los que el grado de acuerdo también fue elevado, como la preparación para estudios posteriores (3,34), los recursos aportados por los libros de texto (3,06), la formación del profesorado (2,84) y la dotación de los centros para desarrollar trabajo experimental (2,82). La desviación estándar más elevada se obtuvo en relación a la dotación de los centros, poniendo de manifiesto desigualdades marcadas entre centros educativos. En la Tabla 30 se muestran las medias (\bar{x}), medianas (\tilde{x}) y desviaciones estándar (s) obtenidas en la valoración de los siete motivos propuestos como posibles causas de estrechamiento curricular y en la Figura 17 se representan sus valoraciones medias.

Tabla 30. Parámetros estadísticos obtenidos en la valoración de los motivos para relegar aspectos del currículo

MOTIVOS	\bar{x}	\tilde{x}	s
Prefiero priorizar los contenidos de las PAU	4,13	4	0,98
Los considero poco importantes	2,23	2	1,06
Falta de formación más específica	2,84	3	1,22
Los libros de texto no tratan dichos contenidos adecuadamente	3,06	3	1,14
No encuentro recursos interesantes para desarrollarlos	2,53	3	1,11
Falta de dotación adecuada para el trabajo experimental	2,82	3	1,39
Prefiero centrarme en la preparación para estudios posteriores	3,34	4	1,25

Figura 17. Valoraciones medias de los motivos para relegar aspectos del currículo



Aunque no se explicitaba en el cuestionario, muchos encuestados citaron el limitado tiempo disponible para desarrollar el temario, especialmente en 2.º de bachillerato, como el principal motivo para conceder a algunos contenidos –especialmente a los relacionados con el trabajo experimental y metodologías activas– menos importancia de la que les gustaría. En este sentido, estos son algunos de los comentarios realizados:

«El gran problema para los profesores de 2º de Bachillerato es que no tenemos tiempo para desarrollar todo el programa, tenemos que ir muy rápido y algunos temas solo podemos tratarlos superficialmente. En cuanto a las prácticas de laboratorio, con lo importantes que son, solo tenemos tiempo para hacer unas pocas a lo largo del curso» (mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Asturias; de 5000 a 50 000 habitantes).

«El tiempo es el principal responsable de la poca atención a ciertos aspectos» (mujer; mayor de 55 años; público; Comunidad Valenciana; más de 500 000 habitantes).

«El temario es muy largo y no tenemos tiempo suficiente para desarrollar el método científico en su totalidad» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; País Vasco; de 5000 a 50 000 habitantes).

Otros argumentos que esgrimen los docentes para justificar la escasa dedicación al trabajo experimental son las elevadas ratios, las dificultades para hacer desdobles y la falta de horas disponibles para la preparación de estas actividades:

«Más que falta de material para experiencias, hay un problema de organización que impide llevar al laboratorio a grupos de 30 alumnos. Es una cuestión de espacio y seguridad» (hombre; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Andalucía; más de 500 000 habitantes).

«No se pueden tener y controlar cerca de 35 alumnos en el laboratorio y tener un presupuesto de departamento irrisorio para desarrollarlo.» (hombre; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Andalucía; de 5000 a 50 000 habitantes)

«En el centro sí hay medios para realizar pruebas experimentales, pero no se dispone de desdobles ni horas para su preparación de forma adecuada. Aun así, de vez en cuando lo hacemos con la colaboración desinteresada de horas de compañeros» (mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Madrid; más de 500 000 habitantes).

«En los centros, lo que no tenemos son horas de nuestro horario para realizar y preparar experiencias de laboratorio» (hombre; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Castilla-La Mancha; de 5000 a 50 000 habitantes).

Una vez valorados los distintos motivos aducidos por el profesorado, se procedió a averiguar si existían diferencias significativas relacionadas con los factores analizados. De este modo, al comparar las valoraciones de estos motivos en relación con el sexo de los encuestados, se encontraron diferencias significativas en dos ítems que eran más valorados por los profesores varones: la escasa importancia que presentan a su juicio algunos aspectos del currículo –constatando la baja valoración otorgada por el profesorado masculino a algunas UC analizadas– y la deficiente dotación de sus centros –aunque, al no existir diferencias en la distribución del profesorado en los centros según el sexo, podría explicarse por una percepción diferente de este aspecto. En relación con la titularidad del centro, las diferencias significativas hacen referencia al deficiente tratamiento en los libros de texto de los aspectos que se relegan y a la dificultad para encontrar recursos didácticos de interés, motivos que el profesorado de la enseñanza privada considera más relevantes que el de la pública y que podrían estar relacionados con el funcionamiento interno de los centros y de sus departamentos didácticos. También se encuentran diferencias significativas según los años de experiencia docente, en este caso en relación con la importancia que concede el profesorado con menor experiencia al tratamiento inadecuado en los libros de texto de los aspectos del currículo que se relegan, motivo que proporcionaría una posible explicación a la menor atención que este sector del profesorado manifiesta prestar al trabajo experimental en sus aulas, aspecto que quedó reflejado en la Tabla 29; en efecto, parece plausible que una menor experiencia docente pudiera conllevar una mayor dependencia del libro de texto. La Tabla 31 muestra las valoraciones medias concedidas a los posibles motivos que llevarían al profesorado a prestar menor atención a algunos aspectos curriculares en relación con el sexo y los años de experiencia docente de los encuestados, así como con la titularidad del centro en el que imparten clases. En cuanto a los factores “edad” y “tamaño de la población”, no se encontraron diferencias significativas entre grupos relacionadas con los motivos propuestos.

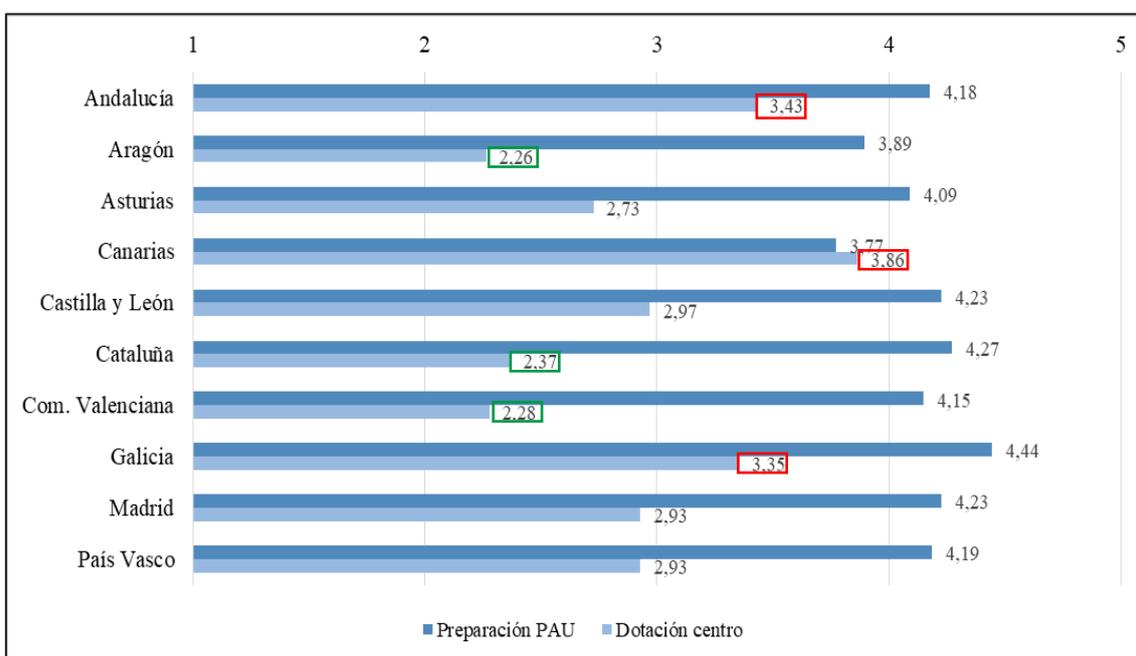
Tabla 31. Valoración media de los motivos para relegar aspectos del currículo, según sexo, titularidad del centro y años de experiencia docente

MOTIVOS	Sexo		Titularidad		Años de experiencia		
	M	H	Púb.	Priv.	<5	5-15	>15
a. Preparación PAU	4,19	4,04	4,08	4,31	4,30	4,21	4,10
b. Poca importancia	2,05	2,47	2,22	2,25	1,82	2,17	2,29
c. Falta de formación	2,78	2,93	2,77	3,08	3,04	2,90	2,80
d. Libros de texto	3,06	3,08	2,96	3,41	3,64	3,03	3,02
e. Falta de recursos didácticos	2,61	2,43	2,45	2,83	2,64	2,59	2,50
f. Dotación centro	2,67	3,03	2,87	2,67	2,72	2,56	2,91
g. Preparación estudios posteriores	3,37	3,30	3,26	3,63	3,62	3,17	3,37

Finalmente, se analizaron los motivos mencionados en relación con el factor “distrito universitario”. En este caso, solo se hallaron diferencias significativas respecto a la deficiente dotación para realizar trabajo experimental como razón aducida para relegar algunos contenidos. Al aplicar la prueba U de Mann-Whitney entre pares se encontró que el profesorado de Andalucía, Canarias y Galicia daba una importancia significativamente superior a este motivo que los docentes de Aragón, Cataluña y Comunidad Valenciana. Este motivo es especialmente relevante porque pondría de manifiesto un desigual reparto de los recursos necesarios para una enseñanza de la química centrada en las destrezas propias de la actividad científica, al ser la dotación de los centros competencia de las distintas administraciones educativas. Sin embargo, al cruzar estos datos con los reflejados en la figuras 14 y 15, se observa que una de las CC. AA. en las que se presta mayor atención a estos aspectos es Galicia, comunidad en la que el profesorado manifiesta una deficiente dotación de sus centros para el trabajo experimental, pero cuyas PAU conceden una importancia elevada a la metodología científica y al trabajo experimental; por el contrario, los docentes de Aragón, a pesar de manifestar una escasa atención al trabajo experimental en sus aulas, conceden poca relevancia a la dotación de sus centros como posible motivo para explicar la desatención a estos aspectos, que podría estar motivada por la ausencia que refieren en las PAU de preguntas relacionadas con la vertiente experimental de la química. Por último, cabe destacar la ausencia de diferencias significativas en la valoración de la necesidad de preparar las PAU como principal motivo que esgrime el profesorado para centrarse en determinados aspectos del currículo y relegar otros, tanto en relación con las CC. AA. como en el resto de los factores analizados. Este hecho pone de manifiesto la ausencia de evidencias que respalden que la intensidad del efecto *wash-back* en el currículo dependa del sexo, la edad o los años de experiencia del profesorado

o bien de características relacionadas con los centros educativos. En la Figura 18 se muestran las valoraciones que los docentes de las diez CC. AA. analizadas otorgan a la preparación de las PAU y a la dotación de sus centros como posibles motivos para relegar aspectos del currículo; las diferencias significativas están recuadradas en verde en el caso de las valoraciones bajas y en rojo cuando son elevadas.

Figura 18. Valoración media, según el distrito universitario, de los motivos para relegar aspectos del currículo



4.1.2. Influencia de las PAU sobre la metodología empleada por el profesorado

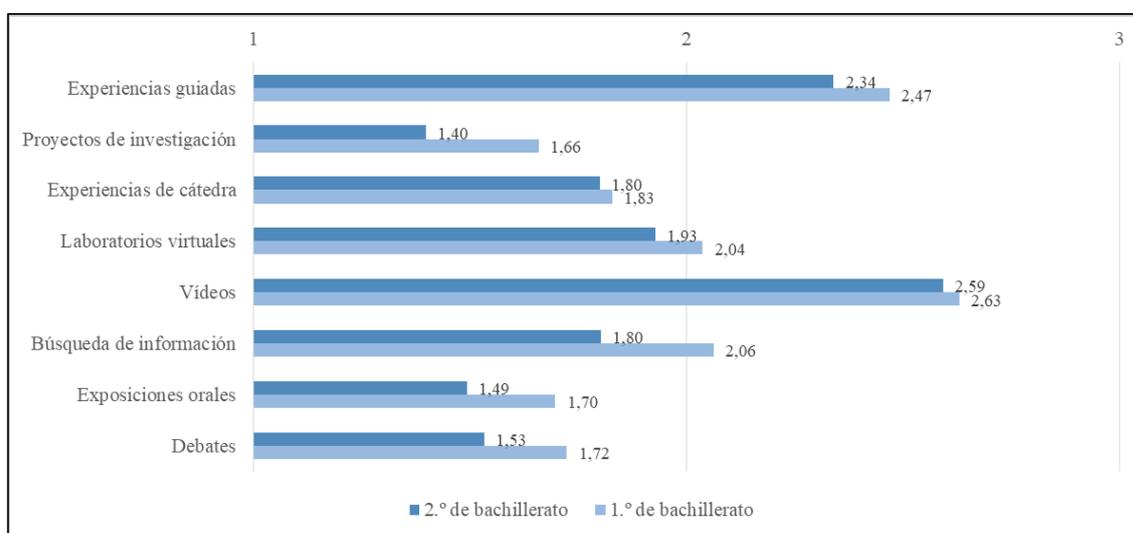
Para conocer la metodología empleada por los profesores de química de bachillerato, se pidió a los encuestados indicar la frecuencia con la que desarrollaban diversas actividades en sus clases de química de 2.º de bachillerato y, en caso de que impartieran clases de esta materia en 1.º de bachillerato, con qué frecuencia desarrollaban dichas actividades en este nivel. En ambos casos se utilizó una escala tipo Likert a la que posteriormente se asignaron valores numéricos, de forma que el valor «1» correspondería a «nunca o casi nunca», «2» a «una o dos veces a lo largo del curso», «3» a «una o dos veces cada trimestre» y 4 a «tres o más veces cada trimestre».

Los resultados obtenidos constataron una baja frecuencia de las actividades que se mencionan, cuya frecuencia está, en la mayoría de los casos, en torno a 1 o 2 veces a lo largo de cada curso de bachillerato, alcanzando una frecuencia de 1 o 2 veces por trimestre en lo que respecta a la visualización de vídeos, mientras que en el caso de la realización de proyectos de investigación en ambos cursos y para las exposiciones orales y debates en 2.º de bachillerato, la mediana es de 1 punto sobre 4, lo que correspondería a actividades que no se realizan nunca o casi nunca. Por otro lado, todas las actividades que se citan en el cuestionario son más frecuentes en 1.º de bachillerato que en 2.º; la aplicación la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas a las respuestas de los 322 docentes que impartían clases de química en ambos cursos, reveló diferencias significativas en lo relativo a la realización de experiencias guiadas, proyectos de investigación, exposiciones orales y debates; estas diferencias ponen de manifiesto la influencia de las PAU en el ámbito metodológico, que se manifiesta con mayor intensidad en el 2.º curso de bachillerato por la cercanía de dichas pruebas. En la Tabla 32 se muestran las medias (\bar{x}), medianas (\tilde{x}) y desviaciones estándar (s) obtenidas en la valoración de las frecuencias de las actividades propuestas en ambos cursos de bachillerato, resaltando en azul las diferencias significativas observadas, mientras que los resultados medios obtenidos están representados en la Figura 19.

Tabla 32. Parámetros estadísticos respecto a la frecuencia de diversas actividades en 2.º y 1.º de bachillerato

ACTIVIDADES	2.º de bachillerato			1.º de bachillerato		
	\bar{x}	\tilde{x}	s	\bar{x}	\tilde{x}	s
Experiencias guiadas	2,34	2	0,92	2,47	2	0,92
Proyectos de investigación	1,40	1	0,63	1,66	1	0,77
Experiencias de cátedra	1,80	2	0,93	1,83	2	0,91
Laboratorios virtuales	1,93	2	0,96	2,04	2	0,97
Vídeos	2,59	3	0,99	2,63	3	0,91
Búsqueda de información	1,80	2	0,87	2,06	2	0,87
Exposiciones orales	1,49	1	0,75	1,70	1	0,84
Debates	1,53	1	0,78	1,72	2	0,82

Figura 19. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de diversas actividades en 2.º y 1.º de bachillerato



En relación con la metodología y el cambio que experimenta en el curso preuniversitario, estas son algunas de las observaciones aportadas por los encuestados:

«Este tipo de actividades conllevan mucho tiempo, los alumnos de 2º tienen una carga lectiva importante y ponen poco interés en realizar actividades que no "entran" en selectividad y no suben nota» (mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; privado; Castilla y León; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«El ritmo del curso viene marcado por las pruebas de acceso. Los contenidos son muy amplios y no se pueden invertir demasiadas clases en actividades diferentes a la explicación teórica de leyes y teorías y a la realización y corrección de ejerci-

cios. No hay demasiado tiempo para prácticas (además de las dificultades indicadas previamente), debates, charlas, visitas de interés científico y otras actividades que favorecerían el aprendizaje de los alumnos» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Aragón; de 50 000 a 500 000 habitantes).

No obstante, al hacer referencia al primer curso de bachillerato, la mayoría de los docentes argumentan que la situación no es muy distinta a la del segundo curso. En algunos casos, también mencionan la preparación de las PAU, aunque los principales motivos para el reducido empleo de metodologías activas siguen siendo el escaso tiempo disponible para desarrollar un temario muy amplio y el elevado número de alumnos en las clases:

«El temario es extenso y tienen que ir bien preparados para hacer con garantías 2º de bachillerato» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; privado; Madrid; de 50 000 a 500 000 habitantes).

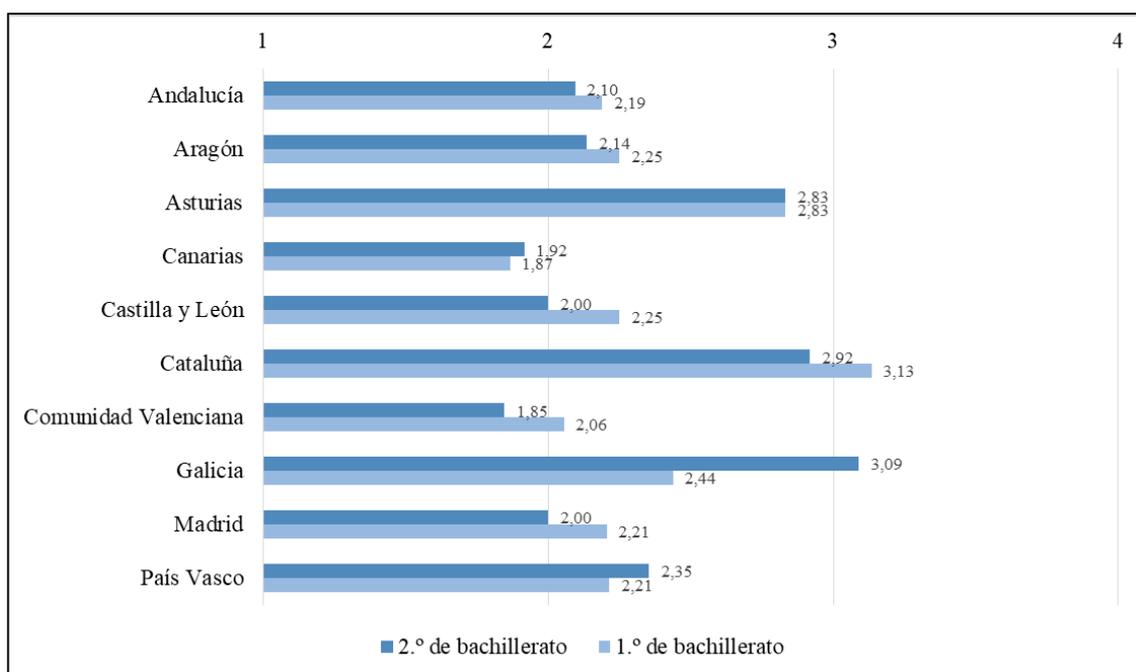
«Igual que en 2º de bachillerato, el temario y la presión que supone preparar selectividad impide detenerse a realizar ciertas actividades. También el número de alumnos por clase impide realizar actividades de laboratorio» (mujer; de 35 a 44 años; de 5 a 15 años; privado; Comunidad Valenciana; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«Se trata de un grupo numeroso, de 33 alumnos, por lo que es difícil realizar prácticas de laboratorio con ellos. El desarrollo de la materia no va a ritmo que debería por el escaso trabajo e interés de los alumnos, por lo que es difícil por no decir imposible llevar a cabo lo descrito anteriormente» (mujer; de 35 a 44 años; más de 15 años; público; Murcia; de 5000 a 50 000 habitantes).

Por otro lado, al analizar las diferencias respecto al sexo, la edad, la experiencia, la titularidad del centro y la población, no se detectó ninguna diferencia significativa relacionada con las metodologías empleadas. Sin embargo, en relación con el factor “distrito universitario” se encontró que la frecuencia con la que se realizan experiencias de laboratorio guiadas en 2.º de bachillerato es significativamente superior en las comunidades autónomas de Cataluña y Galicia –valores medios de 2,92 y 3,09 respectivamente, frente a la media nacional de 2,34– que en la mayoría de las comunidades restantes, lo que está en coherencia con la mayor relevancia que se otorga al trabajo experimental en las PAU de dichas comunidades, como ya se comentó en el epígrafe anterior, poniendo

de manifiesto el efecto *washback* en el ámbito metodológico. En el caso de Cataluña también se observó una frecuencia significativamente superior de dichas experiencias en 1.º de bachillerato, con una media de 3,13, frente a la media nacional de 2,47, diferencia que en la que podría influir la mayor carga horaria anteriormente mencionada que corresponde a la química en esta CC. AA. –cuatro horas semanales frente a las dos horas de media del resto de las CC. AA., en las cuales la química supone un 50% de la asignatura “Física y química”–. También es llamativo el hecho de que en Galicia la frecuencia de dichas actividades sea significativamente superior en 2.º de bachillerato que en 1.º, lo que pondría de manifiesto un *washback* positivo en este sentido motivado por la importancia que se concede a los aspectos experimentales en sus PAU. En lo que respecta al empleo del resto de metodologías analizadas, no se encontraron diferencias significativas por distritos universitarios. La Figura 20 muestra las frecuencias medias, según el distrito universitario, para la realización de actividades experimentales guiadas en 1.º y 2.º de bachillerato.

Figura 20. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de las actividades experimentales guiadas en ambos cursos de bachillerato en relación con el distrito universitario

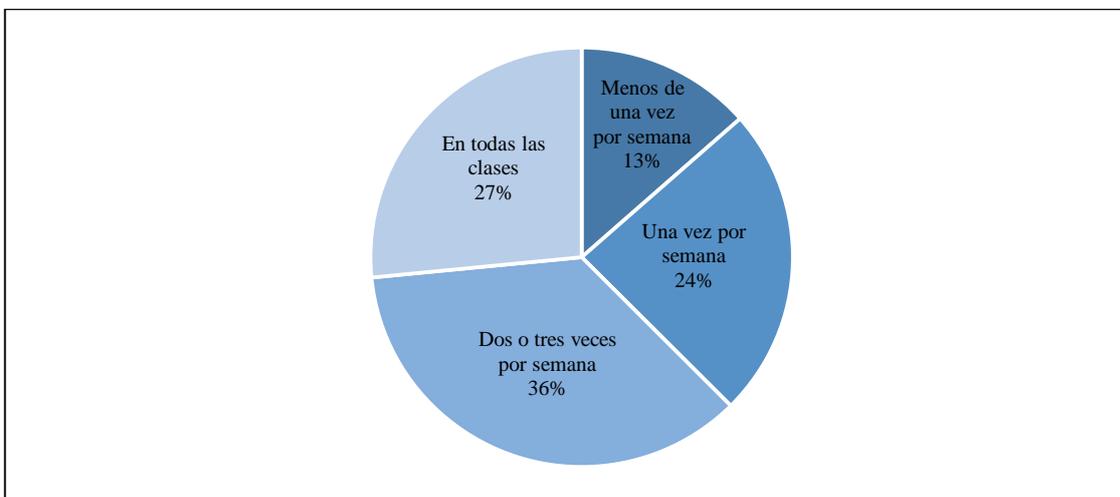


4.1.3. Empleo de las PAU como recurso didáctico y procedimiento de evaluación

Por último, se investigó el uso que los profesores de química de 2.º de bachillerato hacen de los exámenes de selectividad de cursos anteriores, ya sea como recurso didáctico o como procedimiento de evaluación. Al preguntarles acerca de la frecuencia con la que sus alumnos suelen realizar ejercicios propuestos en pruebas de acceso a la universidad

de años anteriores, se obtuvieron los resultados que se resumen en la Figura 21. En ella podemos observar que el 63% los docentes emplean en todas –27%– o casi todas sus clases –36%– ejercicios extraídos de las PAU como recurso didáctico y que son muy pocos –13%– los que lo hacen menos de una vez por semana.

Figura 21. Frecuencia de uso de preguntas PAU como recurso didáctico en 2.º de bachillerato



En referencia al empleo de ejercicios de PAU anteriores como recurso didáctico, muchos docentes expresaron en sus comentarios que su dinámica de trabajo habitual implica la realización de dichos ejercicios:

«Todos los ejercicios propuestos son de Selectividad o PAU de años anteriores, de esta forma el alumnado va perdiendo el miedo a la prueba a medida que se va capaz de resolver problemas y cuestiones hechas con anterioridad en otras pruebas» (mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Canarias; de 5000 a 50 000 habitantes).

«Mis alumnos no tienen libro de texto, sino que utilizan los apuntes del Departamento. En ellos he ido incorporando año tras año los ejercicios propuestos en las PAU de la Universidad de Zaragoza; unos ya resueltos por mí y otros sin resolver para que los trabajen los alumnos. Y así lo vamos haciendo a lo largo del curso» (hombre; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Aragón; más de 500 000 habitantes).

«Primero explico el tema y luego realizamos todos los ejercicios propuestos en selectividad desde el año 2000, por lo que podemos hacer 100 problemas de cada

unidad» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; privado; Castilla-La Mancha; de 5000 a 50 000 habitantes).

No obstante, otros docentes son muy críticos con la idea de llevar a cabo en sus clases una preparación específica para las PAU:

«La PAU o EBAU es una referencia y no un fin en sí mismo» (hombre; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Canarias; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«Se hacen a final del curso y esporádicamente en otras ocasiones porque no considero prioritario este "entrenamiento". Sí es útil una vez finalizado el curso para repasar» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Extremadura; de 5000 a 50 000 habitantes).

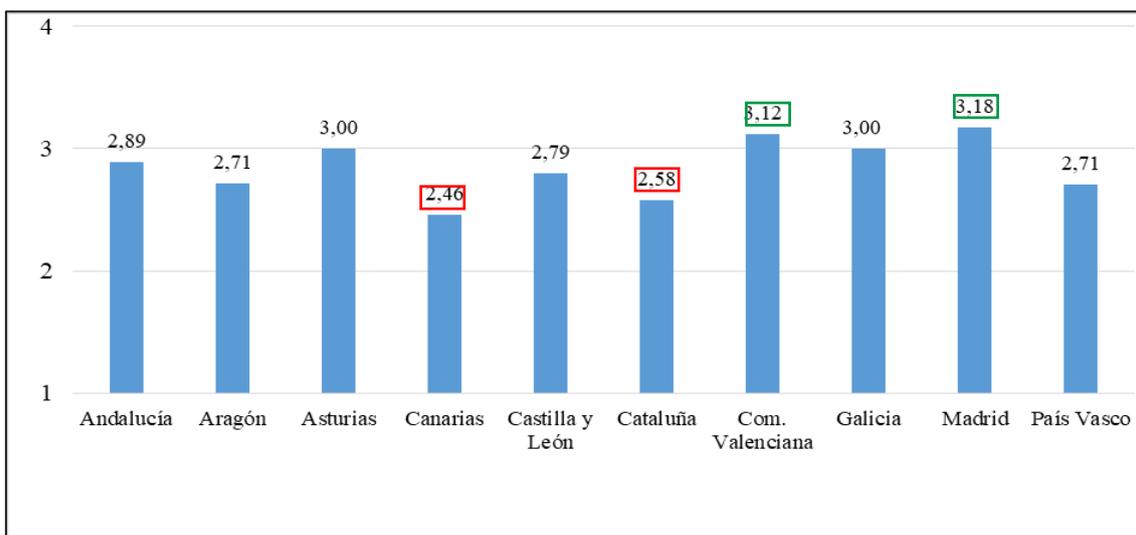
«Nuestra misión es enseñar Química, no es preparar a los alumnos a resolver ejercicios PAU y si los sacas de ahí no tienen ni idea. Si dominan la asignatura, los problemas de PAU los pueden realizar sin ningún problema» (hombre; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Canarias; de 5000 a 50 000 habitantes).

«A muchos alumnos les motiva superar las pruebas, no aprender. Por eso no se les puede transmitir que el objetivo del curso es superar las pruebas, y no se puede enfocar la actividad dando prioridad a ese aspecto. La prioridad es aprender. Si se aprende no hay prueba que se resista» (hombre; mayor de 55 años; más de 15 años; público; La Rioja; de 50 000 a 500 000 habitantes).

Con el fin de averiguar si esta diversidad de planteamientos estaba relacionada con alguno de los factores considerados en el estudio, se aplicaron las pruebas pertinentes para la comparación de medias. Para ello, previamente, hubo que asignar valores numéricos a las posibles respuestas, de forma que el valor "1" se hizo corresponder con "menos de una vez por semana", "2" con "una vez por semana", "3" con "dos o tres veces por semana" y "4" con "en todas las clases". De este modo, la valoración media obtenida se situó en 2,76 puntos sobre 4, con una mediana de 3 puntos y una desviación típica de 0,99. Al aplicar la prueba U de Mann-Whitney para determinar posibles diferencias entre grupos relacionadas con el sexo de los encuestados y la titularidad de sus centros se comprobó que las diferencias existentes no eran significativas, Por otro lado, la aplicación al resto de los factores considerados de la prueba H de Kruskal-Wallis puso de manifiesto que el único factor que daba lugar a diferencias significativas era el distrito universitario; la prueba de U de Mann-Whitney por pares reveló que el profesorado de Madrid y la

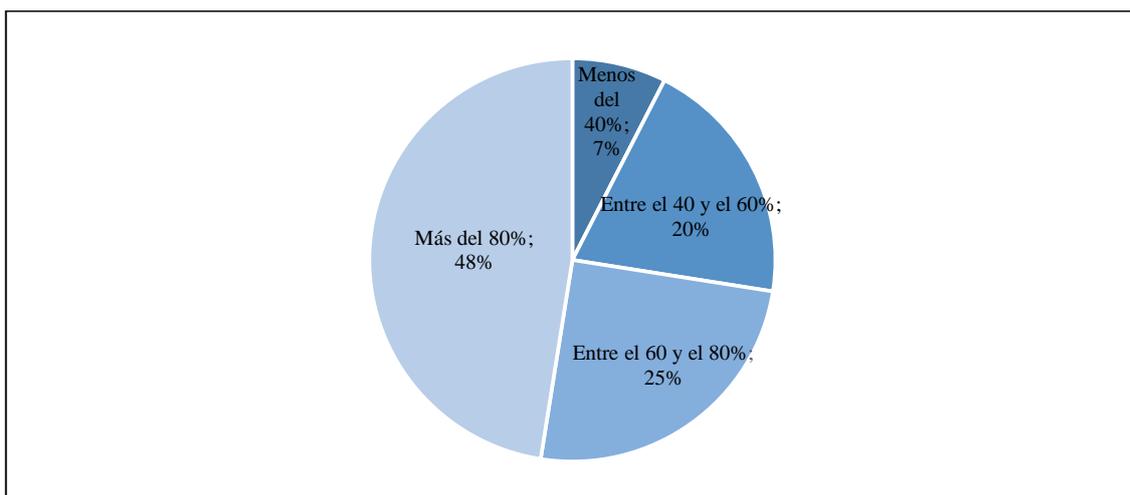
Comunidad Valenciana destacaba por un empleo significativamente superior de estas preguntas como recurso didáctico (medias de 3,18 y 3,12 respectivamente) que los docentes catalanes (2,58) y canarios (2,46). Estos resultados podrían indicar que la intensidad del efecto *washback* sobre los recursos didácticos está relacionado con las características concretas de los exámenes, dado que las pruebas de evaluación de las distintas CC.AA poseen rasgos distintivos. En la Figura 22 se muestran las puntuaciones medias obtenidas en relación con la frecuencia con la que el profesorado de química de 2.º de bachillerato emplea las preguntas extraídas de las PAU como recurso didáctico en sus clases. Las diferencias significativas se han señalado recuadrando en verde las puntuaciones altas y las bajas en rojo.

Figura 22. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de uso de preguntas PAU como recurso didáctico según el distrito universitario



Para conocer la extensión del uso de las preguntas tipo PAU como procedimiento de evaluación entre los profesores de química de 2.º de bachillerato, se preguntó acerca del porcentaje aproximado de cuestiones planteadas en exámenes y controles que eran iguales o muy similares a las propuestas en las pruebas de acceso. Los resultados obtenidos se resumen en la Figura 23, en la que se aprecia que aproximadamente la mitad de los encuestados afirma que casi todas las preguntas que formulan en sus pruebas de evaluación –más del 80%– son iguales o muy similares a las propuestas en las PAU y solo el 7% señala que esas preguntas representan menos del 40 % en sus controles y exámenes. Estos datos muestran que la influencia de las PAU en los procedimientos de evaluación tiene una intensidad muy elevada.

Figura 23. Proporción de preguntas tipo PAU en pruebas de evaluación



La información cualitativa recogida en referencia al uso de este tipo de preguntas en los exámenes realizados a lo largo del curso tiende a recalcar la utilidad de este procedimiento de evaluación, aunque algunos profesores optan por elevar el nivel de dificultad respecto a las PAU:

«Todos los exámenes que les pongo a los alumnos en 2º guardan el mismo formato que en selectividad pues es necesario que se acostumbren a ese tipo de prueba a lo largo del curso» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; privado; Madrid; de 50 000 a 500 000 habitantes).

«Al final de cada trimestre se realiza una prueba acumulativa en la que el 100% son actividades propuestas en pruebas de acceso a la universidad y con el mismo formato» (mujer; de 45 a 54 años; más de 15 años; público; Comunidad Valenciana; de 5000 a 50 000 habitantes).

«El alumno/a debe entrenar estas cuestiones. Sin embargo, la prueba de acceso es un ejercicio final y durante el curso, en exámenes donde entra menos materia, el nivel debe ser superior» (mujer; mayor de 55 años; más de 15 años; público; Aragón; más de 500.000 habitantes).

«Mis exámenes parciales y de evaluación, suelen ser mucho más duros que los de las PAU (...) prefiero que los "sustos" sean positivos al encontrarse exámenes más fáciles, cuando llegue el momento de la prueba objetiva» (hombre; de 35 a 44 años; menos de 5 años; público; Castilla y León; menos de 5000 habitantes).

Por último, para posibilitar el análisis cuantitativo de los datos relativos a la frecuencia de las preguntas “tipo PAU” en las pruebas de evaluación internas, se hicieron corresponder los intervalos de frecuencia indicados en el enunciado con valores numéricos de una escala Likert de 4 puntos, de forma que el valor “1” sustituyó a “menos de una vez por semana”, “2” a “una vez por semana”, “3” a “dos o tres veces por semana” y “4” a “en todas las clases”; a partir de estas puntuaciones, se obtuvieron la media, de 3,12 puntos, la mediana, de 3 puntos, y la desviación estándar, con un valor de 0,98. Al indagar si las respuestas eran distintas en función de los factores estudiados se encontraron diferencias significativas relacionadas con la edad, la experiencia, la titularidad del centro y el distrito universitario. De este modo se comprobó que las preguntas tipo PAU se emplean más en los exámenes en los centros privados (media de 3,37) que en los públicos (3,05), hecho que podría explicarse en relación al sistema de funcionamiento de los centros en relación con su titularidad, lo que podría generar una presión algo mayor en los docentes de la enseñanza privada en relación con los resultados de las PAU. Aplicando la prueba U de Mann-Whitney, se pudo apreciar además que el uso de estas preguntas era significativamente superior entre los docentes entre 35 y 45 años (3,35) que entre los mayores de 55 (2,97), y también entre aquellos que cuentan con una experiencia entre 5 y 15 años (3,34) respecto a los que llevan más de 15 años impartiendo la docencia (3,04), hechos que podrían achacarse a la menor presión que ejercerían las PAU sobre los profesores de mayor edad y con más experiencia docente. Las puntuaciones obtenidas en relación con los tres factores mencionados se indican en la Tabla 33.

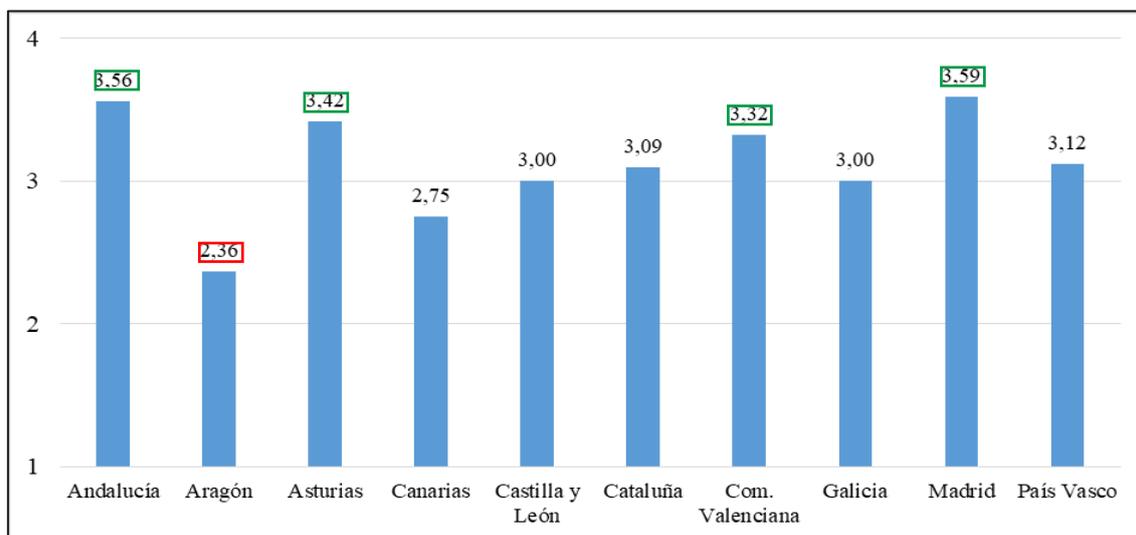
Tabla 33. Puntuaciones medias referentes a la proporción de preguntas tipo PAU en las pruebas de evaluación según edad, años de experiencia y titularidad del centro

Edad				Años de experiencia			Titularidad del centro	
<35	35-44	45-54	>55	<5	5 a 15	>15	Púb.	Priv.
3,29	3,35	3,08	2,97	3,29	3,34	3,04	3,05	3,37

En lo referente al distrito universitario, se comprobó que en Madrid (3,59), Andalucía (3,56), Asturias (3,42) y Comunidad Valenciana (3,32) el profesorado usa más este tipo de preguntas en sus pruebas de evaluación que en Aragón (2,36); al igual que se comentó en referencia al uso de las PAU como recurso didáctico, las diferencias entre distritos universitarios podrían explicarse en relación a las características diferenciales de sus PAU, que las harían más o menos apropiadas para su uso como procedimiento de evaluación según el criterio del profesorado. En la Figura 24 se muestran las puntuaciones

medias obtenidas en relación con la proporción de preguntas similares a las de las PAU que el profesorado de química de 2.º de bachillerato emplea en sus exámenes. Las CC. AA. en las que la proporción de preguntas PAU en las pruebas de evaluación es significativamente elevada están recuadradas en verde y la única comunidad con un valor significativamente bajo se ha recuadrado en rojo.

Figura 24. Puntuaciones medias referentes a la frecuencia de uso de preguntas PAU como recurso didáctico según el distrito universitario



4.2. Análisis comparativo de pruebas de evaluación externa de química de España, Reino Unido e Irlanda

4.2.1. Estructura de las pruebas analizadas

Antes de proceder a analizar el contenido de las pruebas de química que realizan los estudiantes españoles, británicos e irlandeses para acceder a la universidad, se llevó a cabo un estudio preliminar de la estructura de dichos exámenes con el fin de determinar sus analogías y diferencias y confirmar su comparabilidad.

En España, como ya quedó plasmado en la Tabla 3 al hacer referencia a las características generales de las PAU, los exámenes de química para el acceso a la universidad consisten en un ejercicio escrito de una hora y media de duración que, salvo en Cataluña, incluye dos opciones cerradas. La estructura de estos exámenes en las distintas CC. AA. analizadas se resumen en la Tabla 34.

Tabla 34. Estructura de las PAU de química en las CC. AA. analizadas

CC. AA.	Optatividad N.º de preguntas	Tipo de preguntas en cada opción	Puntuación máxima por pregunta	N.º de apartados por pregunta
ANDALUCÍA	Dos opciones cerradas con 6 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 3 cuestiones teóricas Pregunta de nomenclatura	1,5-2 puntos	2-6 apartados
ARAGÓN	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una (4 en 2009-2010)	2 ejercicios numéricos 2-3 cuestiones teóricas	1,5-2,5 puntos	2-4 apartados
ASTURIAS	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 2 cuestiones teóricas 1 de trabajo experimental	1-2,5 puntos	1-2 apartados
CANARIAS	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 3 cuestiones teóricas	2 puntos	2-5 apartados
CASTILLA Y LEÓN	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2-3 ejercicios numéricos 2-3 cuestiones teóricas	2 puntos	1-4 apartados
CATALUÑA	2 preguntas obligatorias Preguntas 4-5: elegir una Preguntas 6-7: elegir una	5 preguntas teórico- prácticas	2 puntos	2 apartados
COMUNIDAD VALENCIANA	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 3 cuestiones teóricas	2 puntos	2-10 apartados
GALICIA	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 2 cuestiones teóricas 1 de trabajo experimental	2 puntos	2-4 apartados
MADRID	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 3 cuestiones teóricas (pueden incluir cálculos)	2 puntos	2-4 apartados
PAÍS VASCO	Dos opciones cerradas con 5 preguntas cada una	2 ejercicios numéricos 3 cuestiones teóricas (pueden incluir cálculos)	1-2,5 puntos	1-5 apartados

Como se puede apreciar en la Tabla 35, todos los exámenes de las PAU de química tienen una estructura muy similar, ofreciendo un cierto grado de optatividad y requiriendo la resolución de cinco ejercicios teórico-prácticos que suelen incluir entre 2 y 4 apartados. Estas similitudes que presentan las pruebas de las distintas CC. AA. a nivel estructural facilitan su comparabilidad, si bien el análisis preliminar también puso de manifiesto que la mayoría de las preguntas, e incluso sus apartados, hacían alusión a más de una unidad de contenidos, por lo que se incluirían en varias de las categorías establecidas para este estudio.

El *A level* de química que realizan los estudiantes del Reino Unido, como ya se expuso con anterioridad, comprende seis unidades de evaluación, tres para el AS y tres para el A2, de las cuales dos –una en cada curso– se ocupan de evaluar las actividades experimentales; la duración de cada ejercicio oscila entre 1 hora y 15 minutos y 1 hora y 45 minutos. La estructura de las distintas unidades de evaluación y los baremos de puntuación varían dependiendo de la junta examinadora pero, en el caso de los exámenes correspondientes a AQA, la máxima puntuación total que puede alcanzarse es de 220 puntos para el AS y 250 puntos para el A2; la calificación final se obtiene a partir del porcentaje alcanzado según las correspondencias que se detallaron en la Tabla 4. La estructura de las pruebas de química propuestas por AQA en el periodo 2010-2016 se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35. Estructura del *A level* de química (AQA)

Nivel	Unidades de evaluación (puntuación total)	N.º de preguntas	Puntuación máxima por pregunta	N.º de apartados por pregunta
AS	<i>Unit 1. Foundation Chemistry</i> (70 puntos)	6-8 preguntas	4-16 puntos	2-10 apartados
	<i>Unit 2. Chemistry in Action</i> (100 puntos)	8-10 preguntas	5-20 puntos	3-12 apartados
	<i>Unit 3. Practical Assignment</i> (50 puntos)	2 tareas prácticas 3 secciones de preguntas	6-8 puntos por tarea 6-14 puntos por sección	3-10 apartados por sección
A2	<i>Unit 4. Kinetics, Equilibria and Organic Chemistry</i> (100 puntos)	8-11 preguntas	5-20 puntos	3-12 apartados
	<i>Unit 5. Energetics, Redox and Inorganic Chemistry</i> (100 puntos)	8-10 preguntas	5-20 puntos	3-12 apartados
	<i>Unit 6. Practical Assignment</i> (50 puntos)	2 tareas prácticas 3 secciones de preguntas	6-8 puntos por tarea 6-14 puntos por sección	3-10 apartados por sección

La Tabla 35 pone de manifiesto la heterogeneidad de los exámenes del *A level* en cuanto al número de preguntas formuladas y, especialmente, en lo que concierne a la puntuación de dichas preguntas. Este hecho, unido al elevado número de unidades de contenidos que se suelen contemplar en los diversos apartados que incluye cada pregunta, hace difícil comparar cuantitativamente la presencia de las distintas unidades de contenidos en los exámenes del *A level* a lo largo del periodo estudiado. No obstante, el estudio de las frecuencias relativas de dichas unidades de contenidos en los siete años que abarca el estudio posibilita, no solo comparar los exámenes británicos entre sí, sino también confrontarlos con los de los otros dos países estudiados.

En Irlanda, a diferencia de lo que ocurre en España y Reino Unido, las pruebas analizadas correspondientes al *Leaving Certificate* de química (*higher level*) son idénticas en su estructura, de forma que los estudiantes deben responder a 8 de las 11 preguntas del examen, disponiendo de 3 horas para su realización. Todas las preguntas puntúan sobre 50, por lo que la puntuación máxima que pueden alcanzar es de 400 puntos, estableciéndose posteriormente las calificaciones porcentuales cuyas correspondencias se mostraron en la Tabla 6. En la Tabla 36 se indica con más detalle la estructura correspondiente a los exámenes del *Leaving Certificate* de la muestra analizada.

Tabla 36. Estructura del *Leaving Certificate* de química (*higher level*)

Secciones	Optatividad Número de preguntas	Puntuación máxima por pregunta	N.º de apartados por pregunta
<i>Section A</i>	3 preguntas (elegir al menos 2)	50 puntos	5-8 apartados
<i>Section B</i>	8 preguntas (elegir como máximo 6) Pregunta 4: se eligen 8 de los 11 apartados Preguntas 10 y 11: se eligen 2 de las 3 partes	50 puntos	4-11 apartados

La homogeneidad que presentan las pruebas de acceso a la universidad en Irlanda facilita la comparabilidad entre las mismas. Por otro lado, se constatan las claras diferencias estructurales que presentan entre sí los exámenes de los tres países objeto de estudio. No obstante, la categorización de las preguntas en la plantilla de análisis diseñada y la posterior determinación de las frecuencias relativas de las diversas categorías y subcategorías, hará posible comparar en qué medida se contemplan los distintos contenidos en las pruebas que conforman la muestra.

4.2.2. Análisis de contenido de las pruebas

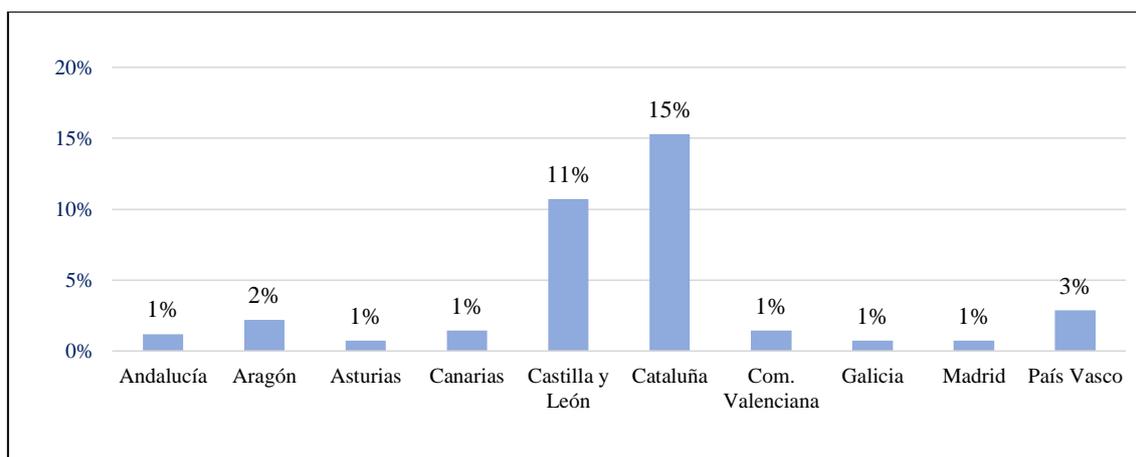
4.2.2.1. Conceptos, leyes, modelos y teorías en química

La primera categoría establecida en relación a la dimensión cognitiva de la competencia científica hacía alusión a la presencia de los conceptos, leyes, modelos y teorías en química en las pruebas de acceso a la universidad de los tres países objeto de estudio. Las frecuencias absolutas y relativas de las preguntas que pueden incluirse en este apartado se muestran en la Tabla 37, mientras que los porcentajes correspondientes a las distintas CC. AA. están representados en la Figura 25.

Tabla 37. Frecuencia de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	46	3%	8	4%	5	3%	7	4%	3	2%	5	3%	9	5%	9	5%
Andalucía	2	1%	0	0%	1	4%	0	0%	1	4%	0	0%	0	0%	0	0%
Aragón	3	2%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	1	6%	1	5%	0	0%
Asturias	1	1%	1	5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Canarias	2	1%	0	0%	1	5%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%	0	0%
Castilla y León	15	11%	2	10%	0	0%	2	10%	0	0%	1	5%	4	20%	6	30%
Cataluña	15	15%	2	14%	1	7%	3	21%	1	7%	1	7%	4	29%	3	21%
C. Valenciana	2	1%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%
Galicia	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%	0	0%
Madrid	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%
País Vasco	4	3%	2	10%	2	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
REINO UNIDO	62	20%	13	31%	8	19%	11	24%	9	21%	7	17%	6	13%	8	19%
IRLANDA	49	64%	7	64%	6	55%	8	73%	9	82%	9	82%	5	45%	5	45%

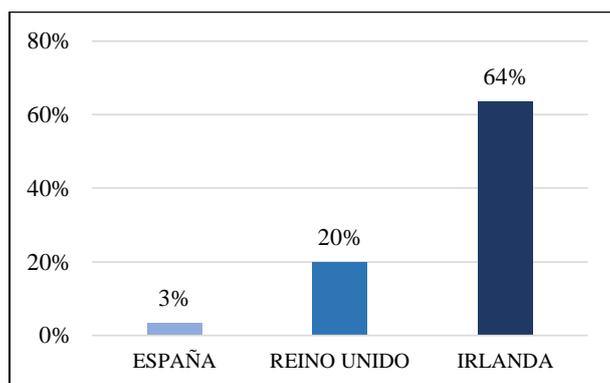
Figura 25. Porcentaje de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.



Como se puede observar en la tabla y la figura citadas, la presencia en las PAU de este contenido es meramente testimonial en la mayoría de los distritos universitarios, con la excepción de Cataluña –15%– y Castilla y León –11%–. Este hecho es especialmente llamativo por hacer referencia al primer objetivo fijado en el currículo de química de 2.º de bachillerato (Real Decreto 1467/2007), lo que pone de manifiesto una deficiente alineación curricular de las PAU a la hora de evaluar el conocimiento de los principios básicos de la química. No obstante, la aplicación de estos contenidos teóricos está implícita en otras preguntas de las PAU, aunque en general no se suele exigir la definición de conceptos, explicación de modelos, enunciado de leyes, etc.

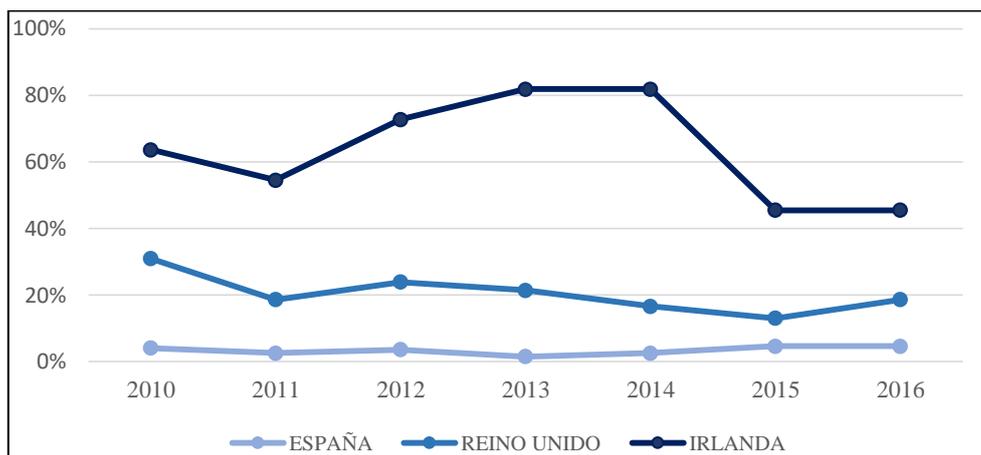
Por el contrario, al analizar los datos correspondientes a los otros países estudiados –Tabla 37 y Figura 26– se observa una frecuencia mucho más elevada de estos contenidos, que están presentes en un 20% de las preguntas del *A level* y alcanzan un 64% en el caso del *Leaving Certificate*, lo que revela, especialmente en el caso de Irlanda, un interés claro por contribuir al desarrollo de la citada capacidad.

Figura 26. Porcentaje de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” en los exámenes de química de las PAU de España, Reino Unido e Irlanda



En cuanto a la evolución temporal de la presencia de estas preguntas en las pruebas analizadas, la Figura 27 muestra cómo evolucionó la frecuencia relativa de esta unidad de contenidos a lo largo del periodo 2010-2016.

Figura 27. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “conceptos, leyes, modelos y teorías en química”



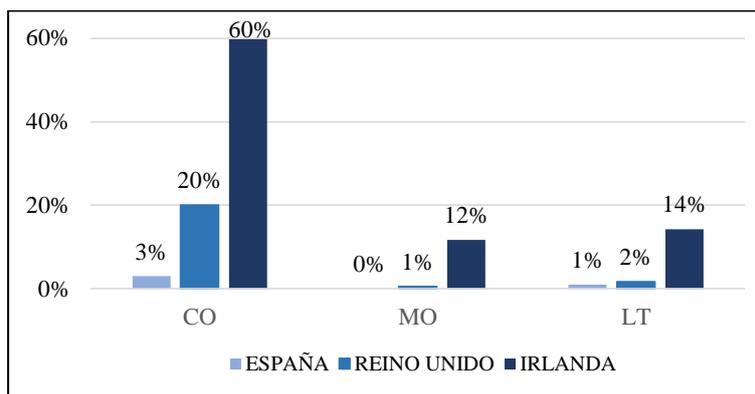
Al analizar la evolución temporal que se muestra en la Figura 27, a pesar de las irregularidades que se observan a lo largo del periodo estudiado, no se aprecia una tendencia ascendente o descendente en ninguno de los tres países.

En relación a las subcategorías contempladas dentro de este apartado –“definir conceptos” (CO), “explicar modelos” (MO) y “enunciar leyes y teorías” (LT)–, en la Tabla 38 se plasman las frecuencias de dichas subcategorías por países y por CC. AA., pudiendo compararse los datos correspondientes a los tres países en la Figura 28.

Tabla 38. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” incluidas en cada subcategoría

	CO		MO		LT	
	ni	fi	ni	fi	ni	fi
ESPAÑA	39	3%	4	0%	8	1%
Andalucía	2	1%	0	0%	0	0%
Aragón	2	1%	0	0%	1	1%
Asturias	1	1%	0	0%	0	0%
Canarias	1	1%	0	0%	1	1%
Castilla y León	14	10%	1	1%	3	2%
Cataluña	11	11%	2	2%	3	3%
C. Valenciana	2	1%	0	0%	0	0%
Galicia	1	1%	1	1%	0	0%
Madrid	1	1%	0	0%	0	0%
País Vasco	4	3%	0	0%	0	0%
REINO UNIDO	61	20%	1	0%	5	2%
IRLANDA	46	60%	9	12%	11	14%

Figura 28. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “conceptos, leyes, modelos y teorías en química” incluidas en cada subcategoría



Como se observa en la tabla y la figura mencionadas, la subcategoría que aparece con mayor frecuencia en las pruebas de los tres países y en todas las CC. AA. es la que hace referencia a “definir conceptos” (CO). A modo de ejemplo, se muestran a continuación algunos fragmentos de preguntas representativas formuladas en distintas pruebas:

«Defina afinidad electrónica de un elemento [...]» (Castilla y León, junio de 2014).

«Indique el significado del término “entalpía media de enlace” para el enlace H–O [...]» (*A level, unit 5*, 2015).

«¿Qué es un gas ideal? [...]» (*Leaving Certificate*, 2010).

La subcategoría relacionada con “explicar modelos” (MO) está escasamente representada, especialmente en las PAU y el *A level*. Algunos de los ejemplos encontrados son los siguientes:

«Explique en qué se basa el modelo cinético de colisiones [...]» (Cataluña, junio de 2015).

«Explique el significado del término “modelo iónico perfecto” [...]» (*A level, unit 5*, 2013).

«Describa la estructura del modelo atómico del “pudín de pasas” de Thomson [...]» (*Leaving Certificate*, 2012).

Del mismo modo, son muy pocas las preguntas de las pruebas de España y Reino Unido que se relacionan con la tercera subcategoría establecida, “enunciar leyes y teorías”

(LT), que está algo más presente en las pruebas de Irlanda –12%–. Las siguientes preguntas se incluirían en dicho apartado:

«¿Cómo describiría el enlace de BCl_3 y CCl_4 según la teoría del enlace de valencia? [...]» (Aragón, junio de 2015).

«Enuncie el principio de Le Chatelier [...]» (*A level, unit 2*, 2011).

«Defina ácido según la teoría de Brønsted-Lowry [...]» (*Leaving Certificate*, 2012).

Las cuestiones indicadas para las tres subcategorías, basadas fundamentalmente en la memorización, implican una demanda cognitiva de bajo nivel, pero potencian la capacidad de los estudiantes para definir conceptos, explicar modelos, enunciar leyes, etc., aspectos relacionados con la competencia lingüística que también contribuyen a la consolidación de la competencia científica. De este modo, si se complementan con preguntas en las que se requiere aplicar los principios básicos correspondientes, facilitan una evaluación integral de la dimensión de la competencia científica relacionada con el “saber”, sobre la que se apoyan el “saber hacer” y el “saber ser” que los estudiantes preuniversitarios deberían alcanzar.

4.2.2.2. Estructura de la materia

El estudio de la estructura de la materia está presente en todos los currículos de química constituyendo uno de sus principales pilares, lo que se refleja en las pruebas de evaluación analizadas. En la Tabla 39 se muestran las frecuencias absolutas y relativas de las preguntas en las que se requiere aplicar los modelos y teorías estudiados para establecer la estructura submicroscópica de las sustancias, clasificarlas o deducir sus propiedades. Las diferencias entre CC. AA. se pueden apreciar en la Figura 29, mientras que en la Figura 30 está representada su frecuencia en los tres países estudiados. En lo que respecta a las PAU, los datos de la Tabla 39 y la Figura 29 ponen de manifiesto la relevancia de los contenidos relacionados con la estructura de la materia en las pruebas de todos los distritos universitarios, con una frecuencia relativa del 39% para todo el territorio nacional, destacando especialmente Asturias con un 55%. Las frecuencias de estos contenidos son aún más elevadas en el *A level* –47%– y el *Leaving Certificate* –64%–, como se aprecia en la Tabla 39 y la Figura 30. Estos resultados indican que en todas las pruebas analizadas la categoría “estructura de la materia” está cubierta de forma satisfactoria.

Tabla 39. Frecuencia de preguntas referentes a “estructura de la materia” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	534	39%	63	32%	78	40%	75	39%	84	43%	82	42%	79	41%	73	38%
Andalucía	53	32%	8	33%	10	42%	7	29%	8	33%	7	29%	6	25%	7	29%
Aragón	60	44%	8	50%	8	50%	9	56%	8	50%	8	50%	11	69%	8	50%
Asturias	77	55%	8	40%	10	50%	9	45%	13	65%	14	70%	13	65%	10	50%
Canarias	63	45%	5	25%	9	45%	10	50%	11	55%	11	55%	10	50%	7	35%
Castilla y León	51	36%	8	40%	7	35%	7	35%	6	30%	8	40%	7	35%	8	40%
Cataluña	35	36%	4	29%	6	43%	4	29%	8	57%	5	36%	3	21%	5	36%
Com. Valenciana	42	30%	4	20%	6	30%	8	40%	6	30%	5	25%	6	30%	7	35%
Galicia	41	29%	6	30%	5	25%	5	25%	6	30%	7	35%	6	30%	6	30%
Madrid	52	37%	3	15%	8	40%	7	35%	9	45%	9	45%	9	45%	7	35%
País Vasco	60	43%	9	45%	9	45%	9	45%	9	45%	8	40%	8	40%	8	40%
REINO UNIDO	144	47%	21	50%	18	42%	21	46%	22	52%	21	50%	21	46%	20	47%
IRLANDA	49	64%	7	64%	4	36%	7	64%	7	64%	8	73%	10	91%	6	55%

Figura 29. Porcentaje de preguntas referentes a “estructura de la materia” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.

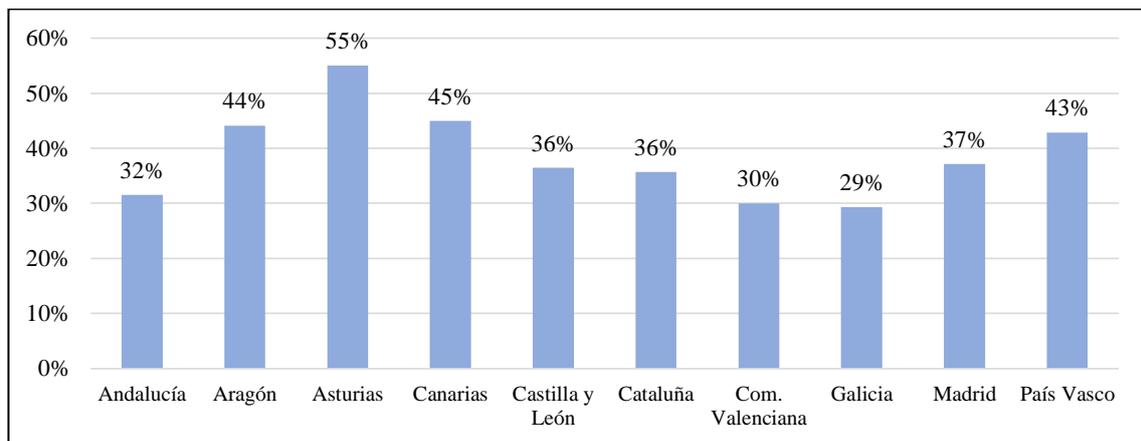
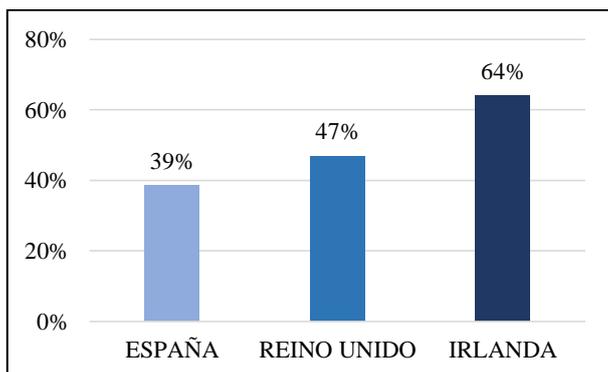
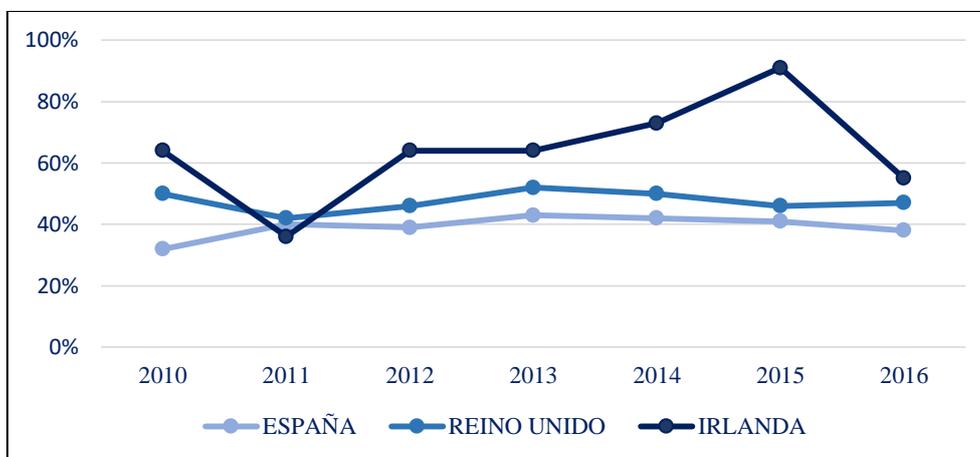


Figura 30. Porcentaje de preguntas referentes a “estructura de la materia” en los exámenes de química de las PAU de España, Reino Unido e Irlanda



Por otro lado, en la Figura 31 se puede observar la evolución de la presencia de este contenido en las pruebas de acceso a la universidad de España, Reino Unido e Irlanda a lo largo del periodo estudiado.

Figura 31. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “estructura de la materia”



La evolución temporal que se aprecia en la Figura 31 muestra escasas variaciones en la frecuencia de aparición de este contenido en las PAU y el *A level*, mientras que en el *Leaving Certificate*, con una muestra de preguntas considerablemente más reducida, las variaciones son mucho más acusadas, si bien no se aprecia una tendencia de crecimiento o decrecimiento entre 2010 y 2016.

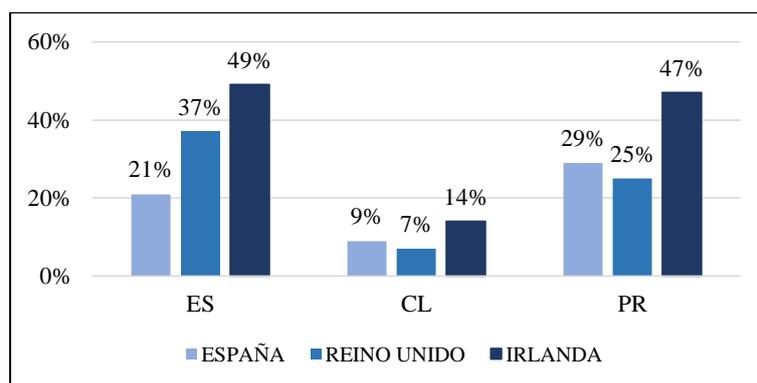
En cuanto a las subcategorías que se incluyen dentro del estudio de la estructura de la materia –“deducir estructura submicroscópica de las sustancias” (ES), “clasificar sustancias” (CL) y “deducir propiedades de las sustancias” (PR)–, en la Tabla 40 se detalla la presencia de las tres subcategorías establecidas en las pruebas de los países estudiados y en las distintas CC. AA y en la Figura 32 se comparan las frecuencias de estos objetivos específicos en los tres tipos de pruebas de evaluación. Al analizar los datos obtenidos en las PAU de los diversos distritos universitarios, se pone de manifiesto la mayor relevancia que se otorga en estas pruebas a la deducción de propiedades –29% de media– respecto al estudio de la estructura submicroscópica –21%– y la clasificación de sustancias –9%–, manteniéndose el mismo orden de prioridad en todas las CC. AA. excepto en Andalucía, donde se da más relevancia a la deducción de la estructura de la materia –23%– que a sus propiedades –15%–. En las pruebas del Reino Unido también se prioriza el estudio submicroscópico de la materia –37%– respecto a sus propiedades –25%–, mientras que en Irlanda están muy equilibrados –49% y 47% respectivamente–;

en ambos casos, la subcategoría relativa a la clasificación de sustancias es la que adquiere menor relevancia, con un 7% en Reino Unido y un 14% en Irlanda.

Tabla 40. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “estructura de la materia” incluidas en cada subcategoría

	ES		CL		PR	
	n _i	f _i	n _i	f _i	n _i	f _i
ESPAÑA	292	21%	129	9%	399	29%
Andalucía	39	23%	11	7%	26	15%
Aragón	29	21%	15	11%	54	40%
Asturias	34	24%	21	15%	63	45%
Canarias	35	25%	12	9%	43	31%
Castilla y León	23	16%	13	9%	40	29%
Cataluña	20	20%	2	2%	24	24%
Com. Valenciana	28	20%	7	5%	39	28%
Galicia	24	17%	14	10%	25	18%
Madrid	30	21%	18	13%	41	29%
País Vasco	30	21%	16	11%	44	31%
REINO UNIDO	112	37%	21	7%	77	25%
IRLANDA	38	49%	11	14%	36	47%

Figura 32. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “estructura de la materia” incluidas en cada subcategoría



Algunos ejemplos de preguntas que aluden a la deducción de la estructura submicroscópica de las sustancias (ES) son los siguientes:

«Deduzca la geometría de las moléculas BCl_3 y H_2S aplicando la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de la Capa de Valencia [...]» (Andalucía, junio de 2014).

«El gas amoníaco se condensa fácilmente para formar un líquido cuando se enfría.
(a) (i) Nombre la fuerza de atracción más fuerte entre dos moléculas de amoníaco.»

(a) (ii) Dibuje un diagrama para mostrar cómo dos moléculas de amoníaco interactúan entre sí en la fase líquida. Incluya todas las cargas parciales y todos los pares de electrones solitarios en su diagrama [...]» (*A level, unit 1*, 2014).

«Considere los siguientes hidruros de algunos de los elementos del segundo y tercer períodos de la tabla periódica: H_2O , NH_3 , PH_3 y HCl . (i) Indique en qué se diferencia el enlace en el PH_3 del enlace en los otros tres hidruros. ¿Cuál es la razón de esta diferencia? (ii) A partir de estos cuatro hidruros, identifique el hidruro o hidruros en los que se forma enlace de hidrógeno entre moléculas. Indique una propiedad que se ve afectada por la presencia de enlaces de hidrógeno intermoleculares en el hidruro o hidruros que haya identificado. (iii) Indique la forma de la molécula de PH_3 y explique usando la teoría de repulsión de pares de electrones cómo surge esta forma [...]» (*Leaving Certificate*, 2015).

Las preguntas incluidas en la subcategoría “clasificar sustancias” (CL) no son muy frecuentes en las pruebas analizadas y suelen relacionarse al mismo tiempo con la subcategoría “deducir las propiedades de las sustancias” (PR), como ocurre en las preguntas que se muestran a continuación:

«El número de protones presentes en el núcleo de los siguientes elementos es: A (9), B (16), C (17), D (18) y E (19). Indicar, razonando la respuesta, cuál de ellos es: a) Un metal alcalino. b) El más electronegativo. c) El de menor potencial de ionización. d) Un gas noble.» (Canarias, septiembre de 2015).

«(a) Identifique, para los elementos del período 2 del litio al nitrógeno, el elemento que tiene el radio atómico más grande. (b) (i) Indique la tendencia general en las energías de primera ionización para los elementos del período 2 del litio a nitrógeno. (b) (ii) Identifique el elemento que se desvía de esta tendencia general, del litio al nitrógeno, y explique su respuesta [...]» (*A level, unit 1*, 2012).

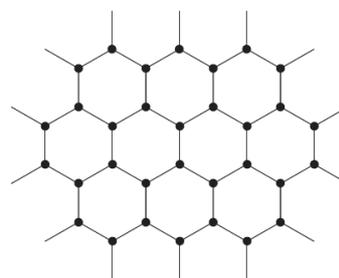
«En la tabla periódica, identifique un elemento: (i) en el mismo período que el magnesio pero con átomos más grandes, (ii) en el mismo grupo que el magnesio pero con átomos más pequeños [...]» (*Leaving Certificate*, 2015).

Otras preguntas bastante frecuentes en los tres países estudiados son las que relacionan la estructura submicroscópica de la materia (ES) con sus propiedades (PR). En nuestro país, la mayoría de estas cuestiones siguen un esquema similar y suelen estar descontextualizadas; sin embargo, en las pruebas británicas e irlandesas es frecuente que

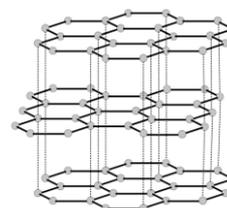
se relacionen con las aplicaciones de las sustancias estudiadas y que se acompañen de representaciones gráficas de sus estructuras.

«Explique la diferencia en los valores de la energía de red del LiF(s) ($1030 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) y del KF(s) ($808 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), si ambos presentan el mismo tipo de estructura cristalina. Indique, de forma razonada, el compuesto que presentará un valor mayor del punto de fusión normal» (Asturias, septiembre de 2012).

«El grafeno es un nuevo material hecho de átomos de carbono. Es el material más delgado y resistente que se conoce. El grafeno tiene un punto de fusión muy alto y es un excelente conductor de electricidad. Parte de la estructura del grafeno se ilustra en el diagrama. (i) Deduzca el tipo de estructura cristalina que muestra el grafeno. (ii) Sugiera por qué el grafeno es un excelente conductor de electricidad. (iii) Explique, en términos de su estructura y enlace, por qué el grafeno tiene un alto punto de fusión [...].» (A level, unit 1, 2012).



«Muchos materiales sólidos se clasifican en cristales iónicos, moleculares, covalentes o metálicos. Sus propiedades a menudo se pueden explicar en términos de sus estructuras cristalinas. (i) Explique el término subrayado. (ii) La "mina" de los lápices es en realidad grafito (mezclado con arcilla).



El grafito es una forma cristalina del elemento carbono. Se muestra parte de la estructura del grafito. Describa cómo los enlaces del grafito permiten que se utilice para escribir o como lubricante. (iii) El diamante, otra forma cristalina de carbono elemental, es la sustancia natural más dura. Explique la dureza del diamante teniendo en cuenta su estructura cristalina. (iv) Explique por qué los metales suelen ser excelentes conductores eléctricos» (Leaving Certificate, 2014).

4.2.2.3. Procesos químicos

El estudio de los procesos químicos ocupa, como puede observarse en la Tabla 41, casi tres cuartas partes de las preguntas formuladas en todas las pruebas de acceso a la universidad de los tres países analizados. La Figura 33 muestra la comparativa entre las PAU de las distintas CC. AA., destacando Madrid –84%–, Canarias –83%– y Cataluña –82%– por la elevada proporción de preguntas relativas a las transformaciones químicas

en sus PAU. La comparativa entre países, reflejada en la Figura 34, pone de manifiesto la inexistencia de diferencias significativas entre las pruebas de los tres países en relación a la frecuencia de este tipo de preguntas.

Tabla 41. Frecuencia de preguntas referentes a “procesos químicos” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	1015	73%	138	71%	145	73%	142	72%	149	75%	147	74%	144	73%	150	76%
Andalucía	98	58%	16	67%	13	54%	14	58%	15	63%	13	54%	14	58%	13	54%
Aragón	108	79%	12	75%	15	75%	17	85%	16	80%	16	80%	16	80%	16	80%
Asturias	102	73%	14	70%	15	75%	13	65%	16	80%	16	80%	14	70%	14	70%
Canarias	116	83%	12	60%	18	90%	18	90%	17	85%	16	80%	16	80%	19	95%
Castilla y León	90	64%	13	65%	13	65%	13	65%	15	75%	12	60%	12	60%	12	60%
Cataluña	80	82%	11	79%	10	71%	12	86%	11	79%	13	93%	12	86%	11	79%
Com. Valenciana	96	69%	13	65%	15	75%	12	60%	15	75%	13	65%	12	60%	16	80%
Galicia	99	71%	14	70%	14	70%	13	65%	15	75%	15	75%	14	70%	14	70%
Madrid	118	84%	18	90%	16	80%	17	85%	16	80%	16	80%	17	85%	18	90%
País Vasco	108	77%	15	75%	16	80%	13	65%	13	65%	17	85%	17	85%	17	85%
REINO UNIDO	215	71%	31	74%	31	72%	35	76%	31	74%	35	83%	25	54%	27	63%
IRLANDA	55	71%	9	82%	7	64%	8	73%	7	64%	9	82%	7	64%	8	73%

Figura 33. Porcentaje de preguntas referentes a “procesos químicos” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.

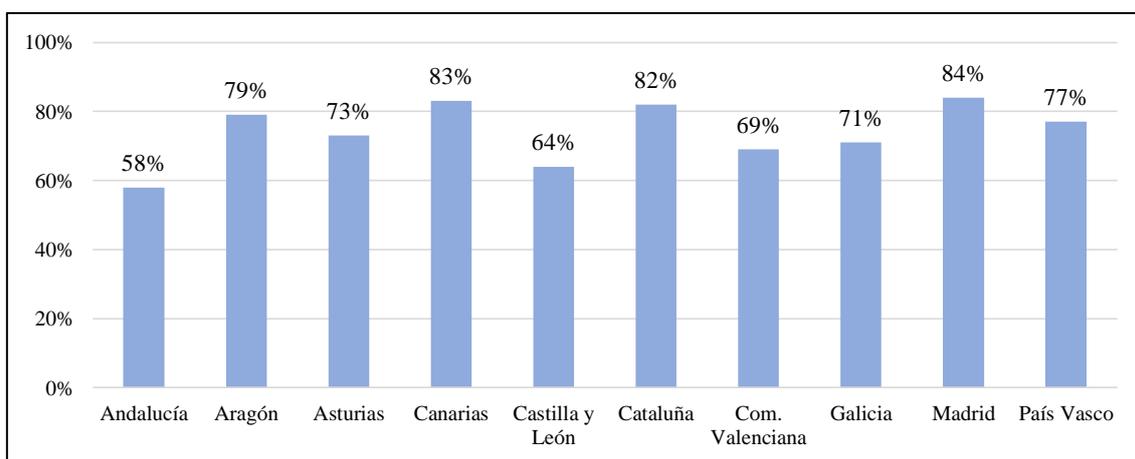
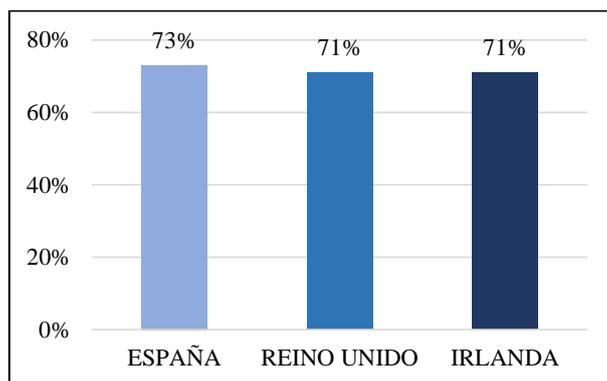
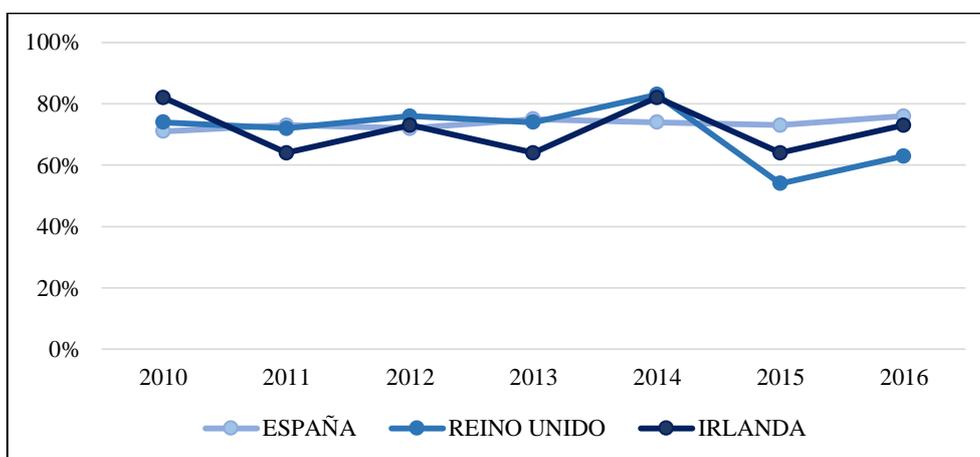


Figura 34. Porcentaje de preguntas referentes a “procesos químicos” en los exámenes de química de las PAU de España, Reino Unido e Irlanda



A lo largo del periodo estudiado, tal y como se muestra en la Figura 35, apenas hay variaciones en la proporción de preguntas relativas a esta temática, manteniéndose en un intervalo entre el 60% y el 80% aproximadamente.

Figura 35. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “procesos químicos”

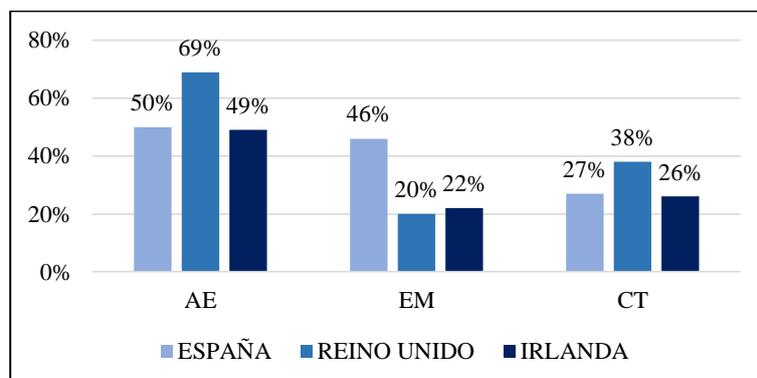


Si bien a nivel general el tratamiento de los procesos químicos es objeto de una atención similar en los exámenes analizados, existen diferencias notables en la importancia que se otorga a las distintas subcategorías consideradas. En la Tabla 42 se indican las frecuencias con las que se plantean en estos exámenes cuestiones relacionadas con “escribir, ajustar y clasificar ecuaciones químicas” (AE), “escribir expresiones matemáticas relacionadas con procesos químicos” (EM) y “deducir aspectos cinéticos y termodinámicos de procesos químicos” (CT). La Figura 36 muestra la comparación entre las citadas subcategorías en las PAU, el *A level* y el *Leaving Certificate*.

Tabla 42. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “procesos químicos” incluidas en cada subcategoría

	AE		EM		CT	
	n _i	f _i	n _i	f _i	n _i	f _i
ESPAÑA	691	50%	641	46%	372	27%
Andalucía	63	38%	58	35%	24	14%
Aragón	74	54%	74	54%	41	30%
Asturias	73	52%	64	46%	33	24%
Canarias	84	60%	70	50%	38	27%
Castilla y León	66	47%	59	42%	28	20%
Cataluña	44	45%	65	66%	53	54%
Com. Valenciana	51	36%	56	40%	26	19%
Galicia	77	55%	54	39%	31	22%
Madrid	80	57%	75	54%	54	39%
País Vasco	79	56%	66	47%	44	31%
REINO UNIDO	125	69%	37	20%	69	38%
IRLANDA	38	49%	17	22%	20	26%

Figura 36. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “procesos químicos” incluidas en cada subcategoría



Como se puede observar, las preguntas que implican “escribir, ajustar y clasificar ecuaciones químicas” (AE) son muy frecuentes en todas las pruebas analizadas, destacando en este aspecto las pruebas del Reino Unido –69%–. A continuación se muestran cuestiones incluidas en esta subcategoría, todas ellas relativas a reacciones redox, de los tres tipos de pruebas estudiadas, donde se observa que la pregunta extraída de las PAU, muy similar a las que se suelen formular en el resto de las CC. AA., requiere un mayor dominio de los aspectos formales de la química, aunque carece de una contextualización como la que muestran las preguntas procedentes del *A level* y el *Leaving Certificate*, aspecto que es muy habitual en este tipo de pruebas.

«Ajuste la siguiente reacción por el método del ion-electrón: $\text{KMnO}_4 (\text{aq}) + \text{KCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) \rightarrow \text{MnSO}_4 (\text{aq}) + \text{K}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) [\dots]$ » (Galicia, septiembre de 2010).

«El antimonio es un elemento sólido que se utiliza en la industria [...]. El antimonio se puede extraer haciendo reaccionar chatarra de hierro con minerales que contienen sulfuro de antimonio (Sb_2S_3). (i) Escriba una ecuación para la reacción del hierro con el sulfuro de antimonio para formar antimonio y sulfuro de hierro (II). (ii) Escriba una semirreacción para mostrar lo que les sucede a los átomos de hierro en esta reacción [...].» (*A level, unit 2*, 2014).

«La siguiente reacción redox es altamente exotérmica y se utiliza para producir hierro fundido para soldadura de piezas de acero, p. ej., tramos de vía férrea: $8\text{Al} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Fe}$. Defina la oxidación en términos de cambio en el número de oxidación. Muestre usando números de oxidación que esta es una reacción redox. Identifique el agente reductor [...].» (*Leaving Certificate*, 2013).

Como se puede observar en la Figura 36, las PAU destacan por conceder una importancia considerablemente mayor que las otras pruebas estudiadas a la formulación de expresiones matemáticas relacionadas con los procesos químicos (EM), como las que se requieren en las preguntas referidas a constantes de equilibrio que se enuncian a continuación; de nuevo, en la pregunta procedente de las PAU se constata la ausencia de un contexto que transmita al alumnado la relevancia de la cuestión planteada.

«El hidróxido de magnesio es poco soluble en agua ($K_s = 1,8 \cdot 10^{-11}$). Formule el equilibrio de disolución del hidróxido de magnesio y escriba la expresión para K_s [...].» (Madrid, septiembre de 2011).

«La reacción del metano con vapor produce hidrógeno para su uso en muchos procesos industriales. Bajo ciertas condiciones se produce la siguiente reacción: $\text{CH}_4 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{g}) + 4\text{H}_2 (\text{g}) [\dots]$. Escriba una expresión para la constante de equilibrio, K_c , para esta reacción [...].» (*A level, unit 4*, 2010).

«Cuando se mezclaron en un tubo de ensayo una disolución amarilla de cloruro de hierro (III) (FeCl_3) y una disolución incolora de tiocianato de potasio (KCNS), apareció un color rojo y se estableció el siguiente equilibrio: $\text{Fe}^{3+} (\text{aq}) + \text{CNS}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{CNS})^{2+} (\text{aq}) [\dots]$. Escriba la expresión de la constante de equilibrio (K_c) para esta reacción [...].» (*Leaving Certificate*, 2013).

Las preguntas en las que se demanda deducir aspectos cinéticos y termodinámicos de los procesos químicos (CT) tienen una frecuencia similar en todas las pruebas estudiadas; en este caso se muestran a modo de ejemplo tres preguntas sobre los factores que influyen en los equilibrios químicos que se refieren a la síntesis de distintas sustancias y en las que se vuelve a apreciar que las preguntas extraídas de las pruebas de Reino Unido e Irlanda conceden una mayor importancia al contexto.

«Dado el proceso de síntesis del amoníaco: $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$
 $\Delta H < 0$, indicar en qué sentido se desplazará el equilibrio y qué sucederá con el número de moles de amoníaco: a) si se sube la temperatura; b) si se sube la presión; c) si se aumenta la cantidad de hidrógeno» (País Vasco, julio de 2015).

«El etanol se puede producir mediante la hidratación del eteno. La ecuación para el equilibrio que se establece es $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} (\text{g})$
 $\Delta H = -42 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Las condiciones de funcionamiento del proceso son una temperatura de $300 \text{ }^\circ\text{C}$ y una presión de 7 MPa . En estas condiciones, la conversión de eteno en etanol es del 5% . (i) Identifique el catalizador utilizado en este proceso. Deduzca cómo se logra un rendimiento general del 95% en este proceso sin cambiar las condiciones de operación. (ii) Utilice su conocimiento de las reacciones de equilibrio para explicar por qué un fabricante podría considerar usar un exceso de vapor en este proceso, bajo las mismas condiciones. (iii) A presiones superiores a 7 MPa , parte del eteno reacciona para formar un sólido con masa molecular relativa superior a 5000 . Deducir la identidad de este sólido. Indique otra razón para no operar este proceso a presiones superiores a 7 MPa . No incluya motivos de seguridad [...]» (*A level, unit 2*, 2013).

«En el proceso de contacto para la fabricación de ácido sulfúrico, la etapa clave es la reacción de dióxido de azufre y oxígeno, en contacto con un catalizador de óxido de vanadio(V) (V_2O_5), para formar trióxido de azufre. El equilibrio químico se establece de acuerdo con la siguiente ecuación: $2\text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 (\text{g})$
 $\Delta H = -196 \text{ kJ}$. a) Enuncie el principio de Le Chatelier. Utilice el principio de Le Chatelier para predecir y explicar las condiciones (es decir, altas o bajas) de (i) temperatura, (ii) presión, que maximizarían el rendimiento de trióxido de azufre. Explique por qué las condiciones de temperatura predichas no se utilizan industrialmente. (b) Indique y explique el efecto, si lo hubiera, de la presencia del catalizador en el rendimiento de trióxido de azufre [...]» (*Leaving Certificate*, 2016).

4.2.2.4. Cálculos químicos

La aplicación de cálculos químicos a la resolución de ejercicios y problemas es un contenido muy destacado en todas las pruebas analizadas y, como puede apreciarse en la Tabla 43, representa en todas ellas más de un 40 % de las preguntas planteadas.

Tabla 43. Frecuencia de preguntas referentes a “cálculos químicos” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	741	54%	99	51%	108	56%	105	54%	103	53%	107	55%	110	57%	109	56%
Andalucía	73	43%	10	42%	9	38%	10	42%	9	38%	11	46%	11	46%	13	54%
Aragón	57	42%	8	50%	9	45%	8	40%	8	40%	8	40%	8	40%	8	40%
Asturias	65	46%	7	35%	8	40%	11	55%	8	40%	10	50%	11	55%	10	50%
Canarias	71	51%	8	40%	10	50%	11	55%	10	50%	11	55%	10	50%	11	55%
Castilla y León	89	64%	14	70%	13	65%	13	65%	13	65%	13	65%	12	60%	11	55%
Cataluña	78	80%	11	79%	10	71%	11	79%	10	71%	11	79%	12	86%	13	93%
Com. Valenciana	69	49%	9	45%	10	50%	8	40%	10	50%	10	50%	11	55%	11	55%
Galicia	83	59%	11	55%	12	60%	13	65%	12	60%	12	60%	11	55%	12	60%
Madrid	72	51%	9	45%	14	70%	10	50%	9	45%	10	50%	11	55%	9	45%
País Vasco	84	60%	12	60%	13	65%	10	50%	14	70%	11	55%	13	65%	11	55%
REINO UNIDO	124	41%	18	43%	19	44%	16	35%	17	40%	16	38%	20	43%	18	42%
IRLANDA	52	68%	8	73%	6	55%	7	64%	7	64%	9	82%	7	64%	8	73%

En la comparativa entre CC. AA., destaca Cataluña con un 80% de ejercicios que precisan cálculos numéricos, tal y como se observa en la Figura 37. Este elevado porcentaje se debe en parte a que, como quedó plasmado en la Tabla 34, las preguntas planteadas en sus PAU son de carácter teórico-práctico, por lo que la mayoría de las cuestiones incluyen aspectos cuantitativos junto con otros razonamientos de tipo cualitativo; sin embargo, en las PAU de los demás distritos universitarios se suele marcar la diferencia entre cuestiones teóricas y ejercicios o problemas numéricos, por lo que la proporción de ejercicios de carácter cuantitativo suele ser menor, oscilando entre el 42% de Aragón y el 60% del País Vasco. En cuanto a la frecuencia con la que se requieren cálculos químicos en las pruebas de los tres países estudiados, la Figura 38 muestra que los exámenes del *Leaving Certificate* son los que alcanzan la mayor proporción de este tipo de preguntas –68%–, aunque en la mayoría de los casos estas incluyen también apartados de tipo cualitativo; por el contrario, los ejercicios numéricos planteados en las PAU, aunque suponen un porcentaje inferior –54%– suelen centrarse exclusivamente en aspectos cuantitativos, lo que podría traducirse en la práctica en una mayor presencia de cálculos químicos en el

caso de las PAU. En lo que respecta al *A level*, en sus exámenes se encontró una menor proporción de preguntas que requirieran la aplicación de cálculos químicos –41%–, siendo la mayor parte de ellas de carácter teórico-práctico. Por otro lado, las características de las preguntas sobre cálculos químicos encontradas en la mayoría de las PAU, al no relacionarse con los aspectos cualitativos de la química, podrían favorecer el uso mecánico de razonamientos algorítmicos al que ya hacía alusión Franco (2016) al analizar las PAU de Andalucía, lo que parece extenderse a casi todo el ámbito nacional.

Figura 37. Porcentaje de preguntas referentes a “cálculos químicos” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.

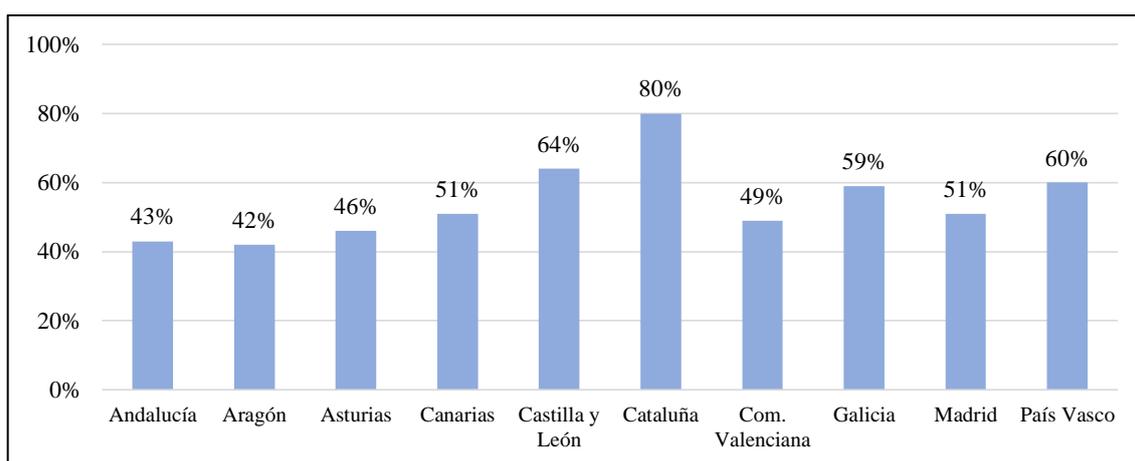
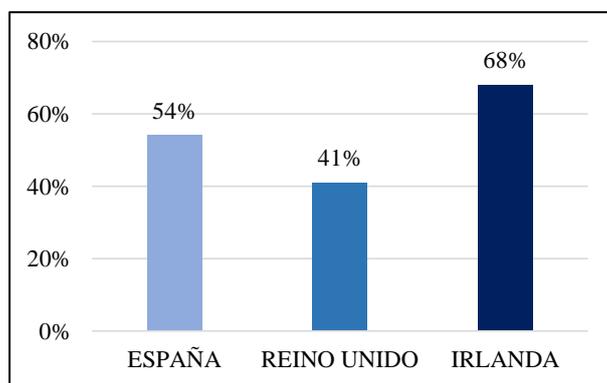
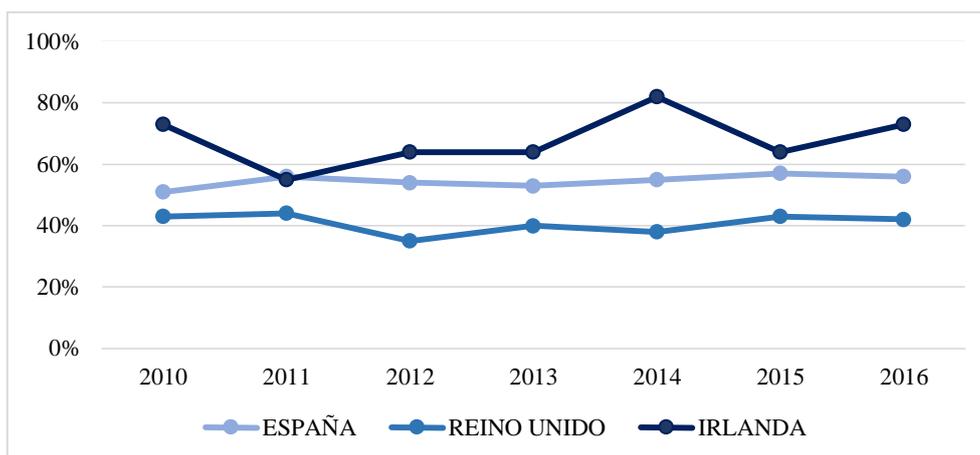


Figura 38. Porcentaje de preguntas referentes a “cálculos químicos” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda



En lo que concierne a la evolución en la frecuencia de aparición de esta categoría de preguntas, la Figura 39 pone de manifiesto que las fluctuaciones a lo largo del periodo estudiado son poco significativas, siendo algo más marcadas en el caso de las pruebas irlandesas.

Figura 39. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “cálculos químicos”

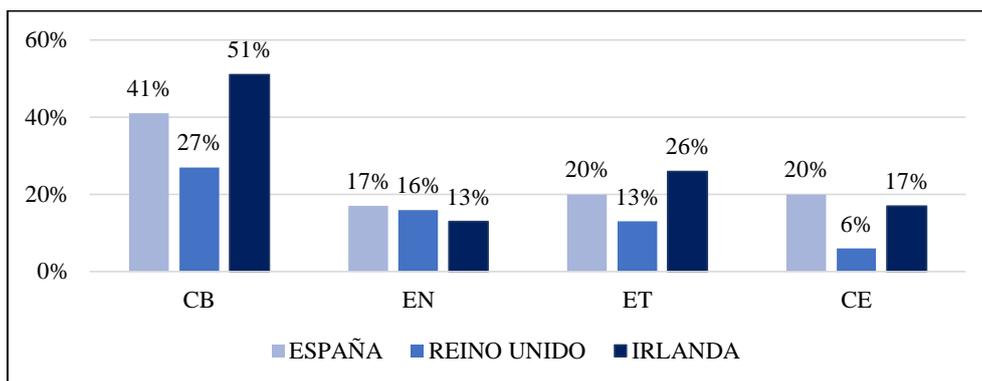


La Tabla 44 permite comparar la relevancia que se otorga a las distintas subcategorías establecidas según CC. AA. y países, destacando en todos los casos “realizar cálculos básicos en química” (CB) por su elevada frecuencia. La segunda subcategoría más frecuente hace referencia a “resolver cálculos estequiométricos” (ET), que en las PAU está igualada con “realizar cálculos relacionados con el equilibrio” (CE), como se puede apreciar en la Figura 40. No obstante, el orden de prioridad de las diversas subcategorías varía en algunas CC. AA., de forma que en algunas PAU –como las de Asturias y Cataluña– las preguntas que requieren “realizar cálculos energéticos y cinéticos” (EN) son más frecuentes que las relativas a cálculos estequiométricos y en el equilibrio.

Tabla 44. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “cálculos químicos” incluidas en cada subcategoría

	CB		EN		ET		CE	
	n _i	f _i						
ESPAÑA	566	41%	231	17%	281	20%	277	20%
Andalucía	58	35%	12	7%	29	17%	22	13%
Aragón	60	44%	16	12%	32	24%	30	22%
Asturias	41	29%	28	20%	21	15%	22	16%
Canarias	46	33%	24	17%	15	11%	32	23%
Castilla y León	66	47%	17	12%	37	26%	30	21%
Cataluña	49	50%	37	38%	17	17%	23	23%
Com. Valenciana	54	39%	24	17%	29	21%	28	20%
Galicia	67	48%	21	15%	31	22%	28	20%
Madrid	55	39%	23	16%	30	21%	30	21%
País Vasco	70	50%	29	21%	40	29%	32	23%
REINO UNIDO	83	27%	50	16%	41	13%	19	6%
IRLANDA	39	51%	10	13%	20	26%	13	17%

Figura 40. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “cálculos químicos” incluidas en cada subcategoría



Las preguntas que se muestran a continuación constituyen algunos ejemplos representativos del modo en que se plantean algunos cálculos básicos en química (CB) en los distintos tipos de pruebas de acceso a la universidad, destacando la pregunta extraída del *Leaving Certificate* por su contextualización en una situación cotidiana:

«Un tubo de ensayo contiene 25 mL de agua. Calcule: a) El número de moles de agua. b) El número total de átomos de hidrógeno; c) La masa en gramos de una molécula de agua» (Andalucía, junio de 2010).

«Una muestra de gas amoníaco ocupa un volumen de $1,53 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ a 37°C y una presión de 100 kPa (la constante de los gases es $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$). Calcule la cantidad, en moles, de amoníaco en esta muestra» (*A level, unit 1*, 2010).

«¿Cuántos átomos de hierro hay en un tazón de copos de maíz de 30 g que contiene 0,0024 g de hierro por porción de 30 g?» (*Leaving Certificate*, 2010).

Las preguntas que implican cálculos energéticos y cinéticos (EN) requieren en muchos casos la aplicación de la ley de Hess a reacciones de interés biológico o industrial, como ejemplifican las siguientes cuestiones:

«El proceso de fotosíntesis se puede representar por la ecuación química siguiente: $6 \text{CO}_2 (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6 \text{O}_2 (\text{g}) \Delta H^\circ = +3402,8 \text{ kJ}$. Calcule: a) La entalpía de formación estándar de la glucosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. b) La energía necesaria para la formación de 500 g de glucosa mediante fotosíntesis» (Comunidad Valenciana, junio de 2012).

«El manganeso se puede extraer del Mn_2O_3 mediante reducción con monóxido de carbono a alta temperatura. (i) Utilice la entalpía estándar de los datos de formación de la tabla y la ecuación para la extracción de manganeso para calcular un valor para el cambio de entalpía estándar de esta extracción. $\text{Mn}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 3\text{CO} (\text{g}) \rightarrow 2\text{Mn} (\text{s}) + 3\text{CO}_2 (\text{g})$. (ii) Indique por qué el valor de la entalpía estándar de formación de $\text{Mn} (\text{s})$ es cero.» (*A level, unit 2, 2013*).

«El reformado con vapor del gas natural tiene lugar de acuerdo con la siguiente ecuación ajustada: $\text{CH}_4 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow \text{CO} (\text{g}) + 3\text{H}_2 (\text{g})$. Calcule el calor de esta reacción sabiendo que los calores de formación de metano, el vapor y el monóxido de carbono son $-74,6$, -242 y $-111 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ respectivamente» (*Leaving Certificate, 2012*).

La resolución de cálculos estequiométricos (ET) se requiere en un número considerable de preguntas de todas las pruebas de acceso, como es el caso de los siguientes ejercicios:

«Se dispone de 500 kg de mineral con una riqueza del 20 % de CuCO_3 . Se hace reaccionar este mineral con 100 litros de una disolución acuosa de ácido nítrico de densidad $1,39 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ y riqueza del 65 %, formándose $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Calcule: a) La concentración molar del ácido nítrico. b) ¿Qué reactivo queda sin reaccionar? c) ¿Qué cantidad de nitrato de cobre (II), expresada en kg, se ha formado si el rendimiento del proceso es del 86 %?» (*Castilla y León, septiembre de 2012*).

«Norgessalpeter fue el primer fertilizante nitrogenado que se fabricó en Noruega. Su fórmula es $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Norgessalpeter se puede preparar mediante la reacción de carbonato de calcio con ácido nítrico diluido como se muestra en la siguiente ecuación: $\text{CaCO}_3 (\text{s}) + 2\text{HNO}_3 (\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 (\text{aq}) + \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$. En un experimento, se añadió un exceso de carbonato cálcico en polvo a $36,2 \text{ cm}^3$ de $0,586 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ de ácido nítrico. (i) Calcule la cantidad, en moles, de HNO_3 en $36,2 \text{ cm}^3$ de $0,586 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ de ácido nítrico. Dé su respuesta con 3 cifras significativas. (ii) Calcule la cantidad, en moles, de CaCO_3 que reaccionó con el ácido nítrico. Dé su respuesta con 3 cifras significativas. (iii) Calcule la masa mínima de CaCO_3 en polvo que debe agregarse para reaccionar con todo el ácido nítrico. Dé su respuesta con 3 cifras significativas» (*A level, unit 1, 2011*).

«El tiosulfato de sodio es un agente reductor que reacciona con el yodo de acuerdo con la siguiente ecuación ajustada: $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$ [...]. Dado que había 6,35 g de yodo (I_2) en 500 cm^3 de la solución de yodo, calcule (i) el número de moles de yodo en cada porción de $25,0 \text{ cm}^3$, (ii) el número de moles de tiosulfato de sodio requeridos para reducir esta cantidad de yodo, (iii) la concentración de la solución de tiosulfato de sodio en moles por litro, $17,85 \text{ cm}^3$ de los cuales fueron necesarios para reducir $25,0 \text{ cm}^3$ de la solución de yodo, (iv) la concentración de la solución de tiosulfato de sodio en gramos por litro de sus cristales ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)» (*Leaving Certificate*, 2015)

Por último, la realización de cálculos relacionados con el equilibrio (CE) constituye un elemento importante de todas las pruebas de química preuniversitarias, siendo en las PAU donde alcanza mayor relevancia, además de requerir en general una mayor exigencia cognitiva para el planteamiento y resolución de los cálculos pertinentes.

«En un recipiente de 10 litros se introducen 2 moles de N_2O_4 gaseoso a $50^\circ C$ produciéndose el siguiente equilibrio de disociación: $N_2O_4 (g) \rightleftharpoons 2 NO_2 (g)$. Si la constante K_p a dicha temperatura es de 1,06, calcule: a) Las concentraciones de los dos gases tras alcanzar el equilibrio. b) El % de disociación del N_2O_4 » (Aragón, septiembre de 2015).

«El siguiente equilibrio dinámico se estableció a la temperatura T en un recipiente: $P (g) + 2Q (g) \rightleftharpoons 2R (g)$. El valor de K_c para la reacción fue $68,0 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3$ cuando la mezcla de equilibrio contenía 3,82 mol de P y 5,24 mol de R [...] (b) Escriba una expresión para K_c para esta reacción. (c) El volumen del recipiente fue de $10,0 \text{ dm}^3$. Calcule la concentración, en mol dm^{-3} , de Q en la mezcla de equilibrio [...]. h) Deducir el valor de la constante de equilibrio, a la temperatura T, para la reacción $2R(g) \rightleftharpoons P(g) + 2Q(g)$ » (*A level, unit 4*, 2011).

«Considere la siguiente reacción reversible: $2NO (g) \rightleftharpoons N_2 (g) + O_2 (g)$ que tiene un valor constante de equilibrio (K_c) de 20,25 a una determinada temperatura T. (a) Escriba la expresión de la constante de equilibrio para la reacción. (b) Calcule el número de moles de nitrógeno gaseoso (N_2) en la mezcla de reacción en equilibrio cuando una muestra de 2 moles de monóxido de nitrógeno se descompone en gas nitrógeno y gas oxígeno en un recipiente cerrado a temperatura T» (*Leaving Certificate*, 2014).

4.2.2.5. Lenguaje químico

El empleo del lenguaje químico entendido en un sentido amplio es, junto con las tres categorías que se acaban de analizar, uno de los objetivos de la enseñanza de la química que adquiere mayor relevancia en todas las pruebas de acceso a la universidad estudiadas. Como se muestra en la Tabla 45, las preguntas que requieren la utilización del lenguaje químico suelen representar más de mitad del total, quedando ligeramente por debajo en el caso del *Leaving Certificate* –47%– y en las PAU de dos CC. AA., Cataluña –46%– y Comunidad Valenciana –38%–. En la Figura 41 están representadas las frecuencias relativas de estas cuestiones en las distintas CC. AA., destacando su mayor proporción en los exámenes de Canarias y País Vasco. Por otro lado, la Figura 42 muestra la comparativa entre países, observándose una frecuencia más elevada de preguntas que hacen referencia al lenguaje químico en los exámenes del *A level*, en los cuales la extensión de las preguntas –que en algunos casos llegan a incluir 12 apartados– contribuye a que sea más probable que en alguno de los apartados se precise el empleo del lenguaje químico.

Tabla 45. Frecuencia de preguntas referentes a “lenguaje químico” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	762	55%	106	55%	117	60%	111	57%	111	57%	103	53%	105	54%	109	56%
Andalucía	92	55%	14	58%	11	46%	12	50%	14	58%	13	54%	15	63%	13	54%
Aragón	72	53%	6	38%	10	50%	14	70%	10	50%	11	55%	11	55%	10	50%
Asturias	78	56%	11	55%	14	70%	11	55%	11	55%	11	55%	10	50%	10	50%
Canarias	93	66%	13	65%	15	75%	13	65%	12	60%	15	75%	12	60%	13	65%
Castilla y León	72	51%	12	60%	11	55%	10	50%	12	60%	9	45%	10	50%	8	40%
Cataluña	45	46%	7	50%	6	43%	7	50%	8	57%	6	43%	5	36%	6	43%
Com. Valenciana	53	38%	8	40%	9	45%	8	40%	8	40%	5	25%	5	25%	10	50%
Galicia	80	57%	14	70%	11	55%	6	30%	12	60%	12	60%	13	65%	12	60%
Madrid	84	60%	11	55%	13	65%	14	70%	12	60%	11	55%	13	65%	10	50%
País Vasco	93	66%	10	50%	17	85%	16	80%	12	60%	10	50%	11	55%	17	85%
REINO UNIDO	188	62%	26	62%	23	53%	29	63%	27	64%	27	64%	29	63%	27	63%
IRLANDA	36	47%	6	55%	5	45%	5	45%	6	55%	5	45%	3	27%	7	36%

Figura 41. Porcentaje de preguntas referentes a “lenguaje químico” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.

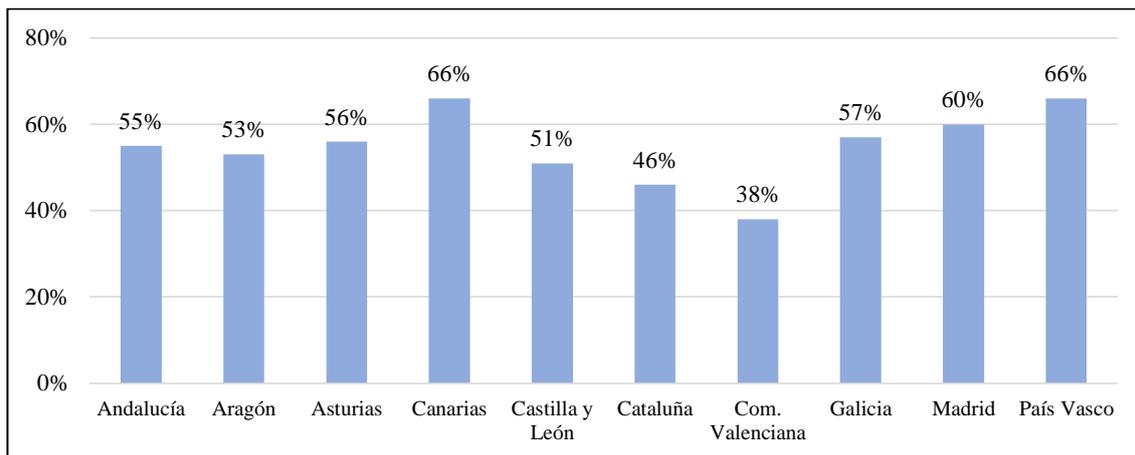
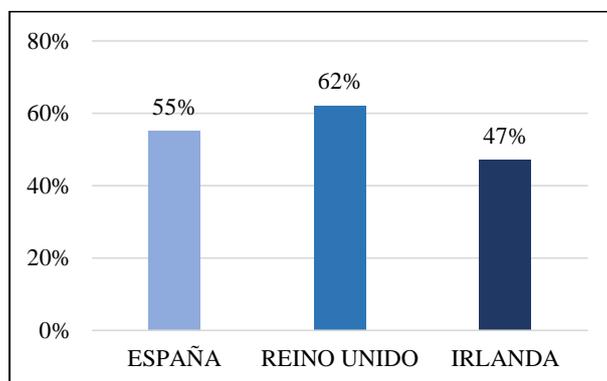
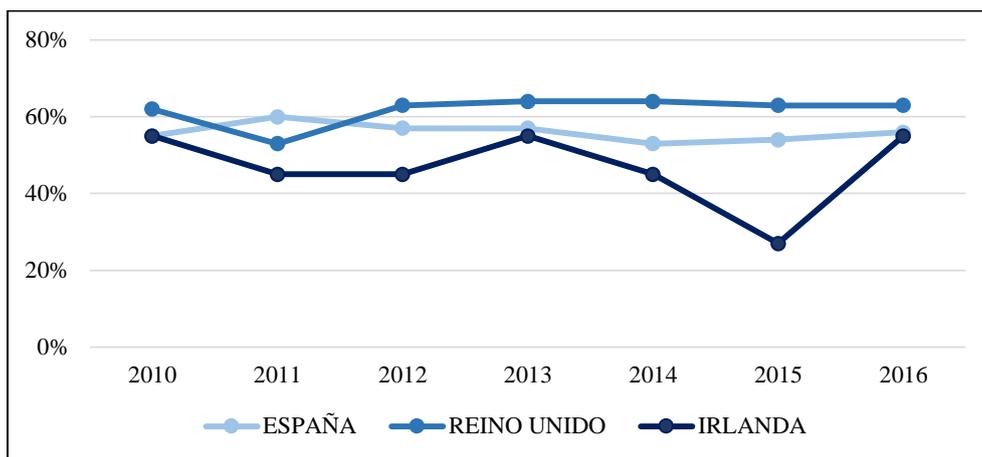


Figura 42. Porcentaje de preguntas referentes a “lenguaje químico” en las pruebas externas de química España, Reino Unido e Irlanda



Las frecuencias que se muestran en la Figura 42 apenas experimentaron variaciones a lo largo del periodo 2010-2016 en el caso de España y Reino Unido, mientras que en Irlanda –donde, que como ya se ha comentado, la muestra de preguntas analizada es mucho más reducida– las fluctuaciones se hacen más patentes, tal y como se refleja en la Figura 43. No obstante, en ninguno de los casos se observa una tendencia de crecimiento o decrecimiento a lo largo del periodo estudiado.

Figura 43. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “lenguaje químico”

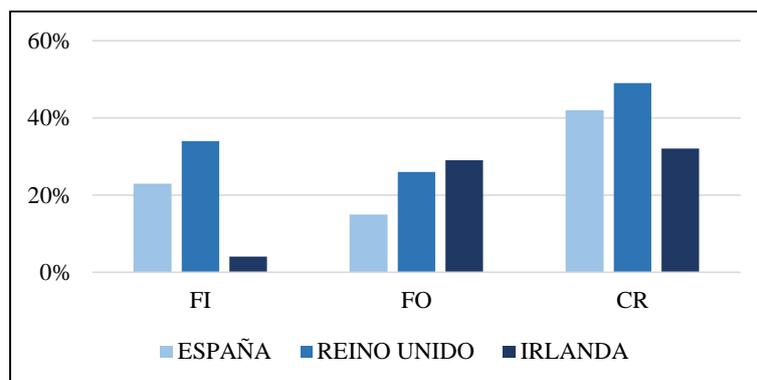


Las diferencias más marcadas entre las distintas pruebas se aprecian al establecer subcategorías dentro del lenguaje químico. Como se muestra en la Tabla 46 y en la Figura 44, las preguntas que requieren “formular y nombrar compuestos inorgánicos” (FI) son muy escasas en Irlanda –4%–, pero representan más de un tercio en Reino Unido –34%– mientras que en España, donde representan un 23% del total, su frecuencia varía mucho de unas CC. AA. a otras, oscilando entre el 6% de Asturias y el 36% de Aragón. En lo que respecta a “formular y nombrar compuestos orgánicos” (FO), la frecuencia más baja corresponde a España –15%–, observándose también variaciones importantes por distritos universitarios, ya que en Cataluña solo representan un 5% frente al 22% de Andalucía y Canarias; en Reino Unido e Irlanda alcanzan un 26% y un 29% respectivamente. La subcategoría referente a “completar la representación simbólica de reacciones químicas” (CR) es la que adquiere mayor relevancia, especialmente en Reino Unido –49%–, seguido de España –42%– e Irlanda –32%–; al comparar las distintas CC. AA se observa que en Andalucía la subcategoría más destacada es la que hace referencia a la nomenclatura inorgánica, mientras que en el resto se prioriza la representación simbólica de las reacciones químicas.

Tabla 46. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “lenguaje químico” incluidas en cada subcategoría

	FI		FO		CR	
	n _i	f _i	n _i	f _i	n _i	f _i
ESPAÑA	315	23%	210	15%	578	42%
Andalucía	55	33%	35	21%	50	30%
Aragón	49	36%	19	14%	61	45%
Asturias	8	6%	26	19%	61	44%
Canarias	40	29%	30	21%	69	49%
Castilla y León	21	15%	13	9%	61	44%
Cataluña	12	12%	5	5%	38	39%
Com. Valenciana	16	11%	18	13%	40	29%
Galicia	30	21%	16	11%	62	44%
Madrid	40	29%	24	17%	74	53%
País Vasco	44	31%	24	17%	62	44%
REINO UNIDO	102	34%	79	26%	150	49%
IRLANDA	3	4%	22	29%	25	32%

Figura 44. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “lenguaje químico” incluidas en cada subcategoría



El estudio cualitativo de los contenidos de las pruebas puso de manifiesto que la mayoría de las preguntas relativas al lenguaje químico aludían simultáneamente a diversas subcategorías y, en casi todos los casos, a varias de las categorías establecidas. Solo en las PAU de algunas CC.AA se formulan ocasionalmente preguntas que demandan exclusivamente formular y/o nombrar compuestos inorgánicos u orgánicos, como ocurre en los ejemplos que se muestran a continuación:

«Formule o nombre los siguientes compuestos: a) Ácido nitroso; b) Hidróxido de plomo(IV); c) Nitrobeneno; d) HIO_3 ; e) $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$; f) $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ » (Andalucía, septiembre de 2013).

«i) Formule los siguientes compuestos químicos: a) sulfato de plata; b) nitrato de calcio; c) óxido de plomo (IV); d) etil metil éter; e) tripropilamina. ii) Nombre los siguientes compuestos químicos: a) HClO_4 ; b) $\text{Fe}(\text{OH})_3$; c) K_2O ; d) $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CHCl}$; e) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$ » (Comunidad Valenciana, junio de 2015).

Tanto en España como en Reino Unido son muy frecuentes las preguntas referidas a cualquier aspecto del currículo en las que se requiere formular, y en ocasiones nombrar, una serie de compuestos inorgánicos para poder responder a las cuestiones planteadas, si bien en el *A level* solo se suelen incluir compuestos binarios o de uso muy común; en el caso de Irlanda, lo habitual es proporcionar la fórmula de todos los compuestos inorgánicos implicados.

«Responde razonando la respuesta a las siguientes cuestiones: a) ¿Cuál de las especies químicas, ion hidrogenocarbonato [ion hidrogenotrioxocarbonato(IV)], trifluoruro de boro (fluoruro de boro) e ion sulfato [ion tetraoxosulfato(VI)], se comportará como ácido de Brønsted-Lowry? b) ¿Cuál será el pH (ácido, básico o neutro) de una disolución acuosa de nitrato potásico (trioxonitrato(V) de potasio)? [...]» (Canarias, septiembre de 2016).

«Al borboteo de sulfuro de hidrógeno gaseoso sobre ácido nítrico se forma azufre elemental sólido, dióxido de nitrógeno gaseoso y agua. a) Escriba la correspondiente ecuación química molecular ajustada [...]» (Aragón, septiembre de 2014).

«El óxido de magnesio, el dióxido de silicio y el óxido de fósforo(V) son sólidos blancos, pero cada óxido tiene un tipo diferente de estructura y enlace. (a) Indique el tipo de enlace en el óxido de magnesio y resuma un experimento simple para demostrar que tiene este tipo de enlace. (b) Sugiera por qué el dióxido de silicio, es insoluble en agua. (c) Indique cómo es el punto de fusión del óxido de fósforo(V) comparado con el dióxido de silicio. (d) El óxido de magnesio se clasifica como óxido básico. Escriba una ecuación para una reacción que muestre que el óxido de magnesio actúa como base con otro reactivo. (e) El óxido de fósforo(V) se clasifica como óxido ácido. Escriba una ecuación para su reacción con hidróxido de sodio» (*A level, unit 5*, 2013).

Muchos exámenes analizados, especialmente de las PAU, incluyen preguntas o apartados de estas que requieren “formular y nombrar compuestos orgánicos” (FO), si bien en la mayoría de las pruebas analizadas de los tres países las fórmulas y nombres de

los compuestos orgánicos se solicitan a los estudiantes en el contexto de otras cuestiones más amplias –isomería, reactividad...– relacionadas con la química del carbono.

«Dados los compuestos: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$, CH_3OCH_3 y $\text{CHBr}=\text{CHBr}$. Nómbrelos e identifique la función que presenta cada uno. Razone si presentan isomería cis-trans.» (Galicia, junio de 2013).

«El hidrocarburo but-1-eno (C_4H_8) es un miembro de la serie homóloga de alquenos. But-1-eno tiene isómeros estructurales. [...] (ii) Dé el nombre IUPAC del isómero de posición de but-1-eno. (iii) Indique el nombre IUPAC del isómero de cadena de but-1-eno. (iv) Dibuje la fórmula mostrada de un isómero de grupo funcional de but-1-eno» (*A level, unit 1*, 2013).

«Responda las preguntas que siguen con referencia a los hidrocarburos A (C_2H_2), B (C_2H_4) y C (C_2H_6). (a) Dé el nombre IUPAC y dibuje la fórmula estructural del compuesto B. (b) Dibuje un diagrama etiquetado para mostrar cómo se puede preparar y recolectar una muestra del compuesto A en el laboratorio escolar. (c) Describa una prueba química para distinguir entre muestras de compuestos B y C» (*Leaving Certificate*, 2014).

Las preguntas más habituales que implican el empleo del lenguaje químico en los exámenes estudiados se relacionan con la subcategoría “completar la representación simbólica de reacciones químicas” (CR). En muchos casos estas preguntas requieren conocimientos de nomenclatura química, ya sea inorgánica (FI) u orgánica (FO).

«Escriba las reacciones químicas ajustadas a las que corresponden las siguientes variaciones de entalpía estándar, incluyendo el estado de agregación de reactivos y productos. Indique si son reacciones endotérmicas o exotérmicas. a) ΔH_f° propano (g) = $-103,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. b) ΔH_f° pentaóxido de dinitrógeno (g) = $90,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. c) $\Delta H^\circ_{\text{combustión}}$ ácido propanoico (l) = $-1527 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. d) ΔH_f° eteno (g) = $52,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ » (Madrid, junio de 2015).

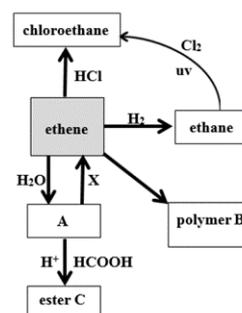
«Relaciona las propiedades indicadas abajo con alguno(s) de estos compuestos: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (A), $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ (B) y $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ (C). a) Se oxida fácilmente. b) Se neutraliza con NaOH. c) Forma un éster con metanol. d) Forma un alcohol en su reducción. e) Puede formar un alqueno en su deshidratación. Escribe las ecuaciones químicas que corresponden a cada reacción» (País Vasco, julio de 2016).

«Escriba una ecuación, incluidos los símbolos de estado, para el proceso que ocurre cuando la red de fluoruro de calcio se disocia y para la cual el cambio de entalpía es igual a la entalpía de red. Escriba una ecuación, incluidos los símbolos de estado, para el proceso que tiene un cambio entalpía igual a la entalpía estándar de formación de fluoruro de calcio» (*A level, unit 5, 2010*).

«Escriba una ecuación para la hidratación del propeno para formar alcohol isopropílico. Dé el nombre IUPAC para el alcohol isopropílico» (*A level, unit 2, 2012*).

«Complete y ajuste la ecuación de la reacción química que ocurre cuando un trozo de aluminio se añade una disolución de iones cobre(II): $\text{Cu}^{2+} + \text{Al} \rightarrow \dots$ » (*Leaving Certificate, 2011*).

«Considere el esquema de reacción de la derecha. (a) Nombre A y el polímero B. (b) Identifique la sustancia X utilizada en la conversión de A en eteno [...]. (d) El éster C se forma cuando A se calienta con ácido metanoico y unas gotas de ácido sulfúrico que actúan como catalizador. Nombre C y dibuje su estructura» (*Leaving Certificate, 2016*).



4.2.2.6. Metodología científica en química

El análisis de contenido de las distintas pruebas de química que conforman la muestra puso de manifiesto la escasa atención prestada en la mayoría de las PAU a la aplicación de la metodología científica al estudio de la química, frente a su presencia destacada en el *A level* y el *Leaving Certificate*. Como se muestra en la Tabla 47 y en la Figura 45, solo el 10% de las preguntas que se formulan en las PAU requieren la aplicación de procedimientos relacionados con la metodología científica, mientras que en los exámenes británicos alcanzan el 70% y en los de Irlanda el 68%. En el caso de nuestro país, al comparar las distintas CC. AA., se encontraron diferencias muy significativas entre estas, observándose que –como queda reflejado en la Figura 46– dos de los distritos universitarios destacaban significativamente sobre el resto en lo que respecta a la relevancia concedida a estas cuestiones en sus PAU, alcanzándose frecuencias relativas del 21% en Asturias y el 50% en Cataluña. Los resultados del resto de las CC. AA. analizadas constatan las conclusiones de otras investigaciones a nivel local acerca de la escasa importancia que conceden las PAU a las habilidades y destrezas características de la investigación científica (Franco, 2016; Oliva et al., 2016, 2018).

Tabla 47. Frecuencia de preguntas referentes a “metodología científica” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	137	10%	18	9%	21	11%	26	13%	22	11%	15	8%	19	10%	16	8%
Andalucía	3	2%	0	0%	1	4%	1	4%	0	0%	0	0%	1	4%	0	0%
Aragón	3	2%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	1	5%	0	0%	1	5%
Asturias	30	21%	2	10%	4	20%	6	30%	5	25%	5	25%	4	20%	4	20%
Canarias	3	2%	1	5%	0	0%	2	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Castilla y León	3	2%	0	0%	0	0%	0	0%	2	10%	0	0%	1	5%	0	0%
Cataluña	49	50%	6	43%	7	50%	11	79%	8	57%	4	29%	7	50%	6	43%
Com. Valenciana	5	4%	1	5%	3	15%	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%
Galicia	11	8%	2	10%	2	10%	2	10%	0	0%	2	10%	1	5%	2	10%
Madrid	13	9%	2	10%	0	0%	2	10%	2	10%	2	10%	3	15%	2	10%
País Vasco	17	12%	4	20%	4	20%	1	5%	5	25%	1	5%	1	5%	1	5%
REINO UNIDO	212	70%	26	62%	28	65%	33	72%	28	67%	36	86%	30	65%	31	72%
IRLANDA	52	68%	6	55%	7	64%	8	73%	8	73%	7	64%	8	73%	8	73%

Figura 45. Porcentaje de preguntas referentes a “metodología científica” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda

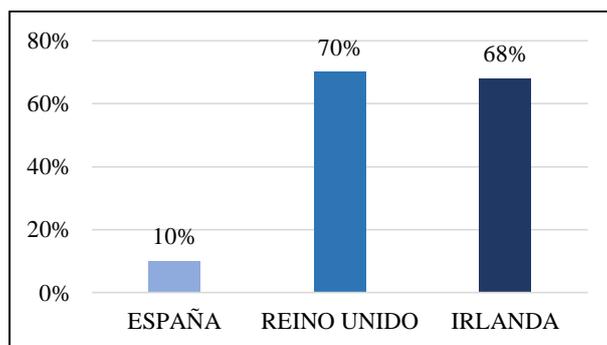
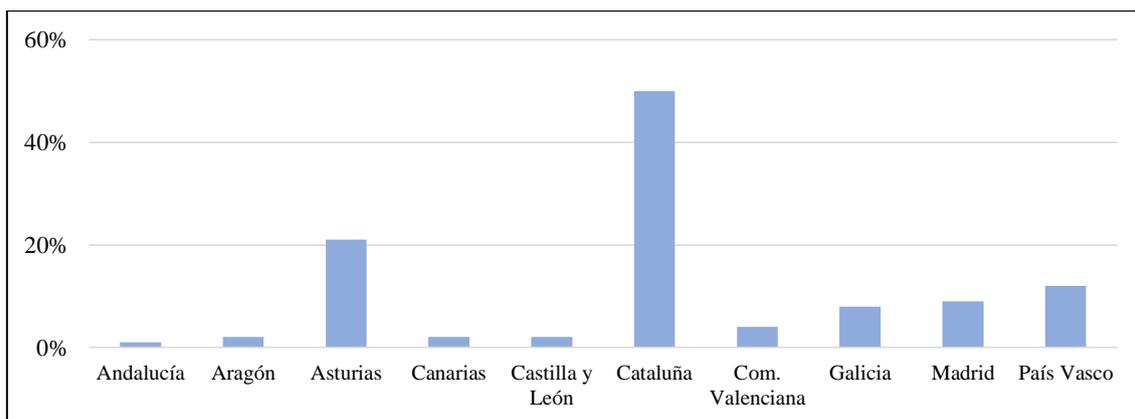
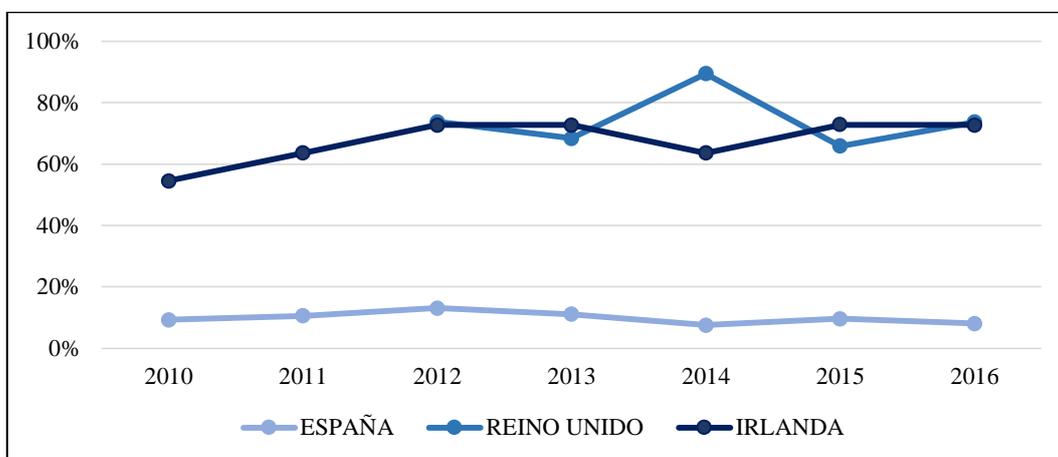


Figura 46. Porcentaje de preguntas referentes a “metodología científica” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.



En cuanto a la evolución temporal en la frecuencia de este tipo de cuestiones, en la Figura 47 se observa una ligera tendencia ascendente en las pruebas del *A level* y el *Leaving Certificate* a lo largo del periodo estudiado, mientras que en las PAU no se aprecian variaciones significativas en el mismo periodo.

Figura 47. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “metodología científica”

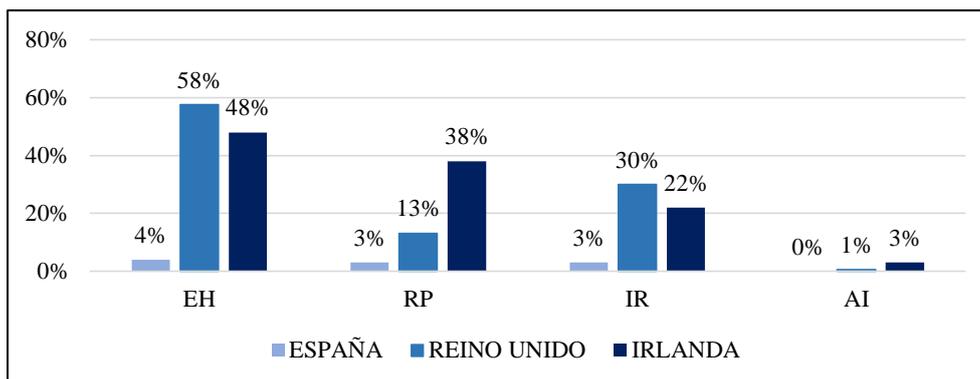


En la Tabla 48, se indican las frecuencias de las preguntas que aluden a las distintas subcategorías establecidas en relación con la metodología científica, mientras que en la Figura 48 está representada la frecuencia de dichas subcategorías en los tres países cuyas pruebas de acceso a la universidad se han analizado.

Tabla 48. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “metodología científica” incluidas en cada subcategoría

	EH		RP		IR		AI	
	n _i	f _i						
ESPAÑA	57	4%	38	3%	39	3%	2	0%
Andalucía	2	1%	1	1%	0	0%	0	0%
Aragón	2	1%	0	0%	1	1%	0	0%
Asturias	15	11%	12	9%	1	1%	0	0%
Canarias	1	1%	1	1%	0	0%	0	0%
Castilla y León	2	1%	1	1%	0	0%	0	0%
Cataluña	14	14%	11	11%	26	27%	2	2%
Com. Valenciana	1	1%	2	1%	2	1%	0	0%
Galicia	9	6%	1	1%	0	0%	0	0%
Madrid	4	3%	4	3%	4	3%	0	0%
País Vasco	7	5%	5	4%	5	4%	0	0%
REINO UNIDO	175	58%	40	13%	91	30%	2	1%
IRLANDA	37	48%	29	38%	17	22%	2	3%

Figura 48. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “metodología científica” incluidas en cada subcategoría



Los resultados obtenidos constatan que todas las subcategorías establecidas están mucho menos representadas en las PAU que en el *A level* y el *Leaving Certificate*. La primera de ellas, “emitir hipótesis fundamentadas acerca de fenómenos observables” (EH) se contempla solo en el 4% de los exámenes de acceso a la universidad en España, a diferencia de lo que ocurre en Reino Unido –58%– e Irlanda –48%–. Algunas de las preguntas que se han encontrado relacionadas con dicha subcategoría son las siguientes:

«[...] Si 250 mL de BaCl_2 0,0040 M se añaden a 500 mL de K_2SO_4 0,0080 M y suponiendo que los volúmenes son aditivos, indique si se formará precipitado o no» (Galicia, junio de 2014).

«[...] Escriba la reacción que puede ocurrir si en un tubo de ensayo hay un volumen de ácido sulfúrico diluido y se añade magnesio sólido ¿Observaría algún cambio en el tubo de ensayo?» (Castilla y León, septiembre de 2015).

«Un estudiante realizó un experimento para estudiar las velocidades de hidrólisis de algunos haloalcanos. (a) En el experimento, se colocaron dos haloalcanos diferentes en tubos de ensayo separados que contenían una disolución de nitrato de plata [...]. El alumno obtuvo los siguientes resultados [...] Indique el color del precipitado formado cuando los iones de yoduro reaccionan con el nitrato de plata y escriba la ecuación iónica más simple para esta reacción. Utilice su conocimiento de las reacciones de los iones haluro con el nitrato de plata para sugerir por qué el estudiante no incluyó 1-fluorobutano en este experimento. (b) El estudiante usó los siguientes datos de entalpía para tratar de explicar las diferentes velocidades de hidrólisis de los haloalcanos usados en el apartado a) [...] El estudiante dedujo que la velocidad de hidrólisis de un haloalcano está influenciada por

la fuerza del enlace carbono-halógeno en el haloalcano. Indique cómo la evidencia experimental permitió al estudiante hacer esta deducción [...]» (*A level, unit 2*, 2010).

«Cuando se agrega peróxido de hidrógeno a una disolución de tartrato de sodio y potasio se produce una reacción en la que los iones tartrato se oxidan a dióxido de carbono y agua. Si los iones cobalto (II) se agregan como catalizador, se observa un gran aumento en la velocidad de reacción. ¿Qué tipo de catálisis está involucrada en esta reacción? ¿Qué cambios de color se observan cuando los iones Co^{2+} catalizan la reacción? Explique el significado de los cambios de color [...]» (*Leaving Certificate*, 2012).

Dentro de las preguntas relacionadas con la metodología científica, la segunda subcategoría estaba integrada por las preguntas en las que se requería “plantear estrategias para resolver un problema dado, confirmar una hipótesis, proponer un experimento, etc.” (RP). Estas cuestiones son muy poco habituales en las PAU –3%–, con una proporción algo mayor en Asturias –9%– y Cataluña –11%–. En Reino Unido suponen un 13% del total, mientras que destaca el caso de Irlanda, donde el 38% de las preguntas analizadas requerían aplicar este tipo de estrategias cognitivas relacionadas con la competencia científica. Las siguientes preguntas proporcionan formas de evaluar si los alumnos han alcanzado este objetivo:

«Un tubo de ensayo contiene 5 mL de una disolución acuosa de nitrato de plata, AgNO_3 , a la que se añade, gota a gota, una disolución acuosa de cloruro de sodio, NaCl , hasta la formación de un precipitado claramente visible. Escriba la fórmula química del compuesto que precipita. ¿Qué reactivo utilizaría para disolver el precipitado formado? Justifique la respuesta» (Asturias, junio de 2016).

«Una marca de envases de bebidas ha patentado una lata que permite obtener bebidas frías o calientes en cualquier lugar y a cualquier hora del día. El envase consta de dos recipientes superpuestos: el recipiente externo de aluminio contiene la bebida y el recipiente interno contiene las sustancias que entran en contacto entre sí en el momento que se abre el envase, sin mezclarse en ningún momento con la bebida. En función de qué sustancias haya en el recipiente interno, la bebida



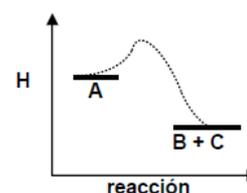
obtenida será fría o caliente. a) Suponga que la sustancia que contiene el recipiente interno de la lata es un sólido que se disuelve en agua en el momento de abrir el envase. ¿Qué sustancia de la siguiente tabla elegiría a la hora de diseñar la lata, si desea enfriar la bebida? ¿Y si desea calentarla? Justifique las respuestas [...]» (Cataluña, septiembre de 2013).

«Se sabe que el ácido tartárico contiene solo grupos funcionales alcohol y ácido carboxílico. Se puede usar una prueba para demostrar que el ácido tartárico contiene grupos alcohólicos secundarios, no grupos de alcoholes terciarios. Identifique un reactivo para esta prueba e indique la observación que haría para cada tipo de alcohol [...]» (A level, unit 3X, 2013).

«La ecuación equilibrada para la oxidación de etanol a etanal utilizando dicromato de sodio en condiciones ácidas es la siguiente [...]. Describe una prueba que podrías realizar para confirmar que el producto orgánico es un aldehído [...]» (Leaving Certificate, 2010).

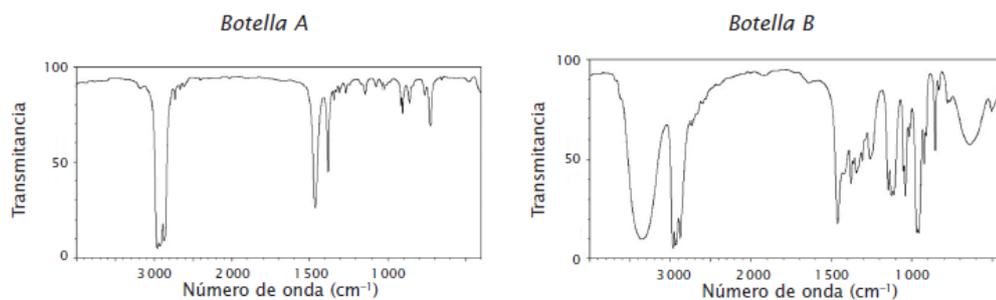
La tercera subcategoría que se estableció incluía aquellas cuestiones que requerían “interpretar resultados experimentales extraídos de tablas y/o gráficas” (IR). El estudio puso de manifiesto la escasa presencia de este tipo de preguntas en las PAU –3%–, con la excepción de las pruebas realizadas en Cataluña –27%–. En Reino Unido suponen casi un tercio de las preguntas analizadas –30%– y en Irlanda el 23%. A continuación, se muestran algunas preguntas que incluyen tablas y/o gráficas que los estudiantes deben analizar para responder a las cuestiones formuladas.

«El diagrama energético adjunto corresponde a una reacción química $A \rightleftharpoons B + C$, para la cual $\Delta S = 60 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ y el valor absoluto de la variación de entalpía es $|\Delta H| = 45 \text{ kJ}$.



a) Justifique si la reacción es espontánea a 25 °C. b) Indique si un aumento de temperatura aumentará más la velocidad de la reacción directa $A \rightarrow B + C$ o de la reacción inversa $B + C \rightarrow A$ » (Madrid, junio de 2010).

«Se dispone de dos botellas, A y B, que contienen un líquido puro y transparente que puede corresponder a las sustancias orgánicas siguientes: 3-pentanona ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$), 3-pentanol ($\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) o pentano (C_5H_{12}). Al no saber qué sustancia hay en cada una de las botellas, se decide someter las muestras a una espectroscopía infrarroja. Los espectros obtenidos para cada botella son los siguientes:



Identifique qué sustancia orgánica contiene cada botella. Explique razonadamente la respuesta [...]» (Cataluña, septiembre de 2012).

«[...] Complete la tabla sugiriendo un valor para la tercera energía de ionización del boro» (A level, unit 1, 2014).

	First	Second	Third	Fourth	Fifth
Ionisation energy / kJ mol^{-1}	799	2420		25 000	32 800

«En una investigación sobre la descomposición de una disolución de peróxido de hidrógeno, utilizando un catalizador de óxido de manganeso (IV), se midió el volumen de oxígeno producido en función del tiempo. Se realizaron dos experimentos en las mismas condiciones de temperatura y presión, utilizando el mismo volumen inicial de la misma disolución de peróxido de hidrógeno y la misma masa de catalizador de dos proveedores diferentes, A y B. Los volúmenes de oxígeno recogidos se registran en la siguiente tabla:

	Time (minutes)	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	6.5	8.0	9.5	11.0	12.0
Run A	Volume (cm^3)	0	25	41	54	72	78	81	82	82	82
Run B	Volume (cm^3)	0	16	28	39	57	68	76	80	82	82

[...] (b) Trace una gráfica del volumen de oxígeno producido en función del tiempo para cada experimento. (c) Calcule la velocidad instantánea de reacción (en $\text{cm}^3 \text{O}_2$ por minuto) para el experimento A en 4.0 minutos. ¿Qué proceso, A o B, (i) se completó primero, (ii) tuvo la menor velocidad? ¿Qué tipo de catálisis estuvo involucrada en las reacciones? Sugiera cómo el catalizador utilizado en el experimento A puede haber diferido del utilizado en el B para explicar sus respuestas a las partes (i) e (ii)» (Leaving Certificate, 2016).

La última subcategoría definida dentro de la metodología científica, “analizar información procedente de diversas fuentes” (AI), hace alusión a uno de los objetivos de la

enseñanza de la química según la LOE (Real Decreto 1467/2007); sin embargo, en la muestra de exámenes PAU estudiada solo se encontraron dos preguntas, propuestas en Cataluña, en las que el enunciado incluía información extraída de otras fuentes que los estudiantes debían analizar. Este tipo de preguntas tampoco son frecuentes en Reino Unido –1%– e Irlanda –2%–. Las preguntas que se enuncian a continuación proporcionan algunas ideas para evaluar esta importante faceta de la competencia científica:

«Lea la siguiente noticia, que apareció en los medios de comunicación a raíz de las erupciones volcánicas en El Hierro. Explique razonadamente si está de acuerdo con la frase destacada en negrilla: *El pH superficial del agua del mar ha variado de 7,97 a 5,45, a 5 metros de profundidad en la zona de la erupción volcánica en El Hierro. “Esta disminución aproximada de 3 unidades supone que el medio está soportando una concentración de H_3O^+ cien mil veces superior al valor normal”*, informó la dirección del Plan de Protección Civil por Riesgo Volcánico. [...]» (Cataluña, junio de 2012).

«[...] Debido a sus múltiples usos, los ftalatos se han estudiado para detectar posibles efectos adversos para los seres humanos y el medio ambiente. El Consejo Europeo de plastificantes y productos intermedios es una organización que representa a los fabricantes de plásticos. El siguiente texto está tomado de un documento escrito por la organización: “La investigación demuestra que los ftalatos, a los niveles de exposición actuales y previsibles, no representan un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. La evidencia experimental muestra que los ftalatos son fácilmente biodegradables y no persisten por mucho tiempo en el medio ambiente”. Sugiera lo que se debe hacer para que el público pueda sentirse seguro de que la investigación citada anteriormente es fiable» (*A level, unit 4*, 2011).

«“Irlanda se enfrenta a retos importantes para cumplir los objetivos de la UE para emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del programa de energía y clima de la UE para 2020” (www.epa.ie) (i) Explique el término subrayado. (ii) Enuncie una implicación en el cambio climático global de la falta de control en las emisiones de gases de efecto invernadero. (iii) Ordene el vapor de agua, el metano, el dióxido de carbono y un clorofluorocarbonado típico, según su influencia creciente en el efecto invernadero. ¿Cuál de estos gases contribuye más al

efecto invernadero? Describa una forma en que los clorofluorocarbonados se descomponen en la estratosfera. (iv) Sugerir dos medidas que Irlanda podría adoptar para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero [...]» (*Leaving Certificate*, 2015).

4.2.2.7. Trabajo experimental en química

Al analizar la frecuencia con la que se planteaban cuestiones relacionadas con el trabajo experimental en los distintos exámenes de la muestra estudiada se obtuvieron los datos que se muestran en la Tabla 49, en la cual se han omitido aquellas CC. AA. en las que no se encontraron preguntas que pudieran incluirse dentro de dicha categoría.

Tabla 49. Frecuencia de preguntas referentes a “trabajo experimental” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	82	6%	14	7%	14	7%	12	6%	12	6%	8	4%	9	5%	13	7%
Asturias	21	15%	6	30%	5	25%	5	25%	0	0%	0	0%	2	10%	3	15%
Canarias	3	2%	0	0%	0	0%	2	10%	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%
Castilla y León	8	6%	1	5%	1	5%	0	0%	3	15%	1	5%	0	0%	2	10%
Cataluña	18	18%	3	21%	3	21%	1	7%	3	21%	2	14%	2	14%	4	29%
Galicia	27	19%	4	20%	4	20%	4	20%	4	20%	3	15%	4	20%	4	20%
País Vasco	5	4%	0	0%	1	5%	0	0%	2	10%	2	10%	0	0%	0	0%
REINO UNIDO	102	34%	12	29%	17	40%	14	30%	17	40%	14	33%	15	33%	13	30%
IRLANDA	43	56%	7	64%	4	36%	6	55%	7	64%	7	64%	6	55%	6	55%

Como se puede constatar en la tabla anterior y en la Figura 49, las cuestiones referidas al trabajo experimental apenas representan un 6% de las preguntas de las PAU de química, mientras que en Reino Unido (29%) y especialmente en Irlanda (56%) son mucho más frecuentes. En el caso de las PAU, solo se encontraron preguntas relativas a este tema en 6 de las 10 comunidades analizadas y, como muestra la Figura 50, la presencia de este tipo de cuestiones destaca en Asturias –15%–, Cataluña –18%– y Galicia–19%–. Esto está en contradicción con las intenciones manifestadas por el Real Decreto 1467/2007, según el cual uno de los objetivos formulados para la enseñanza de la química es “familiarizarse con el diseño y realización de experimentos químicos, así como con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y conocer algunas técnicas específicas, todo ello de acuerdo con las normas de seguridad de sus instalaciones”.

Figura 49. Porcentaje de preguntas referentes a “trabajo experimental” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda

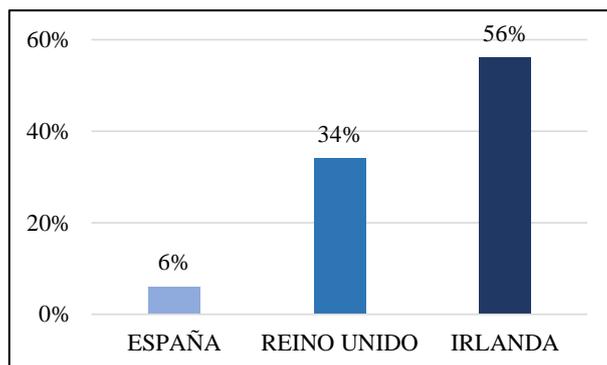
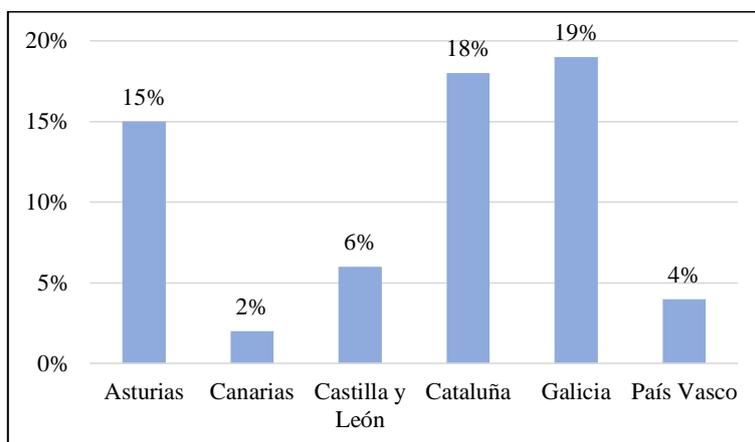
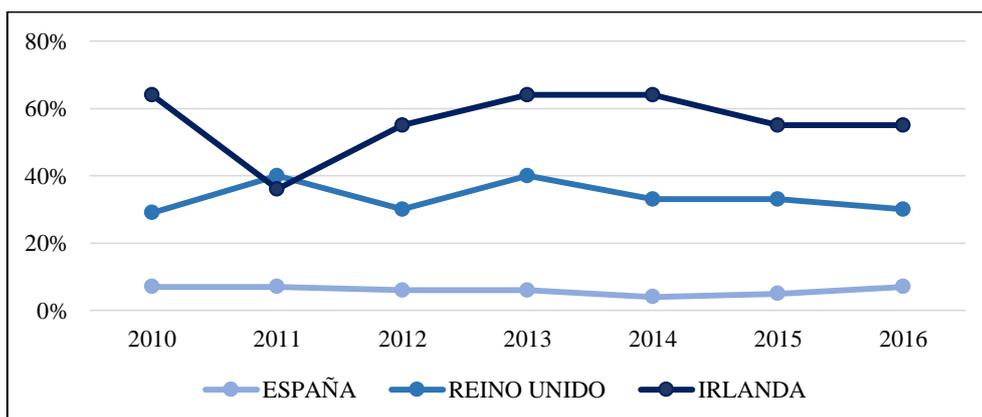


Figura 50. Porcentaje de preguntas referentes a “trabajo experimental” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.



Por otro lado, en la Figura 51 se observa la evolución temporal del porcentaje de estas cuestiones respecto al total de preguntas que constituían la muestra en los tres países objeto de estudio, si bien las variaciones encontradas no son muy significativas.

Figura 51. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “trabajo experimental”

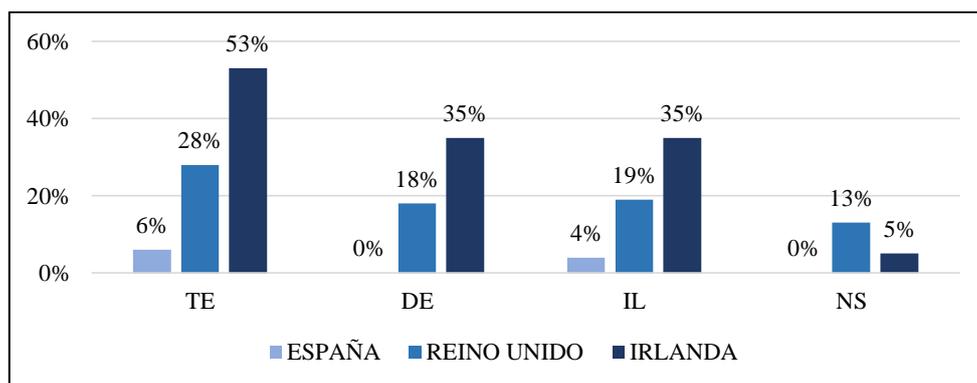


En cuanto al análisis de las subcategorías establecidas, sus frecuencias respecto al total de preguntas relacionadas con actividades experimentales están plasmadas en la Tabla 50 –detalladas por CC. AA. en el caso de las PAU– y se muestran gráficamente en la figura 52. Independientemente de la procedencia de las pruebas, prácticamente la totalidad de las preguntas analizadas pueden incluirse en la categoría de “técnicas específicas” (TE) y un porcentaje muy elevado hacen referencia al reconocimiento y uso del instrumental de laboratorio (IL). Por el contrario, llama especialmente la atención que en ninguna de las PAU de la muestra estudiada se requiere a los estudiantes diseñar o evaluar experimentos (DE), mientras que este tipo de cuestiones sí son frecuentemente planteadas en Reino Unido e Irlanda. En relación con las normas de seguridad en el laboratorio de química (NS), su presencia es escasa tanto en el *A level* como en el *Leaving Certificate*, estando totalmente ausentes en el caso de las PAU.

Tabla 50. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “trabajo experimental” incluidas en cada subcategoría

	TE		DE		IL		NS	
	n _i	f _i						
ESPAÑA	78	6%	0	0%	53	4%	0	0%
Asturias	19	14%	0	0%	6	4%	0	0%
Canarias	3	2%	0	0%	1	1%	0	0%
Castilla y León	8	6%	0	0%	6	4%	0	0%
Cataluña	17	17%	0	0%	13	13%	0	0%
Galicia	27	19%	0	0%	25	18%	0	0%
País Vasco	4	3%	0	0%	2	1%	0	0%
REINO UNIDO	84	28%	54	18%	58	19%	39	13%
IRLANDA	41	53%	27	35%	27	35%	4	5%

Figura 52. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “trabajo experimental” incluidas en cada subcategoría



A modo de ejemplo, se muestran a continuación algunas de las preguntas referidas a trabajo experimental procedentes de los tres países objeto de estudio en las que se pueden constatar los diferentes planteamientos adoptados. En todos los casos están referidas a un mismo procedimiento experimental, la volumetría ácido-base, pero en las preguntas extraídas de las PAU las subcategorías con las que se relacionan son “conocer y describir algunas técnicas específicas” (CO) y “conocer el uso del instrumental básico de un laboratorio químico (IL), mientras que las que proceden de Reino Unido e Irlanda implican además “diseñar y evaluar experimentos” y “conocer las normas de seguridad de un laboratorio químico” (NS). Se puede apreciar que la respuesta a las preguntas de las PAU mostradas solo requiere el conocimiento teórico de la técnica empleada y del instrumental necesario, para lo cual ni siquiera sería estrictamente necesario haber realizado dicha práctica en el laboratorio; así, las características de estas preguntas son similares a las que encontraron Ferrés-Gurt et al. (2018) en las cuestiones de indagación científica planteadas en los exámenes de Biología de las PAU de Cataluña, al no implicar la movilización de conocimientos conceptuales. No obstante, cuestiones como estas suponen un avance significativo –tanto por su temática, como por su presentación y contextualización– respecto a las preguntas habituales en las PAU de la mayoría de las CC. AA.

«El salfumán es un producto comercial que contiene HCl y que se utiliza para la limpieza y desinfección de inodoros. Para determinar el contenido de HCl de un salfumán comercial se puede llevar a cabo una valoración ácido-base utilizando hidróxido de sodio como reactivo valorante. a) Se dispone de una disolución de hidróxido de sodio 2,000 M. ¿Qué volumen de esta disolución es necesario para preparar 250,0 mL de una disolución de hidróxido de sodio 0,400 M? Indique el material necesario para preparar esta disolución en el laboratorio. b) Explique el procedimiento experimental para realizar la valoración de 5,0 mL de la muestra de salfumán con la disolución de hidróxido de sodio 0,400 M, e indique el material y los reactivos que utilizaría» (Cataluña, junio de 2013).





«En el laboratorio se dispone del dispositivo experimental de la figura y del material de laboratorio y reactivos que se relaciona: pipeta aforada de 10 mL, disolución acuosa titulada de NaOH, muestra de vinagre comercial e indicador. Indique el procedimiento experimental a seguir para realizar la determinación del contenido de ácido acético en un vinagre comercial» (Asturias, junio de 2015).

«Para la valoración de 10,0 mL de disolución de hidróxido de sodio se realizaron tres experiencias en las que los volúmenes gastados de una disolución de HCl 0,1 M fueron de 9,8; 9,7 y 9,9 mL, respectivamente, ¿qué concentración tiene la disolución de la base? Indique el procedimiento seguido y describa el material utilizado en dicha valoración» (Galicia, septiembre de 2010).

«Las disoluciones de hidróxido de bario se utilizan a menudo para la valoración de ácidos orgánicos. Un indicador adecuado para esta valoración es el azul de timol. El azul de timol es amarillo en medio ácido y azul en medio básico. En una titulación se añadió una disolución de un ácido orgánico desde una bureta a un Erlenmeyer que contenía 25,0 cm³ de disolución de hidróxido de bario y unas gotas de azul de timol. (a) Describa el cambio de color en el punto final de esta titulación. (b) El azul de timol es un ácido. Indique cómo cambiaría el resultado si se utilizaran por error unos pocos cm³, en lugar de unas gotas, del indicador en esta valoración. (c) El hidróxido de bario es tóxico. Sugiera una precaución de seguridad que tomaría para minimizar este peligro al limpiar un derramamiento de disolución de hidróxido de bario. (d) Sugiera una razón por la que se prefiere un Erlenmeyer de 250 cm³ a un vaso de precipitados de 250 cm³ para la valoración. (e) Sugiera una razón por la cual repetir una valoración puede mejorar su fiabilidad» (A level, unit 3X, mayo de 2011).

«Un estudiante determinó la concentración de una disolución de ácido clorhídrico por valoración con porciones de 25.0 cm³ de una disolución estándar primaria 0,05 M de carbonato de sodio anhidro. Las porciones de disolución de carbonato de sodio se midieron en un Erlenmeyer usando una pipeta de 25 cm³. La disolución de ácido clorhídrico se añadió desde una bureta. El valor medio fue de 20,8 cm³. La ecuación balanceada para la reacción de titulación fue: $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$

$2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. (a) Explique el término subrayado. (b) Describa cómo debería haber preparado el estudiante 500 cm^3 de la disolución estándar primaria $0,05 \text{ M}$ a partir de una masa conocida de carbonato de sodio anhidro puro, suministrada en un vidrio de reloj. Calcule la masa exacta de carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3) necesaria para preparar esta disolución. (c) (i) Describa cómo se ajustó el nivel de líquido en la bureta a cero. (ii) ¿Por qué se usó un pipeteador para llenar la pipeta con $25,0 \text{ cm}^3$ de la disolución de carbonato de sodio? (d) Nombre un indicador adecuado para esta titulación. Indique el cambio de color observado en el punto final. (e) Calcule, con dos decimales, la concentración de la solución de ácido clorhídrico en (i) moles por litro, (ii) gramos por litro» (*Leaving Certificate*, 2012).

A continuación, se muestran otras preguntas acerca de diversos procedimientos experimentales encontradas en las pruebas analizadas. De nuevo, las preguntas de las PAU se centran en el conocimiento de las técnicas y el instrumental, incluyendo generalmente la resolución de algún cálculo numérico. Las preguntas de las pruebas británicas e irlandesas requieren una mayor profundización en las técnicas experimentales empleadas, al implicar el diseño de experimentos y el conocimiento de las normas de seguridad en el laboratorio; además suelen combinar la aplicación de varios procedimientos experimentales.

«Se desea preparar dos litros de disolución $0,5 \text{ M}$ de cada uno de los siguientes compuestos: a) HNO_3 a partir de ácido nítrico concentrado de concentración 61% en masa y densidad $1,38 \text{ g/mL}$. Comente el procedimiento que seguiría y el material de laboratorio utilizado. b) NaCl a partir de cloruro sódico sólido puro. Comente el procedimiento que seguiría y el material de laboratorio utilizado» (Castilla y León, septiembre de 2011).

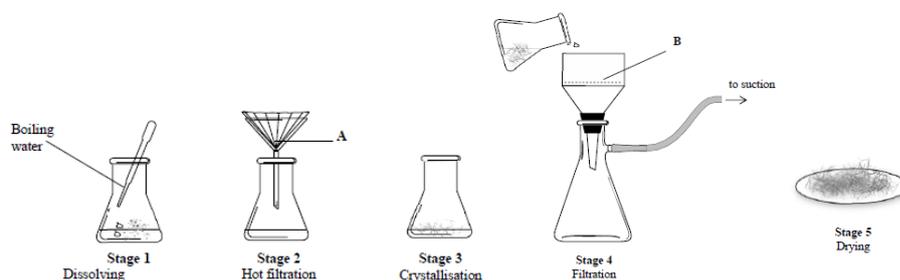
«Dada la pila cuya notación es: $\text{Ni(s)}/\text{Ni}^{2+}(\text{ac})//\text{Ag}^+(\text{ac})/\text{Ag(s)}$: a) Dibujar un esquema de la pila, indicando todos los componentes y una posible composición de la disolución contenida en el puente salino. b) Escribir las reacciones que tienen lugar en cada electrodo y la reacción global. c) Calcular la fuerza electromotriz estándar de la pila» (Canarias, septiembre de 2015).

«Dada la ecuación química: $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$. a) Nombra todas las sustancias que participan en la misma. b) Ajusta la reacción redox. c) En el laboratorio se realiza un montaje como el de la figura para llevar a cabo el proceso. c1) nombrar cada elemento y describir cómo se emplea en el proceso. c2) indicar qué sustancia(s) se coloca(n) en cada elemento del montaje. c3) indicar los cambios que se observan a lo largo del proceso y cómo se sabe cuándo termina la valoración» (País Vasco, julio de 2014).



«Un estudiante investigó cómo se ve afectada la velocidad inicial de reacción entre el ácido sulfúrico y el magnesio a 20 °C por la concentración del ácido [...] (a) El estudiante tomó medidas cada 20 segundos durante 5 minutos. Luego, repitió el experimento usando el doble de concentración de ácido sulfúrico. Enuncie una medida que el alumno debe realizar cada 20 segundos. Identifique el aparato que el alumno podría utilizar para realizar esta medida. (b) Indique una condición, además de la temperatura y la presión, que debería mantenerse constante en esta investigación. (c) Cuando el estudiante terminó la investigación, agregó un exceso de solución de hidróxido de sodio a la mezcla de reacción para neutralizar el ácido sulfúrico sin reaccionar y descubrió que tenía lugar una nueva reacción, produciendo hidróxido de magnesio. (c) (i) Dibuje un diagrama para mostrar cómo el estudiante podría separar el hidróxido de magnesio de la mezcla de reacción. (c) (ii) Sugiera un método que el estudiante podría usar para eliminar las impurezas solubles de la muestra de hidróxido de magnesio que se ha separado» (A level, unit 3X, 2014).

«Los sólidos orgánicos se purifican frecuentemente mediante recristalización. Una muestra impura de ácido benzoico contenía pequeñas cantidades de dos sólidos: sal (NaCl, blanco y soluble) y carbón (C, negro e insoluble). Los diagramas ilustran las cinco etapas principales en la recristalización del ácido benzoico impuro.



(a) ¿Qué precauciones deberían haberse tomado en la Etapa 1 para asegurar el máximo rendimiento de cristales de ácido benzoico en la etapa 5? (b) ¿Qué sólido se recogió (i) en A, (ii) en B? (c) Explique qué debería haberse hecho en la Etapa 3 para asegurar el máximo rendimiento en la Etapa 5. (d) Comparando las solubilidades del ácido benzoico y la sal (NaCl) en agua fría y caliente, explique cómo se separa el ácido benzoico de la sal en este procedimiento. (e) Describa cómo se secó el ácido benzoico en la Etapa 5. (f) Describa con la ayuda de un diagrama etiquetado cómo se medirían los puntos de fusión del ácido benzoico impuro y del ácido benzoico seco recristalizado. ¿Cómo sería esperable que difirieran los valores de los puntos de fusión de las dos muestras?» (*Leaving Certificate*, 2011).

4.2.2.8. Evolución histórica de la química

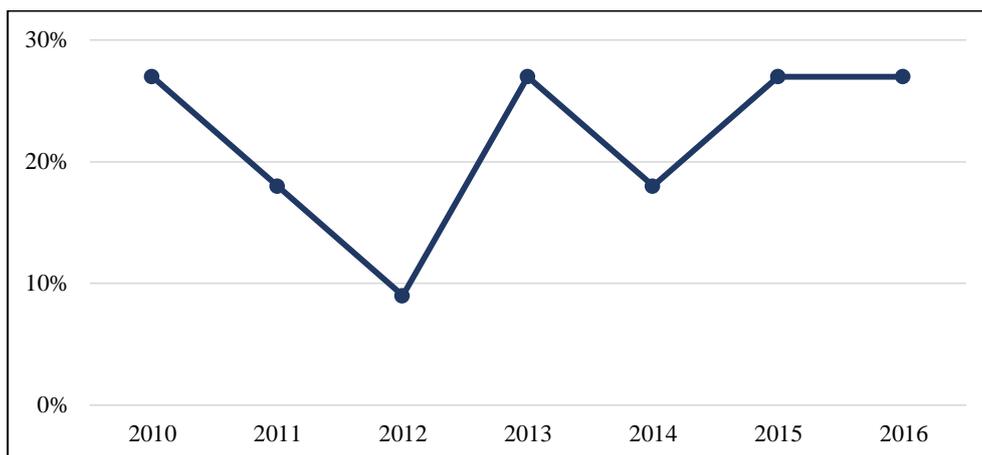
Al analizar el contenido de todas las pruebas de la muestra, se puso de manifiesto que el único país en el que se planteaban preguntas relacionadas con la evolución histórica de la química era Irlanda, a pesar de que entre los objetivos del currículo de química español se resalta la importancia de “comprender y valorar el carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, evitando posiciones dogmáticas y apreciando sus perspectivas de desarrollo” (Real Decreto 1467/2007). En la Tabla 51 se indica la frecuencia con la que se han planteado cuestiones relativas a dicho contenido a lo largo del periodo estudiado.

Tabla 51. Frecuencia de preguntas referentes a “evolución histórica de la química” en los exámenes de química del *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
REINO UNIDO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
IRLANDA	17	22%	3	27%	2	18%	1	9%	3	27%	2	18%	3	27%	3	27%

Por su parte, la Figura 53 muestra las variaciones que experimentó la frecuencia de las preguntas referidas a este contenido a lo largo del periodo 2010-2016. A pesar de las fluctuaciones que se observan, no se aprecia tendencia ascendente o descendente.

Figura 53. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “evolución histórica de la química” en el *Leaving Certificate*

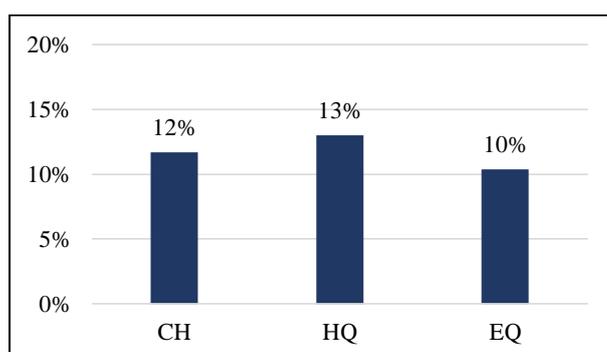


Las frecuencias correspondientes a las distintas subcategorías establecidas para este apartado –“integrar los conocimientos estudiados en su contexto histórico” (CH), “conocer los hechos y figuras más relevantes en la historia de la química” (HQ) y “comprender el carácter evolutivo de modelos, leyes y teorías químicas” (EQ)– se muestran en la Tabla 52 y en la Figura 54. En ellas se aprecia que las tres subcategorías presentan frecuencias similares, oscilando entre el 10% (EQ) y el 13% (HQ).

Tabla 52. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “evolución histórica de la química” incluidas en cada subcategoría

	CH		HQ		EQ	
	n_i	f_i	n_i	f_i	n_i	f_i
IRLANDA	9	12%	10	13%	8	10%

Figura 54. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “evolución histórica de la química” incluidas en cada subcategoría



El análisis cualitativo de los exámenes del *Leaving Certificate* detectó diversas cuestiones contextualizadas históricamente (CH) que, aunque no exigían el conocimiento de los hechos históricos aludidos, poseían un indudable valor didáctico y en muchos casos estaban ilustradas con fotografías de figuras relevantes en el desarrollo histórico de la química:

«Roy Plunkett en la foto de la derecha, produjo el polímero poli(tetrafluoroetano) (teflón) accidentalmente en 1938 cuando estaba investigando refrigerantes. (i) Identifique el monómero utilizado para fabricar poli(tetrafluoroetano) (teflón). (ii) ¿Qué tipo de reacción de polimerización se produce en la fabricación de poli(tetrafluoroetano) (teflón)? (iii)



Dibuje dos unidades del polímero de teflón. (iv) Indique dos propiedades del poli(tetrafluoroetano) (teflón). En el caso de cada propiedad indicada, cite una aplicación del polímero que haga uso de dicha propiedad» (*Leaving Certificate*, 2011).

«John Joly, fue un científico irlandés que en 1914 fue pionero en el tratamiento del cáncer utilizando un compuesto de radio que contenía radio-226. Complete la siguiente ecuación nuclear para mostrar la desintegración alfa del radio-226: ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow$ _____ + _____» (*Leaving Certificate*, 2016).



En lo que respecta a la subcategoría “conocer los hechos y figuras más relevantes en la historia de la química” (HQ), en los exámenes del *Leaving Certificate* es frecuente la inclusión de breves preguntas en las que se pide relacionar a científicos y científicas con sus descubrimientos:

«Nombre el científico que: (i) en 1897, midió la relación carga/masa del electrón, e/m , (ii) en 1910, demostró que los electrones en el átomo forman una nube electrónica que rodea a un pequeño y núcleo positivo central, (iii) en 1911, midió la carga del electrón, e » (*Leaving Certificate*, 2010).

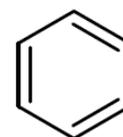
«Nombre la técnica analítica que fue la base del trabajo por el cual Dorothy Hodgkin recibió el Premio Nobel de Química de 1964» (*Leaving Certificate*, 2016).

La comprensión del carácter evolutivo de la química (EQ) se evalúa en las pruebas que realizan los estudiantes irlandeses mediante cuestiones en las que se les solicita indicar deficiencias y limitaciones de distintos modelos y teorías, evidencias experimentales en los que se fundamenta la evolución de la química, etc.:

«Cuando Mendeleiev, en la foto de la derecha, publicó en 1869 su tabla periódica de los elementos, se conocían sesenta y dos elementos. ¿Cuál fue la base (ley periódica) utilizada por Mendeleiev al organizar los elementos en su tabla periódica? ¿Por qué Mendeleiev dejó espacios en su tabla periódica, p. ej. en el lugar en el que se encuentra el germanio en la tabla periódica moderna? En algunos casos, Mendeleiev invirtió el orden de los elementos requerido por su ley periódica. Por ejemplo, colocó el telurio antes que el yodo. Explique por qué hizo esto.» (*Leaving Certificate*, 2013).



«En 1865 August Kekulé propuso la estructura del benceno que se muestra a la derecha. ¿Cuántos electrones pi hay en el benceno? Explique si la estructura de Kekulé describe correctamente o no (i) el número, (ii) la distribución de los electrones pi en el benceno. Indique una evidencia experimental que apoye su explicación de la parte (ii)» (*Leaving Certificate*, 2015).



4.2.2.9. Aplicaciones de la química

Como ya se mencionó anteriormente, el papel que desempeña la química en la vida cotidiana y su contribución a la mejora de la calidad de vida constituye uno de los objetivos prioritarios de la enseñanza de la química que se incluye en todos los currículos analizados, por lo que sería de esperar que estos aspectos fueran evaluados en las pruebas de acceso a la universidad correspondientes. Con el fin de comprobar el grado de alineación curricular, se analizó la frecuencia con la que aparecían preguntas relacionadas con las aplicaciones de la química en las distintas pruebas externas de evaluación estudiadas; los datos que se obtuvieron se muestran en la Tabla 53.

Tabla 53. Frecuencia de preguntas referentes a “aplicaciones de la química” en los exámenes de química de las PAU, *A level* y *Leaving Certificate*

	TOTAL		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	n _i	f _i														
ESPAÑA	108	8%	8	4%	19	10%	14	7%	15	8%	18	9%	17	9%	17	9%
Andalucía	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	4%	1	4%
Aragón	1	1%	1	6%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Asturias	6	4%	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	1	5%	2	10%	2	10%
Canarias	8	6%	0	0%	1	5%	1	5%	1	5%	1	5%	2	10%	2	10%
Castilla y León	6	4%	0	0%	2	10%	0	0%	0	0%	1	5%	2	10%	1	5%
Cataluña	51	52%	3	21%	10	71%	8	57%	9	64%	7	50%	9	64%	5	36%
Com. Valenciana	20	14%	3	15%	2	10%	3	15%	1	5%	4	20%	1	5%	6	30%
Galicia	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	10%	0	0%	0	0%
Madrid	5	4%	0	0%	0	0%	2	10%	2	10%	1	5%	0	0%	0	0%
País Vasco	7	5%	1	5%	4	20%	0	0%	1	5%	1	5%	0	0%	0	0%
REINO UNIDO	107	35%	21	50%	20	47%	13	28%	11	26%	15	36%	14	30%	13	30%
IRLANDA	41	53%	6	55%	7	64%	5	45%	5	45%	7	64%	5	45%	6	55%

En España estas preguntas representan un 8% de las cuestiones analizadas, observándose que en 6 de los 10 distritos universitarios la presencia de preguntas que hacen referencia a las aplicaciones de la química es meramente testimonial, con una frecuencia inferior al 5%; estos resultados constatan –como Oliva y Acevedo (2005) y Franco (2016) habían puesto de manifiesto– la escasa relevancia que suelen conceder las PAU de química a las relaciones CTSA. Sin embargo, las PAU de Cataluña destacan notoriamente por presentar un porcentaje muy elevado (52%) de preguntas relacionadas con estos aspectos; en la Comunidad Valenciana, aunque en menor medida, también se aprecia que la frecuencia de estas cuestiones es mayor que en el resto de las CC. AA., con un 14% de media. Fuera de nuestro país, en Reino Unido se puede considerar que las cuestiones relacionadas con las aplicaciones de la química son bastante frecuentes (35%) y es notable la relevancia que se otorga a estos aspectos en las pruebas que realizan los estudiantes irlandeses, donde representan un 53% de las preguntas analizadas. Las Figuras 55 y 56 muestran una comparativa de las frecuencias de aparición de dichas preguntas en los tres países estudiados y por comunidades autónomas.

Figura 55. Porcentaje de preguntas referentes a “aplicaciones de la química” en los exámenes de química de las PAU de distintas CC. AA.

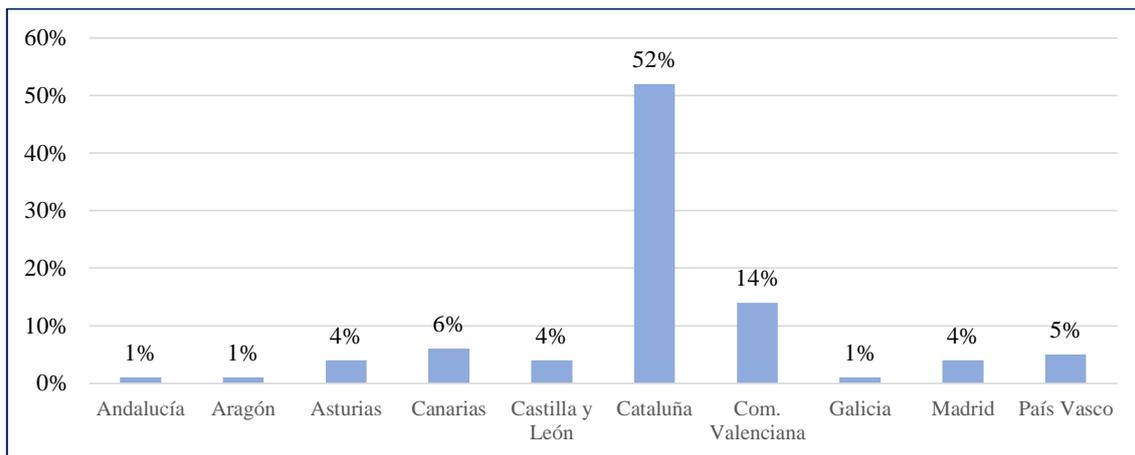
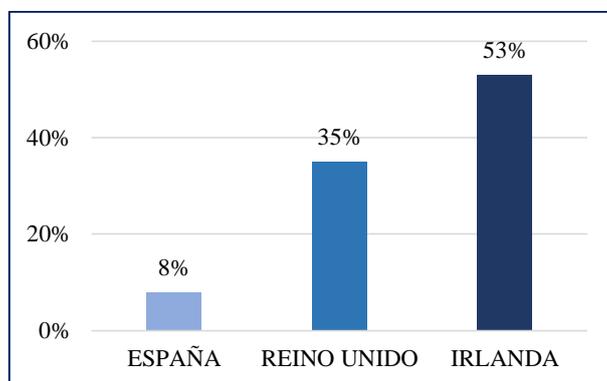
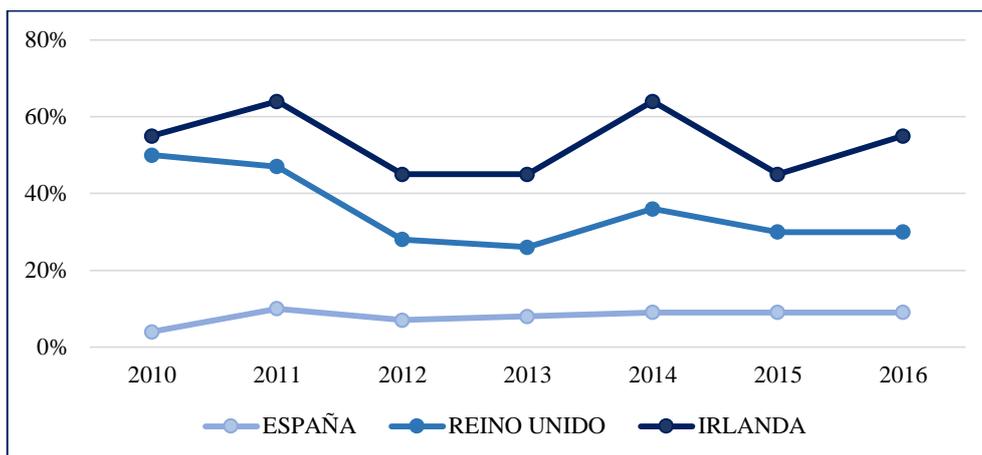


Figura 56. Porcentaje de preguntas referentes a “aplicaciones de la química” en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda



En la Figura 57 se puede observar cómo evolucionó a lo largo del periodo 2010-2016 el porcentaje de preguntas que hacían referencia a las aplicaciones de la química en las pruebas de acceso a la universidad de los tres países analizados. En el caso de España la tendencia fue ligeramente ascendente al principio del periodo, manteniéndose constante en los tres últimos años; por el contrario, en Reino Unido se aprecia una marcada tendencia descendente entre 2010 y 2012, permaneciendo posteriormente en el entorno del 30%. En Irlanda, la proporción de cuestiones en las que se aludía a aplicaciones de la química osciló entre el 45% y el 64%, pero no se observó una tendencia ascendente o descendente a lo largo de dicho periodo.

Figura 57. Evolución temporal de la frecuencia de preguntas referentes a “aplicaciones de la química”

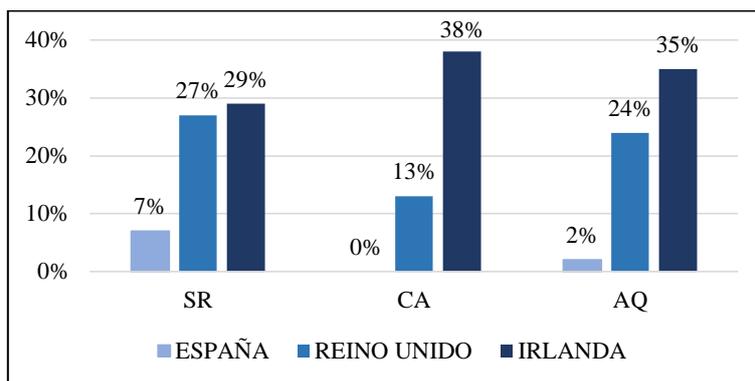


En cuanto a la presencia en las pruebas de evaluación analizadas de preguntas referidas a las distintas subcategorías –“resolver cuestiones y ejercicios contextualizados en el entorno” (SR), “conocer y valorar aplicaciones y repercusiones de la química” (CA) y “aplicar los conocimientos químicos a la solución de problemas del entorno” (AQ)–, la Tabla 54 muestra las frecuencias absolutas y relativas correspondientes. En la Figura 58 se pueden comparar los porcentajes correspondientes a las citadas subcategorías en los tres países estudiados.

Tabla 54. Frecuencia de las preguntas relacionadas con “aplicaciones de la química” incluidas en cada subcategoría

	SR		CA		AQ	
	n _i	f _i	n _i	f _i	n _i	f _i
ESPAÑA	99	7%	0	0%	26	2%
Andalucía	1	1%	0	0%	0	0%
Aragón	1	1%	0	0%	0	0%
Asturias	5	4%	0	0%	0	0%
Canarias	6	4%	0	0%	0	0%
Castilla y León	4	3%	0	0%	0	0%
Cataluña	50	51%	0	0%	24	24%
Com. Valenciana	19	14%	0	0%	1	1%
Galicia	2	1%	0	0%	0	0%
Madrid	4	3%	0	0%	1	1%
País Vasco	7	5%	0	0%	0	0%
REINO UNIDO	82	27%	40	13%	72	24%
IRLANDA	22	29%	29	38%	27	35%

Figura 58. Frecuencias relativas de las preguntas sobre “aplicaciones de la química” incluidas en cada subcategoría



Los datos obtenidos muestran que, dentro de las preguntas que aluden a alguna aplicación de la química, las cuestiones contextualizadas en situaciones del entorno (SR) son las más frecuentes en todas las pruebas analizadas.

«El p-cresol es un compuesto de masa molecular relativa $M_r = 108,1$ que se utiliza como desinfectante y en la fabricación de herbicidas. El p-cresol sólo contiene C, H y O, y la combustión de una muestra de 0,3643 g de este compuesto produjo 1,0390 g de CO_2 y 0,2426 g de H_2O . a) Calcule su composición centesimal en masa. b) Determine sus fórmulas empírica y molecular» (Comunidad Valenciana, junio de 2014).

«Suponga que cuando está a punto de comenzar el partido de la final del Mundial de fútbol de 2018 se descubre que unos ladrones han robado el trofeo, que está hecho de oro. Al no poder fabricarse uno nuevo a tiempo de entregarlo al equipo ganador del partido, se decide tomar una reproducción hecha de un metal corriente y recubrirla de una fina capa de oro mediante electrólisis. a) Haga un dibujo del montaje experimental que propondría para recubrir la reproducción del trofeo de una capa de oro, si se dispusiera de una celda electrolítica, una disolución acuosa de AuCl_3 y un electrodo inerte. ¿Cómo se llama el electrodo donde se colocaría la reproducción del trofeo y qué polaridad tiene? Escriba la semirreacción que hace que el oro se deposite sobre la reproducción del trofeo. b) Si la masa de oro que se quiere depositar sobre el trofeo es de 23,16 g, ¿qué intensidad mínima debe tener la corriente eléctrica para que pueda estar dorada la réplica del trofeo antes del final del partido?» (Cataluña, septiembre de 2015).

«El agua de mar es una fuente importante de yodo. El yodo extraído del agua de mar es impuro. Se purifica en un proceso de dos etapas: etapa 1, $I_2 + 2H_2O + SO_2 \rightarrow 2HI + H_2SO_4$; etapa 2, $2HI + Cl_2 \rightarrow I_2 + 2HCl$. (i) Indique el estado de oxidación inicial y el estado de oxidación final del azufre en la etapa 1. (ii) Enuncie, en términos de electrones, qué le sucedió al cloro en la etapa 2» (*A level, unit 2*, 2014)

«El combustible de las bombonas de gas para camping, como la que se muestra a la derecha, es una mezcla licuada de propano, butano y otro compuesto que es un isómero estructural del butano. (a) Nombre la serie homóloga a la que pertenecen el propano y el butano. Dibuje la fórmula estructural del propano. (b) El propano y el butano tienen puntos de ebullición de $-42,1\text{ }^\circ\text{C}$ y $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. Explique por qué el propano tiene un punto de ebullición más bajo que el butano» (*Leaving Certificate*, 2014).



Llama especialmente la atención que ninguna de las preguntas planteadas en las PAU requiera que los estudiantes conozcan y/o valoren las aplicaciones y repercusiones de la química (CA). Sin embargo, este objetivo sí se contempla en un número significativo de cuestiones del *A level* –13%– y del *Leaving Certificate* –38%– como las mostradas a continuación.

«Los alcanos se utilizan como combustibles. Un estudiante quemó un poco octano (C_8H_{18}) en el aire y descubrió que la combustión era incompleta. (a) (i) Escriba una ecuación para la combustión incompleta de octano para producir monóxido de carbono como el único producto que contiene carbono. (a) (ii) Sugiera una razón por la cual la combustión fue incompleta. (b) Los convertidores catalíticos se utilizan para eliminar los gases tóxicos NO y CO que se producen cuando se queman combustibles alcanos en motores de gasolina. (b) (i) Escriba una ecuación para una reacción entre estos dos gases tóxicos que ocurre en un convertidor catalítico cuando se eliminan estos gases. (b) (ii) Identifique un metal utilizado como catalizador en un convertidor catalítico. Sugiera una razón, además del coste, por la que el catalizador se coloca sobre un soporte cerámico en forma de panel. (c) Si una muestra de combustible para una central eléctrica está contaminada con un compuesto orgánico que lleva azufre, se forma un gas tóxico por la combustión completa de este compuesto de azufre. (i) Indique un problema ambiental que puede ser causado por la liberación de este gas. (c) (ii) Identifique una sustancia

que podría usarse para eliminar este gas. Sugiera una razón, además del coste, por la que se usa esta sustancia (*A level, unit 2*, 2012).

«(a) Explique cómo se produce el agua dura y cómo hace que se desperdicie jabón. ¿Cómo se puede ablandar el agua dura mediante intercambio iónico para que sea adecuada para su uso como agua desionizada en el laboratorio? (b) En el tratamiento del agua, ¿cuál es el propósito de agregar cada una de las siguientes sustancias: (i) un agente floculante, (ii) cloro, (iii) un compuesto que contiene flúor, (iv) hidróxido de calcio, (v) ácido sulfúrico? Indique el problema que surgiría cuando cada una de estas sustancias se agrega en cantidad excesiva. (c) ¿Por qué la contaminación del agua por iones de metales pesados, p. ej. Hg^{2+} o Pb^{2+} , es motivo de preocupación? Nombre una técnica instrumental que podría usarse para detectar y medir la concentración de un ion de metal pesado en una muestra de agua. Explique cómo se pueden eliminar los iones Hg^{2+} o Pb^{2+} de un suministro de agua. (d) Describa una prueba para determinar la presencia de ion cloruro (Cl^-) en agua» (*Leaving Certificate*, 2012).

Por otro lado, en nuestro país raramente se plantean cuestiones para cuya resolución se precise la aplicación de los conocimientos químicos a la resolución de problemas de nuestro entorno (AQ), con la excepción de Cataluña, donde estas preguntas representan el 24% del total, al igual que en Reino Unido, llegando hasta un 35% en el caso de las preguntas presentes en las pruebas de Irlanda.

«Uno de los principales ríos que suministran agua a la ciudad de Barcelona es el río Llobregat. En una analítica rutinaria del agua de este río se han obtenido los siguientes datos: [...] a) Se llena un tubo de ensayo, hasta la mitad, con agua del río Llobregat a 298 K. A continuación, se añade, gota a gota, una disolución concentrada de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ hasta que empieza a aparecer un poco de precipitado. Justifique, numéricamente, si este precipitado es PbCl_2 o PbSO_4 . b) Se llena otro tubo de ensayo, hasta la mitad, con agua del río Llobregat y se le añade, gota a gota, una disolución de NaOH para aumentar la basicidad y hacer precipitar los hidróxidos metálicos insolubles. Cuando el pH es 12,6 empieza a precipitar el hidróxido de calcio. ¿Qué valor tiene la constante del producto de solubilidad de este hidróxido a 298 K?» (Cataluña, junio 2016).

«Los químicos apoyaron la legislación para prohibir el uso de CFC. Los refrigeradores modernos utilizan pentano en lugar de CFC como refrigerante. Con referencia a su fórmula, indique por qué el pentano es un producto refrigerante más aceptable para el medio ambiente» (*A level, unit 2*, junio de 2011).

«Científicos británicos han utilizado bacterias para fermentar glucosa y producir el biocombustible butan-1-ol. Escriba una ecuación para la fermentación de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) para formar butan-1-ol, dióxido de carbono y agua solamente. Indique una condición necesaria para asegurar la combustión completa de un combustible en el aire. Escriba una ecuación para la combustión completa de butan-1-ol y explique por qué puede ser descrito como biocombustible» (*A level, unit 2*, 2010).

«Más del 20% del petróleo crudo refinado en Whitegate en Cork Harbour en 2010 fue importado de Libia. El petróleo crudo libio es particularmente valorado por su rico contenido de nafta y gasolina ligera. Los disturbios en Oriente Medio a principios de 2011 han vuelto a poner de relieve la fuerte dependencia de Irlanda del petróleo como fuente de energía. Suministros inestables, el alto costo de importar petróleo crudo de calidad y problemas ambientales, hacen que se centre la atención en las fuentes de energía alternativas, incluidos los combustibles, distintos de los combustibles fósiles, p. ej. hidrógeno y diésel derivado de aceite vegetal. (a) ¿Cuál es la naturaleza de las sustancias químicas que componen la mayor parte del petróleo crudo? (b) El petróleo crudo sin procesar, obtenido mediante perforación en tierra o en el mar, generalmente no es útil. Describir con la ayuda de un diagrama etiquetado cómo el petróleo crudo se separa en sustancias útiles en una refinería de petróleo. Indicar el uso principal de las fracciones de nafta y gasolina ligera del petróleo crudo. (c) ¿Qué es el craqueo catalítico? ¿Por qué se realiza en el refinado de petróleo? (d) El hidrógeno gaseoso puede obtenerse industrialmente mediante la reacción entre gas natural y vapor de agua (reformado con vapor). (i) Describa otro método mediante el cual se pueden obtener grandes cantidades de hidrógeno del agua. (ii) Indique una desventaja de usar hidrógeno como combustible» (*Leaving Certificate*, 2011).

Los ejemplos mencionados reflejan modelos de enseñanza de la química que prestan una mayor atención a las relaciones CTSA que la observada en la mayoría de las PAU, contribuyendo a subrayar la relevancia de los conocimientos químicos estudiados.

5. Conclusiones

5.1. Repercusión en la enseñanza-aprendizaje de la química de las pruebas de acceso a la universidad en España

El primer objetivo fijado para esta investigación era determinar en qué medida influyen las características de las pruebas de acceso a la universidad en cada uno de los aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la química en bachillerato. Como se ha podido comprobar al analizar los datos del cuestionario, queda constatada la fuerte influencia ejercida por los exámenes de acceso a la universidad sobre la enseñanza de la citada disciplina. Para concretar las consecuencias de esta influencia sobre los distintos aspectos considerados –contenidos, metodología y evaluación–, se plantearon tres preguntas de investigación que trataremos de responder a partir de los datos recabados.

(1A) ¿Cómo y en qué medida influyen el criterio del profesorado y las PAU en los contenidos de química que se imparten en las aulas de bachillerato?

Las marcadas correlaciones observadas entre los contenidos de química que se priorizan en las aulas y en las PAU indican que los docentes tienden a enfatizar en sus clases los contenidos que son recurrentes en dichas pruebas. Según la percepción del profesorado, estas suelen estar centradas en la evaluación de los conocimientos químicos –aplicación de conceptos, modelos y leyes para explicar propiedades y procesos– y de algunas destrezas tradicionales en la enseñanza de la química –resolución de ejercicios y problemas y uso del lenguaje químico–, de forma que en las aulas de bachillerato los docentes se ocupan de profundizar en estos contenidos; este hecho no entra en conflicto con su opinión acerca de dichos contenidos, ya que todos ellos son valorados como esenciales en el aprendizaje de esta asignatura. Sin embargo, en lo que respecta a los contenidos relativos a destrezas más innovadoras –aplicación de la metodología científica, trabajo experimental o uso crítico de distintas fuentes de información– y a aquellos que implican actitudes y valores –como los relacionados con la valoración del desarrollo histórico de la química y con sus aplicaciones–, la investigación revela que, a pesar de ser considerados muy importantes por el profesorado, tienden a relegarse en las aulas a causa, fundamentalmente, de la escasa relevancia que se les concede en la mayoría de las PAU. En base a estos resultados se podría afirmar que, si bien el criterio de cada docente es un factor muy importante en la priorización de unos contenidos respecto a otros, en los casos en los que las exigencias de las PAU entran en conflicto con dicho criterio, la presión que

ejercen estos exámenes es determinante de cara a la selección de contenidos. Por otro lado, las matizaciones que algunos profesores añadieron a sus respuestas recalcan una opción por el pragmatismo que les lleva a en muchos casos a “enseñar a aprobar un examen” en detrimento de los objetivos que desearían alcanzar en su labor docente. Así, tanto los resultados cuantitativos como los cualitativos pondrían de manifiesto que, en general, se produce un efecto *washback* negativo de las PAU que da lugar a un estrechamiento curricular; este hecho está en consonancia con otros estudios locales previos sobre la enseñanza de la química en España (Franco, 2016; Oliva et al., 2018) y con diversas investigaciones relacionadas con otras asignaturas –abordadas tanto en España como en otros países– sobre la tendencia de los profesores a centrarse en la preparación de exámenes (Amengual, 2010; García Laborda et al., 2012; Holme et al., 2010; Jäger et al., 2012; Kwon et al., 2015; Luzarraga et al., 2017; Ramezanay, 2014, Rind y Mari, 2019; Rodríguez-Muñiz et al., 2016).

Al analizar las características personales y demográficas de los encuestados, se encontró que la comunidad autónoma de procedencia era decisiva en relación con la importancia que se concedía en las aulas a algunos contenidos del currículo, concretamente a los relativos a la metodología científica, el trabajo experimental y las aplicaciones de la química; además, eran precisamente esas CC. AA. las que destacaban por la presencia en sus PAU de los citados contenidos. Este hecho permite concluir que, en los distritos universitarios que han integrado en sus exámenes de acceso a la universidad los contenidos de química de carácter más innovador, se produce un efecto *washback* positivo que contribuye a profundizar en la enseñanza de dichos contenidos. El efecto positivo que pueden ejercer las evaluaciones externas de alto impacto ya había sido puesto de manifiesto en investigaciones anteriores (Daly et al., 2012; Morrow, 1986; Popham, 1987), pero los estudios previos realizados en España solo se centraban en los efectos negativos ejercidos por las PAU en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las distintas disciplinas (Amengual, 2010, 2012; Franco, 2016; Oliva et al., 2018; Rodríguez-Muñiz, 2016), por lo que el presente estudio aporta una evidencia a tener en cuenta de cara al diseño de futuras pruebas.

A tenor de los resultados de esta investigación, la edad, la experiencia docente, la titularidad del centro y el tamaño de la población no ejercen influencia en el currículo de química impartido en las aulas de bachillerato. Sin embargo, el análisis de datos reveló que las mujeres concedían en sus clases de química una importancia significativamente

superior que sus colegas masculinos a la mayoría de los contenidos del currículo; estas diferencias no parecen responder a una mayor influencia de las PAU en el caso del profesorado femenino, sino a cierta diversidad de criterio relacionada con las características personales de los docentes.

La marcada influencia de las PAU sobre el currículo desarrollado se ve refrendada por el amplio grado de consenso que suscita la afirmación de que la necesidad de priorizar los contenidos que se evalúan en estos exámenes es el principal motivo para relegar en las aulas otros aspectos del currículo, hecho que se había constatado anteriormente en pruebas de características similares (Alderson y Wall, 1993; Cheng, 1997; Lam, 1994); además, no se encontraron diferencias significativas en lo que respecta a este hecho en relación con ninguno de los factores personales y demográficos analizados. Sin embargo, no se debería inferir que un cambio en los exámenes de acceso a la universidad sería suficiente para revertir esta situación (Chapman y Snyder, 2000), ya que los docentes señalan otros factores que contribuyen al estrechamiento curricular, como la necesidad de preparar al alumnado para estudios posteriores, la escasez de recursos materiales y humanos y las carencias de formación en algunos aspectos específicos. Cabe destacar que, en lo que respecta a la deficiente dotación de los centros educativos para realizar trabajo experimental, se encontraron diferencias significativas según la comunidad autónoma donde se ejerce la docencia, lo que pondría de relieve un desigual reparto de los recursos necesarios para contribuir al desarrollo de la competencia científica a través de la enseñanza de la química. En efecto, en la mayoría de las CC. AA. en las que los encuestados acusaban más esta carencia de medios se constataba una menor atención a los aspectos experimentales de la química. Sin embargo, se encontró que el profesorado de Galicia destacaba por la importancia que concedía en sus aulas a dichos contenidos pese a declarar deficiencias materiales para su desarrollo, lo que podría explicarse por la mayor relevancia que conceden sus PAU a la metodología científica y al trabajo experimental; por el contrario, los docentes de Aragón, a pesar de manifestar una escasa atención al trabajo experimental en sus aulas, eran los que menor importancia otorgaban a la dotación de sus centros como posible motivo para explicar la desatención a estos aspectos, que podría estar relacionada con la ausencia en sus PAU de preguntas acerca de la vertiente experimental de la química. Estos ejemplos constatan la necesidad de que las innovaciones implantadas en los currículos y en los centros educativos se reflejen en las pruebas de

evaluación externa para evitar que fracasen (Linn, 1987). Por otro lado, una queja recurrente por parte de los encuestados alude al poco tiempo del que disponen para desarrollar en profundidad un currículo excesivamente extenso, lo que les obliga a dejar de lado los contenidos no contemplados por las PAU; por ello, sería esperable que un currículo de carácter menos enciclopédico y más centrado en los aspectos esenciales de la química contribuyera a paliar el efecto *washback* negativo de las PAU.

(1B) ¿Cómo y en qué medida influyen las PAU en la metodología usada por los profesores de química de bachillerato?

La investigación constata que la metodología docente también se ve afectada por las características de estas pruebas. Los datos analizados ponen de manifiesto que el empleo de metodologías activas en las aulas –como experiencias guiadas, proyectos de investigación, exposiciones orales y debates– disminuye significativamente en el segundo año de bachillerato respecto al primero. Los propios encuestados explican este hecho por la presión que ejercen unos exámenes centrados en los contenidos más tradicionales de la enseñanza de la química, lo que revela el efecto *washback* negativo que suelen ejercer las PAU sobre la metodología docente. Además, según el testimonio de algunos encuestados, la influencia de las PAU también se extendería, aunque en menor medida, al primer curso de bachillerato, en el cual se enfrentan ya a un extenso currículo que deben completar con el fin de que su alumnado pueda abordar con éxito el curso preuniversitario, lo que les impediría detenerse a realizar actividades que consideran muy interesantes pero les exigen mucho tiempo.

Como ya se ha constatado al analizar los contenidos del currículo más desatendidos en las aulas, existen diferencias muy significativas entre CC. AA en lo que respecta a la realización de actividades de laboratorio. En efecto, la frecuencia de estas actividades es más elevada en aquellos distritos universitarios cuyas PAU incluyen preguntas relacionadas con el trabajo experimental y, en algunas de estas CC. AA. su frecuencia aumenta en el segundo curso de bachillerato ante la proximidad de las PAU, evidenciándose en estos casos un *washback* positivo en el ámbito metodológico. Así, las características de estas pruebas se revelan como un importante factor a la hora de elegir la metodología más adecuada en la enseñanza de la química en bachillerato, especialmente en lo que concierne al trabajo experimental, determinando que en la mayor parte de las CC. AA. tienda a relegarse frente a un número muy reducido de comunidades en las que se fomenta

de forma significativa. Estos resultados ponen de relieve la importancia de que los contenidos metodológicos sean evaluados en las PAU, aunque sería necesario que, previamente, se emprendieran reformas para mejorar los recursos materiales y humanos en todos los centros educativos y completar la formación metodológica del profesorado.

(1C) ¿Con qué frecuencia se emplean las PAU como recurso didáctico y herramienta de evaluación en las clases de química de 2.º de bachillerato?

El efecto *washback* sobre los recursos didácticos se refleja claramente en la elevada frecuencia –por término medio, en más de la mitad de las clases– con la que los docentes realizan con sus alumnos de 2.º de bachillerato ejercicios que han sido propuestos anteriormente en las PAU. La intensidad de este efecto parece estar relacionada con las características concretas de estas pruebas, como ponen de manifiesto las diferencias significativas existentes entre CC. AA. en cuanto a la utilización de las PAU como recurso didáctico. De este modo, los rasgos distintivos de los exámenes propuestos en los diversos distritos universitarios los harían más o menos adecuados para su uso en el aula. Este frecuente uso de materiales relacionados con las pruebas externas es una práctica muy extendida entre el profesorado, según han revelado estudios hechos en diferentes países (Andrews et al., 2002; Lam, 1994; Read y Hayes, 2003). Las consecuencias de esta práctica en la enseñanza y el aprendizaje dependerán fundamentalmente de la calidad de las pruebas de evaluación empleadas (Alderson y Wall, 1993), de forma que solo serán negativas si implican actividades de menor nivel cognitivo que las necesarias para la consecución de los objetivos propuestos (Biggs, 1999). Por ello, es imprescindible que el diseño de las PAU maximice su alineamiento curricular y evite el estrechamiento del currículo.

Del mismo modo, nuestro estudio constata el fuerte impacto de las PAU sobre los procedimientos de evaluación, que se manifiesta en el uso generalizado de cuestiones iguales o muy similares a las de estas pruebas en los exámenes y controles realizados a los estudiantes de 2.º de bachillerato, de forma que representan por término medio en torno a un 80% de las preguntas formuladas. En este punto, aparte de las diferencias relacionadas con los distritos universitarios –ligadas aparentemente a las características propias de las distintas PAU– se ha encontrado un uso más extendido de estas cuestiones entre el profesorado de centros privados, influyendo también la edad y los años de experiencia; así, en lo que respecta a los procedimientos de evaluación empleados en las aulas, se confirmaría la relación entre el grado de intensidad del efecto *washback* y algunas

características inherentes al profesorado, el tipo de escuela y el formato de examen que se habían encontrado en estudios previos (Spratt, 2005). En cualquier caso, la manifiesta influencia de las PAU en los procedimientos de evaluación empleados por los docentes de 2.º de bachillerato puede, al igual que en lo referente a su influencia en los recursos didácticos, provocar un efecto positivo en el aprendizaje si las cuestiones que se emplean para evaluar al alumnado están convenientemente alineadas con los objetivos didácticos propuestos.

En definitiva, creemos que con este estudio hemos puesto de manifiesto el fuerte impacto que ejercen en nuestro país las pruebas de acceso a la universidad sobre la enseñanza de la química en el bachillerato, que se expresa en la selección de contenidos, la metodología, los recursos didácticos y los procedimientos de evaluación, focalizándose especialmente en el curso preuniversitario. También parece claro que el grado de influencia varía dependiendo de las características específicas de las PAU de las distintas comunidades y, en algunos aspectos, en función de las características del profesorado y el tipo de centro. Por otro lado, consideramos que hay evidencias de efectos *washback* tanto positivos como negativos de las PAU relacionados con el tipo de examen, si bien la consolidación de los efectos positivos solo se podrá lograr si la reforma de las pruebas de acceso se acompaña de otro tipo de mejoras relacionadas con la formación del profesorado y la dotación de suficientes medios materiales y humanos.

5.2. Aspectos más relevantes de las pruebas de acceso a la universidad de química en España, Reino Unido e Irlanda

Una vez investigada la influencia de las PAU en la enseñanza de la química en el bachillerato, se analizaron las pruebas de acceso a la universidad en España, Reino Unido e Irlanda con el fin de conocer y comparar en qué medida las cuestiones planteadas en dichas pruebas cubrían los aspectos fundamentales de la competencia científica presentes en los currículos oficiales. Los resultados de este análisis nos permitirían dar respuesta a las tres preguntas de investigación formuladas para la segunda parte de nuestro estudio.

(2A) ¿En qué medida se integran los contenidos competenciales de los currículos oficiales de química en las pruebas de acceso a la universidad analizadas?

En términos generales, puede afirmarse que la dimensión cognitiva de la competencia científica contemplada en los currículos oficiales se integra adecuadamente en todas las pruebas analizadas, tanto en los contenidos que se refieren a la estructura de la

materia como en los que hacen alusión a los procesos químicos. Sin embargo, en lo que respecta al conocimiento teórico de conceptos, leyes, modelos y teorías, se observa que la mayoría de las PAU no evalúan de forma explícita dichos contenidos; por el contrario, este tipo de preguntas son frecuentes en Reino Unido y, especialmente, en Irlanda, en cuyas pruebas de evaluación externa es muy habitual requerir a los estudiantes la definición de los conceptos básicos que deben aplicar en la resolución de los distintos ejercicios. Consideramos que, si bien estas preguntas de definición se basan fundamentalmente en la memorización e implican una demanda cognitiva de bajo nivel, cuando se complementan con preguntas de aplicación de los conceptos o principios correspondientes, contribuyen a una evaluación integral de la dimensión cognitiva de la competencia científica que los estudiantes preuniversitarios deberían alcanzar.

En cuanto a las destrezas contempladas por las pruebas de acceso a las universidades de los tres países analizados, el empleo de cálculos químicos y el manejo del lenguaje químico se insertan en todas ellas de forma satisfactoria, si bien se aprecian diferencias en el nivel de profundización, que por término general es algo mayor en las PAU –con distintos niveles de exigencia según las CC. AA.– que en el *A level* y el *Leaving Certificate*. Por el contrario, la aplicación de la metodología científica para la resolución de problemas químicos, que constituye un aspecto prioritario de las pruebas británicas e irlandesas, está escasamente representada en las PAU de la mayoría de los distritos universitarios. Esta situación se agudiza en lo que respecta a la evaluación de los contenidos relacionados con el trabajo experimental, que no se contempla en las PAU de cuatro CC. AA. y que en ningún caso llega a alcanzar la frecuencia y nivel de profundización que se observa en los exámenes para la obtención del *A level* y el *Leaving Certificate*.

El análisis de la presencia de preguntas relacionadas con las actitudes y valores en química reveló la ausencia en las PAU y el *A level* de preguntas que contribuyan a comprender y valorar el carácter evolutivo de la química, cuestiones que sí son frecuentes en las evaluaciones externas realizadas por los estudiantes irlandeses. Las aplicaciones y repercusiones de la química reciben una desigual atención en las PAU, aunque en la mayoría de las CC. AA. son muy escasas las preguntas referentes a estos aspectos y, en general, se limitan a la contextualización de algunas de las cuestiones planteadas; por el contrario, las pruebas realizadas por el alumnado británico e irlandés indagan frecuentemente en el conocimiento y la valoración de dichas aplicaciones, contribuyendo a aportar una visión de la química más cercana a la realidad cotidiana.

(2B) ¿Qué analogías y diferencias existen en los niveles de alineación curricular alcanzados por las pruebas de acceso a la universidad de los países y CC. AA. analizados?

La alineación curricular de todas las pruebas analizadas, en términos generales, es satisfactoria en lo que respecta a los contenidos relacionados con la estructura de la materia, los procesos químicos, los aspectos cuantitativos de la química y el empleo del lenguaje propio de esta disciplina. Sin embargo, en el resto de los aspectos considerados se observa una deficiente alineación curricular en la mayoría de las PAU, mientras que en las pruebas británicas e irlandesas se observa un notable paralelismo entre currículo y pruebas de evaluación externa.

Uno de los objetivos que está presente en todos los planes de estudio analizados alude a la adquisición de los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química. La alineación con dicho objetivo se puede considerar adecuada en el caso del *A level* y el *Leaving Certificate*, pero solo las PAU de Castilla y León y Cataluña incluyen un porcentaje significativo de preguntas que contribuyan a alcanzar el mencionado objetivo.

La alineación entre currículo y PAU en lo que respecta a la adquisición de habilidades propias de la actividad científica se puede considerar bastante deficiente en la mayoría de los distritos universitarios, con la salvedad de Asturias y Cataluña. Por el contrario, en las pruebas de evaluación externa que realizan los estudiantes de Reino Unido e Irlanda se cubren adecuadamente la mayoría de los aspectos de la metodología científica contemplados en los currículos. Además, la obtención y ampliación de información procedente de diferentes fuentes constituye un objetivo específico del currículo de química en España que se obvia en todas las pruebas analizadas.

En lo referente al trabajo experimental, todos los currículos estudiados aluden entre sus objetivos a una familiarización con el diseño y realización de experimentos químicos, el uso del instrumental de laboratorio y las normas de seguridad a seguir, si bien la concreción de estos aspectos en los contenidos de los distintos planes de estudio es muy heterogénea, así como su presencia en las pruebas de evaluación correspondientes. Así, Asturias, Cataluña y Galicia son las únicas CC. AA. en las que se observa una adecuada alineación de las PAU con los contenidos relativos al trabajo experimental de sus currículos, aunque obvian algunos aspectos esenciales como el diseño de experimentos y las normas de seguridad en el laboratorio químico; en el resto de las CC. AA. las preguntas

relacionadas con estos aspectos están ausentes o muy escasamente representadas, llamando la atención el caso de Aragón, que describe nueve actividades experimentales en su currículo de química de 2.º de bachillerato, pero no incluye en sus PAU ninguna pregunta relacionada con el trabajo experimental. En lo que respecta al Reino Unido e Irlanda, las preguntas referentes a los aspectos experimentales de la química son muy frecuentes en todas sus pruebas de evaluación, en consonancia con la importancia que les otorgan en sus respectivos planes de estudios.

Otro objetivo común a los planes de estudio analizados hace referencia a las limitaciones de la química y a su carácter tentativo y evolutivo, que conduce en el currículo irlandés a una mención explícita al desarrollo histórico de la química que se plasma en sus exámenes de acceso a la universidad. Sin embargo, el carácter evolutivo de la química no se refleja en ninguna de las pruebas de evaluación correspondientes a España y Reino Unido.

Dentro de los objetivos de los tres currículos nacionales estudiados se resalta la importancia de las aplicaciones de la química en la vida cotidiana, haciendo explícitas sus contribuciones a la mejora de la calidad de vida así como a los posibles riesgos asociados. Estas aplicaciones se ponen de manifiesto en la contextualización de un amplio número de preguntas propuestas en las PAU de Cataluña y, en menor medida, en la Comunidad Valenciana, pero en los exámenes del resto de las CC. AA. la presencia de estos contextos es meramente testimonial. Por el contrario, en las pruebas del *A level* y, con mayor frecuencia, en las del *Leaving Certificate* son habituales las preguntas contextualizadas en situaciones del entorno que, además, profundizan en el conocimiento y la valoración de las aplicaciones de la química.

En resumen, el análisis de las pruebas de evaluación externa seleccionadas revela un adecuada alineación de los contenidos del *A level* y el *Leaving Certificate* con los correspondientes currículos. Por el contrario, la mayoría de las PAU analizadas –aunque muestran diferencias significativas por CC. AA. que ya han sido comentadas en detalle– reflejan importantes sesgos, especialmente en los contenidos procedimentales de carácter más innovador y en aquellos que implican actitudes y valores. Debido al efecto *washback* que se ha constatado en esta investigación, la deficiente alineación curricular que suelen mostrar las PAU contribuye a un estrechamiento del currículo de química que se desarrolla en las aulas de bachillerato, lo que influye negativamente en la formación integral del alumnado de nuestro país.

(2C) ¿Existe una evolución temporal en los contenidos de las pruebas de acceso a la universidad analizadas a lo largo del periodo estudiado?

El análisis de la evolución a lo largo del periodo 2010-2016 de los exámenes correspondientes a las PAU, el *A level* y el *Leaving Certificate* no puso de manifiesto, en general, tendencias ascendentes o descendentes en lo que respecta a la frecuencia de los distintos contenidos de dichas pruebas. Las variaciones más acusadas se observaron en la frecuencia de aparición de algunos contenidos en el *Leaving Certificate*, lo que parece estar relacionado con el tamaño de la muestra analizada –con un total de 77 preguntas–, considerablemente más reducida que las muestras procedentes de las PAU –que incluía, 1382 preguntas– y el *A level* –con 304 preguntas–.

La metodología científica aplicada a la química constituye el único contenido en el que el estudio longitudinal reveló una ligera tendencia creciente a lo largo del periodo estudiado en las pruebas del *A level* y el *Leaving Certificate*, consolidándose al final del periodo como el contenido más frecuente en dichos exámenes. En el caso de las PAU, se observa un leve aumento en la frecuencia de las preguntas relativas a las aplicaciones de la química al principio del periodo, mientras que en el Reino Unido se aprecia una disminución en la presencia de las preguntas que hacían referencia a dichos contenidos en el mismo intervalo temporal.

La ausencia de cambios significativos a lo largo del periodo estudiado, pone de manifiesto, en los tres países analizados, una cierta inercia en el diseño de las pruebas de acceso a la universidad que podría suponer un obstáculo de cara a posibles reformas. Este hecho puede explicarse por las importantes consecuencias que estos exámenes tienen en el futuro del alumnado, lo que dificulta la introducción de reformas a corto plazo en los contenidos evaluados. Un estudio longitudinal más amplio permitiría constatar si esta resistencia al cambio se extiende a los años anteriores y posteriores al periodo analizado, obstaculizando la implantación de las reformas incluidas en las leyes educativas correspondientes.

5.3. Propuestas para la mejora de las pruebas de acceso a la universidad de química

Las características de las preguntas planteadas en las PAU de algunos distritos universitarios dan muestras de una alineación curricular satisfactoria en lo que respecta a los contenidos que los docentes españoles tienden a relegar en sus aulas, por lo que el *washback* positivo asociado a estas pruebas puede proporcionar pautas a tener en cuenta

en el diseño de futuros exámenes de acceso a la universidad. Del mismo modo, la adecuada alineación curricular encontrada en las pruebas para la obtención del *A level* y el *Leaving Certificate* aporta también algunas ideas acerca de cómo integrar los distintos contenidos competenciales en nuestras evaluaciones externas.

El contexto actual de las pruebas de evaluación para acceder a las universidades españolas es distinto del de las PAU analizadas, correspondientes a la LOE y vigentes hasta 2016. En la actualidad, la ley educativa en vigor es la LOMCE, pero está prevista su derogación para implantar una versión modificada de la LOE mediante la LOMLOE, que se encuentra en fase de tramitación parlamentaria según el proyecto de ley aprobado por el Consejo de Ministros (Proyecto de Ley Orgánica por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación), lo que supondría retomar unas pruebas de acceso a la universidad análogas a las PAU descritas en este estudio. En cualquier caso, los contenidos de las pruebas de acceso a la universidad deberían someterse a revisión con el fin de alinearse de forma más satisfactoria con los objetivos, contenidos y criterios de evaluación expresados en los currículos, cuyas intenciones en el caso de la enseñanza de la química apenas difieren en las distintas leyes educativas.

Con el fin de concretar mejor algunas propuestas, se procederá a analizar aquellas unidades de contenidos en las que se ha constatado una alineación más deficiente entre PAU y currículo:

- a) Conceptos, leyes, modelos y teorías en química: las preguntas de definición contribuyen al desarrollo de la competencia lingüística y, si son adecuadamente complementadas con cuestiones que precisen la aplicación de los conceptos que se definen o las leyes que se enuncian, favorecen el aprendizaje significativo. Por ello, para lograr una evaluación integral de la dimensión cognitiva de la competencia científica, sería conveniente que las pruebas de acceso a la universidad incorporaran preguntas en las que se requiera expresar correctamente los conceptos, leyes, modelos y teorías implicados en los fenómenos estudiados, de modo similar al que se plantea en algunos de los exámenes analizados. Para ello sería necesario delimitar claramente los aspectos teóricos esenciales que deben conocer los estudiantes preuniversitarios –por ejemplo, en forma de una serie de estándares de aprendizaje evaluables convenientemente seleccionados y una matriz de especificaciones que regule la alineación entre PAU y currículo– de modo que se contribuya a aligerar el carácter enciclopédico de

nuestros planes de estudio y se posibilite dedicar más atención a otros aspectos esenciales.

- b) Metodología científica en química: los objetivos del currículo de química de 2.º de bachillerato recalcan la importancia de que el alumnado sea capaz de emitir hipótesis fundamentadas sobre fenómenos observables, plantear estrategias para la resolución de problemas, organizar e interpretar resultados experimentales y analizar información procedente de diversas fuentes, aspectos que apenas se contemplan en las PAU de la mayoría de las CC. AA. Sin embargo, los exámenes de acceso a la universidad de comunidades como Asturias y Cataluña proporcionan algunos ejemplos acerca del modo en que dichos aspectos podrían integrarse en todas las PAU favoreciendo un *washback* positivo que contribuiría al desarrollo de la competencia científica en las aulas. Asimismo, muchas de las preguntas planteadas en los exámenes del *A level* y el *Leaving Certificate* evalúan el nivel de adquisición de las estrategias propias del trabajo científico por parte de los estudiantes preuniversitarios y serían fácilmente adaptables al currículo de química español. El objetivo menos reflejado en todas las pruebas es el que hace alusión al análisis de diversas fuentes de información, pero también se han encontrado algunos ejemplos de preguntas que incluyen fragmentos de textos periodísticos, institucionales, etc. relacionados con la química que podrían contribuir al desarrollo del pensamiento crítico.
- c) Trabajo experimental en química: el diseño y realización de experimentos desempeña un papel fundamental en la adquisición y consolidación de la competencia científica, pero la cantidad de tiempo, dedicación y medios materiales y humanos que se requieren para su desarrollo suele conducir a que el profesorado de química en España tienda a relegar las actividades de laboratorio. En general, esta situación se agudiza en el 2.º curso de bachillerato, en el cual el profesorado se encuentra ante un extenso currículo y bajo la presión de unas PAU que no suelen contemplar contenidos relacionados con el trabajo experimental. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio muestran evidencias de *washback* positivo en este aspecto en aquellas CC. AA. que han integrado en sus PAU dichos contenidos; así, se observa que la presencia de preguntas que requieren la descripción de los procedimientos experimentales in-

cluidos en el currículo contribuye de forma significativa al cambio metodológico en las aulas. No obstante, antes de emprender reformas en las pruebas de acceso a la universidad que exijan un cambio metodológico por parte del profesorado, sería preciso garantizar que todos los centros educativos disponen de los medios necesarios para desarrollarlo, de forma que no recaiga toda la responsabilidad sobre los docentes. Una vez que estos cambios se consoliden, se podrían emprender cambios en el currículo que acercaran la metodología empleada en la enseñanza de la química a la que se desarrolla en países como Reino Unido e Irlanda, en los que todos los contenidos del currículo se apoyan en actividades experimentales; estos currículos basados en la experimentación permiten plantear preguntas que implican el diseño de experimentos mediante la aplicación de diversas técnicas de laboratorio, atendiendo siempre a las normas de seguridad que se deben seguir en su desarrollo.

- d) Evolución histórica de la química: a pesar de que el currículo de química de 2.º de bachillerato destaca la importancia de comprender y valorar el carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, ninguna de las PAU analizadas incluía cuestiones relacionadas con este contenido. Sin embargo, en las pruebas de *Leaving Certificate* son frecuentes las preguntas que integran los conocimientos estudiados en su contexto histórico —en muchos casos ilustradas con fotografías de figuras relevantes en el desarrollo histórico de la química— que, aunque no exigen el conocimiento de los hechos históricos aludidos, ayudan a entender el carácter evolutivo de la química. En otros casos, las cuestiones planteadas indagan en los hechos y figuras más relevantes en la historia de la química o requieren razonar deficiencias y limitaciones de distintos modelos y teorías, evidencias experimentales en los que se fundamentan, etc., lo que contribuye a profundizar en la naturaleza de la ciencia. La inclusión de contextos históricos en nuestras PAU no requeriría ninguna adaptación previa, pero la introducción de cuestiones que conlleven el conocimiento de la evolución histórica de la química supondría delimitar más claramente los contenidos evaluables a este respecto en nuestro currículo de forma similar a la que se lleva a cabo en los planes de estudio de Irlanda; por ejemplo, donde el currículo español alude a la “evolución histórica de la ordenación periódica de los elementos”, en el irlandés se menciona “historia de la tabla

periódica, incluyendo las contribuciones de Döbereiner, Newlands, Mendeleiev y Moseley y comparación de la tabla de Mendeleiev con la tabla periódica moderna”, informando a los docentes acerca del nivel de profundización requerido.

- e) Aplicaciones de la química: la contextualización de la química en entornos cercanos a los estudiantes contribuye a que estos identifiquen la ciencia existente en nuestro día a día y sean capaces de transferir sus conocimientos a situaciones cotidianas. Aunque en la mayoría de las PAU las cuestiones contextualizadas son muy escasas, los exámenes planteados en algunas CC. AA. como la Comunidad Valenciana y Cataluña proporcionan un buen número de ejemplos acerca de formas de acercar el conocimiento químico al entorno del alumnado sin necesidad de añadir más contenidos a los currículos; también muchas de las preguntas que se plantean en el *A level* y el *Leaving Certificate* aludiendo a distintas aplicaciones de la química serían fácilmente transferibles a nuestras pruebas de acceso; además, las pruebas de Cataluña e Irlanda suelen incluir imágenes de objetos y sustancias cotidianas que hacen más eficaz la contextualización y contribuyen a motivar a los estudiantes. La movilización de los aprendizajes se hace más patente en los casos en los que se plantean cuestiones que requieren la aplicación de los conocimientos químicos a la resolución de problemas de nuestro entorno; en este trabajo se han proporcionado diversos ejemplos de preguntas de estas características, si bien requerirían de un trabajo previo en las aulas para habituar al alumnado a aplicar sus conocimientos a contextos que no son habituales en las clases de química tradicionales. Por último, a diferencia de lo que ocurre en los otros dos países estudiados, las pruebas de acceso a la universidad en España adolecen de preguntas en las que los estudiantes precisen conocer y valorar las aplicaciones y repercusiones de la química, aspectos que deberían concretarse mejor en nuestro currículo para ser posteriormente evaluados, de forma que se fomenten las dimensiones más formativas de la enseñanza de la química en bachillerato y se contribuya a una mejora de las relaciones entre química y sociedad.

En definitiva, creemos que la anunciada reforma de los planes de estudio debería llevar aparejada algunos cambios en las pruebas de acceso a la universidad a nivel nacio-

nal que garantizaran una mejor alineación entre dichos exámenes y los objetivos expresados en el currículo, de forma que se evite que las PAU actúen como un factor disuasorio a la hora de emprender posibles innovaciones educativas.

5.4. Limitaciones del estudio realizado

El presente estudio es, según los datos que hemos podido recabar, el primero que se hace a nivel nacional en relación con la influencia de las PAU en el proceso de enseñanza-aprendizaje y también en cuanto al análisis comparativo de las pruebas de acceso a la universidad de distintas CC. AA. en el campo de las ciencias experimentales. Además, las investigaciones que se han encontrado estableciendo comparaciones entre las evaluaciones externas que realiza el alumnado de distintos países para acceder a la universidad se limitaban a analizar la estructura de dichas pruebas, pero no hacían referencia a su contenido o a su nivel de alineación curricular. El hecho de emprender un estudio tan ambicioso y con tan escasos precedentes ha supuesto enfrentarnos a un gran número de obstáculos, especialmente de carácter metodológico y a una ingente cantidad de información que, en algunos casos, nos ha obligado a limitar los objetivos que inicialmente perseguíamos.

En lo que respecta a la primera parte de nuestra investigación, la primera limitación que hemos de poner de manifiesto es el carácter no probabilístico de la muestra de docentes que respondieron al cuestionario acerca de la influencia de las PAU en la enseñanza-aprendizaje de la química, lo que podría haber alterado su representatividad. Si bien el cuestionario fue enviado a todos los centros de bachillerato de nuestro país, cabe suponer que los docentes que decidieron completarlo serían aquellos más predispuestos a colaborar en este tipo de proyectos, por lo que, a pesar del considerable tamaño muestral, no se puede garantizar que la muestra fuera representativa de todo el conjunto del profesorado español que imparte química en bachillerato; no obstante, al no existir en España un medio oficial que apoye la realización de estudios educativos de carácter muestral, toda investigación emprendida se verá limitada por la imposibilidad de que las muestras elegidas sean realmente representativas. Por otro lado, el análisis de la muestra puso de manifiesto su desigual distribución por CC. AA., por lo que, de cara a la realización del estudio comparativo por distritos universitarios, solo se tuvieron en consideración las diez CC. AA. que superaban el tamaño muestral mínimo establecido según el margen de error fijado; a pesar de esta reducción de la muestra, las CC. AA. comparadas en esta

investigación acogen a más de un 85% de la población española. Esto nos ha permitido establecer una serie de conclusiones acerca de los efectos positivos y negativos que las PAU de química ejercen en las aulas de bachillerato de las distintas CC. AA. con datos suficientemente concluyentes que están además avalados por las matizaciones que un buen número de docentes añadieron a sus respuestas.

En relación con la segunda parte de la investigación, las diferencias en los currículos y en la estructura de las pruebas de evaluación de los tres países analizados dificultaron la categorización de las preguntas de dichas pruebas y el establecimiento de criterios objetivos para su comparación. Por otro lado, la categorización fue un proceso muy laborioso que solo pudo ser desarrollado por dos jueces independientes; por ello, aunque el grado de concordancia que se alcanzó fue muy elevado y se pudo alcanzar el consenso en los casos puntuales en los que hubo discrepancia, el análisis realizado conlleva un cierto grado de subjetividad que dificulta la reproducibilidad del estudio. En cualquier caso, creemos que las diferencias encontradas son suficientemente notorias para respaldar las conclusiones formuladas; además, al margen del estudio cuantitativo de las frecuencias de aparición de las distintas categorías, los ejemplos aportados a partir del estudio cualitativo ilustran las distintas orientaciones adoptadas por las pruebas analizadas y nos han permitido formular una serie de propuestas que podrían enriquecer nuestras pruebas de acceso a la universidad contribuyendo a mejorar la enseñanza-aprendizaje de la química.

5.5. Posibles líneas futuras de investigación

Según se acaba de analizar, la investigación realizada acerca de la influencia de las PAU en la enseñanza de la química ha estado limitada por la imposibilidad de disponer de una muestra aleatoria y representativa de docentes de todas las CC. AA. Por ello, sería recomendable realizar un estudio más amplio a nivel nacional con la colaboración de las distintas administraciones educativas que permitiera establecer en qué medida nuestras pruebas de acceso a la universidad están influyendo positiva o negativamente en la enseñanza de las distintas asignaturas de bachillerato. Las opiniones vertidas por el profesorado servirían para establecer unas líneas directrices de cara a una evaluación para el acceso a la universidad más acorde con las propuestas de la investigación educativa y con las demandas de la sociedad del siglo XXI.

Por otro lado, la deficiente alineación que se ha constatado entre muchos de los aspectos contemplados en el currículo de química y las PAU de la mayoría de las

CC. AA. nos lleva a proponer un estudio sistematizado acerca del grado de alineación curricular de las actuales evaluaciones para el acceso a la universidad y los currículos de las materias impartidas en 2.º de bachillerato. El currículo actual concreta los estándares de aprendizaje evaluables que se pretenden alcanzar en el aprendizaje de las diversas disciplinas académicas, lo que facilitaría determinar el grado de alineación curricular y las diferencias entre CC. AA. Solo si las pruebas de evaluación externas están adecuadamente alineadas con los objetivos educativos propuestos será posible un *washback* positivo que contribuya a mejorar nuestro sistema educativo.

La evolución histórica de los contenidos de las pruebas de acceso a la universidad constituye otro campo de investigación en el que se requeriría una mayor profundización. Como se ha constatado en este estudio, los contenidos de dichas pruebas apenas experimentaron modificaciones entre 2010 y 2016 en los tres países analizados. Un estudio relativo a un periodo más prolongado permitiría conocer los cambios que los contenidos de estos exámenes han experimentado a lo largo de su historia teniendo en cuenta las modificaciones curriculares correspondientes. De este modo, se podría saber si las distintas reformas legislativas implantadas han sido capaces de vencer la resistencia al cambio que se ha puesto de manifiesto al analizar las pruebas objeto de esta investigación.

Por último, en un mundo globalizado resulta esencial avanzar hacia una enseñanza de las ciencias con un marco común, en línea con las recomendaciones hechas por la UNESCO, la OCDE y la Unión Europea. Si bien los distintos sistemas nacionales tienen sus particularidades y las concreciones de sus currículos en muchos casos no son transferibles, sería muy enriquecedor analizar las pruebas que se desarrollan para acceder a la universidad en otros países distintos a los elegidos para esta investigación. El marco competencial propuesto en este estudio permitiría comparar en qué medida contribuyen las distintas pruebas —especialmente en el campo de las ciencias experimentales como son la física, la química y la biología— a desarrollar las distintas dimensiones de la competencia científica; asimismo, se posibilitaría la adaptación a nuestro contexto de propuestas desarrolladas en otros sistemas educativos que puedan contribuir a una mejor formación científica de nuestro alumnado.

Esperamos que cada vez sea mayor el número de estudios acerca de las pruebas de acceso a la universidad en nuestro país, de forma que sus conclusiones sean tomadas en consideración en las futuras leyes educativas. Esta investigación, al igual que las que ya se habían realizado en relación con otras disciplinas académicas, aporta evidencias de

la influencia que ejercen en las aulas las características de estas pruebas, de forma que las fortalezas y debilidades puestas de manifiesto se reflejan inevitablemente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ello, si se continúa profundizando en las líneas apuntadas, será posible marcar unas directrices comunes a todo el territorio nacional que favorezcan una evaluación más integral para el acceso a la universidad, incorporando los aspectos más formativos de las distintas materias que se suelen obviar en estas pruebas. De este modo, las reformas que se realicen podrán revertir en nuestra sociedad, porque, como Murillo e Hidalgo (2015) afirman, «dime cómo evalúas y te diré qué sociedad construyes. O, mirémoslo al revés, imagina qué sociedad quieres y diseña una evaluación que contribuya a alcanzarla» (p. 8).

6. Referencias bibliográficas

- Abdulhamid, N. (2019). *What Is the Relationship Between Alignment and Washback? A Mixed-Methods Study of the Libyan EFL Context* (Tesis de doctorado). Carleton University.
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Al Amin, M. y Greenwood, J. (2018). The examination system in Bangladesh and its impact: on curriculum, students, teachers and society. *Language Testing in Asia*, 8(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40468-018-0060-9>
- Alda, F. L. (2016). *La biología en enseñanzas medias y primer curso de la Universidad: análisis de los currículos oficiales mediante ontologías semánticas* (Tesis de doctorado). Universidad de Zaragoza.
- Alderson, J. C. y Hamp-Lyons, L. (1996). TOEFL preparation courses: A study of washback. *Language testing*, 13(3), 280-297. <https://doi.org/10.1177/026553229601300304>
- Alderson, J. C. y Wall, D. (1993). Does washback exist? *Applied Linguistics*, 14(2), 115-129. <https://doi.org/10.1093/applin/14.2.115>
- Ali, M. y Hamid, O. (2020). Teaching English to the Test: Why Does Negative Washback Exist within Secondary Education in Bangladesh? *Language Assessment Quarterly*, 17(2), 129-146. <https://doi.org/10.1080/15434303.2020.1717495>
- Amengual, M. (2010). Exploring the washback effects of a high-stakes English test on the teaching of English in Spanish upper secondary schools. *Revista Alicantina de Estudios Ingleses/Alicante Journal of English Studies*, 23, 149-170. <https://doi.org/10.14198/raei.2010.23.09>
- Andrews, S., Fullilove, J. y Wong, Y. (2002). Targeting washback—a case-study. *System*, 30(2), 207-223. [https://doi.org/10.1016/S0346-251X\(02\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0346-251X(02)00005-2)
- Assessment and Qualifications Alliance (2007). *GCE. AS and A Level Specification. Chemistry*. AQA.

- Baird, J., Andrich, D., Hopfenbeck, T. N. y Stobart, G. (2017). Assessment and learning: fields apart? *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 24(3), 317-350. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2017.1319337>
- Baird, J. A., Hopfenbeck, T. N., Elwood, J., Caro, D. y Ahmed, A. (2014). Predictability in the Irish leaving certificate. *OUCEA Report*, 14(1).
- Banet, E. (2010). Finalidades de la educación científica en Educación Secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 199-214.
- Barnes, M. (2017). Washback: Exploring what constitutes “good” teaching practices. *Journal of English for Academic Purposes*, 30, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2017.10.003>
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher education*, 32(3), 347-364. <https://doi.org/10.1007/BF00138871>
- Biggs, J. (1999). What the Student Does: teaching for enhanced learning. *Higher Education Research & Development*, 18(1), 57-75. <https://doi.org/10.1080/0729436990180105>
- Black, P. J. (1994). Performance assessment and accountability: The experience in England and Wales. *Educational evaluation and policy analysis*, 16(2), 191-203. <https://www.jstor.org/stable/1164317>
- Buck, G. (1988). Testing listening comprehension in Japanese university entrance examinations. *JALT Journal*, 10, 15-42.
- Caamaño, A. (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12(1), 7-17. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.1.66360>
- Caamaño, A. (2011). La Química en el bachillerato: por una química en contexto. En *Física y química: complementos de formación disciplinar* (149-170). Secretaría General Técnica.
- Cañas, A., Lupión, T. y Nieda, J. (2014). Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de ciencias de la naturaleza de 2.º de la ESO en Andalucía. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 76, 63-70.

- Carone, M. (2001). Education in Ireland: Past Successes and Future Problems. *Ireland: Taking the Next Step*, 19(4). <https://preserve.lehigh.edu/perspectives-v19/4>
- Chapman, D. W. y Snyder, C. W. (2000). Can high stakes national testing improve instruction: reexamining conventional wisdom. *International Journal of Educational Development*, 20(6), 457-474. [https://doi.org/10.1016/S0738-0593\(00\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0738-0593(00)00020-1)
- Cheng, L. (1997). How does washback influence teaching? Implications for Hong Kong. *Language and education*, 11(1), 38-54.
- Cheng, L., Sun, Y., y Ma, J. (2015). Review of washback research literature within Kane's argument-based validation framework. *Language teaching*, 48(4), 436-470. <https://doi.org/10.1017/S0261444815000233>
- Clark, N. (2014). A guide to the GCE A level. *World Education News & Reviews*. <https://wenr.wes.org/2014/02/a-guide-to-the-gce-a-level>
- Daly, A. L., Baird, J. A., Chamberlain, S., y Meadows, M. (2012). Assessment reform: students' and teachers' responses to the introduction of stretch and challenge at A-level. *Curriculum Journal*, 23(2), 139-155. <https://doi.org/10.1080/09585176.2012.678683>
- Damankesh, M. y Babaii, E. (2015). The washback effect of Iranian high school final examinations on students' test-taking and test-preparation strategies. *Studies in Educational Evaluation*, 45, 2015, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2015.03.009>.
- Decreto 102/2008, de 11 de julio, del Consell, por el que se establece el currículo del bachillerato en la Comunitat Valenciana. Diario Oficial de la Comunidad Valenciana, núm. 5806, de 15 de julio de 2008, pp. 71303 a 71547. http://www.dogv.gva.es/datos/2008/07/15/pdf/2008_8761.pdf
- Decreto 115/2008, de 6 de junio, por el que se establece el currículo del Bachillerato en Extremadura. Diario Oficial de Extremadura, núm. 117, de 18 de junio de 2008, pp. 16359 a 16647. <https://www.unex.es/organizacion/gobierno/vicerrectorados/vicealumn/archivos/ficheros/pau/bachillerato-10-11/doe-curr-bach-08-pdf>

- Decreto 126/2008, de 19 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia. Diario Oficial de Galicia, núm. 120, de 23 de junio de 2008, pp. 12183 a 12330. https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2008/20080623/Anuncio2A94A_es.pdf
- Decreto 142/2008, de 15 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato. Diario Oficial de la Generalidad de Cataluña, núm. 5183, pp. 59042 a 59397. <https://sid.usal.es/idocs/F3/LYN14706/14706.pdf>
- Decreto 202/2008, de 30 de septiembre, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. Boletín Oficial de Canarias, núm. 204, de 10 de octubre de 2008, pp. 19542 a 19962. <http://www.gobiernodecanarias.org/boc/2008/204/boc-2008-204-001.pdf>
- Decreto 23/2009, de 3 de febrero, por el que se establece el currículo de Bachillerato y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Boletín Oficial del País Vasco, núm. 41, de 27 de febrero de 2009, pp. 1079 (1) a 1079 (606). <https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/2009/02/0901079a.pdf>
- Decreto 262/2008, de 5 de septiembre, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Boletín Oficial de la Región de Murcia, núm. 211, de 10 de septiembre de 2008, pp. 28023 a 28168. <https://www.borm.es/services/boletin/ano/2008/numero/211/pdf>
- Decreto 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León, núm. 111, de 11 de junio de 2008, pp. 11306 a 11380 <https://www.educa.jcyl.es/es/resumen-bocyl/decreto-42-2008-5-junio-establece-curriculo-bachillerato-co>
- Decreto 45/2008, de 27 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Diario Oficial de la Rioja, núm. 88, de 3 de julio de 2008, pp. 4699 a 4756. http://ias1.larioja.org/boletin/Bor_Boletin_visor_Servlet?referencia=11713910-1-X
- Decreto 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, núm. 152, de 27 de junio de 2008, pp. 6 a 84. http://www.bocm.es/boletin/CM_Boletin_BOCM/2008/06/27/15200.pdf

- Decreto 74/2008, de 31 de julio, por el que se establece el Currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Boletín Oficial de Cantabria, núm.156, de 12 de agosto de 2008, pp. 10943 a 11068. <https://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioAction.do?idAnuBlob=137342>
- Decreto 75/2008, de 6 de agosto, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato. Boletín Oficial del Principado de Asturias, núm. 196, de 22 de agosto 2008, pp. 18844 a 19056. <https://sede.asturias.es/bopa/2008/08/22/20080822.pdf>
- Decreto 82 /2008, de 25 de julio, por el cual se establece la estructura y el currículo del bachillerato en las Islas Baleares. Boletín Oficial de las Islas Baleares, núm. 106, de 1 de agosto de 2008, pp.106 a 212. <http://boib.caib.es/pdf/2008107/mp106.pdf>
- Decreto 85/2008, de 17 de junio, por el que se establece y ordena el currículo del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. Diario Oficial de Castilla-La Mancha, núm.128, Fasc. II, de 20 de junio de 2008, pp. 20271 a 20320. <https://docm.castillalamancha.es/portaldocm/verDisposicionAntigua.do?ruta=2008/06/20&idDisposicion=123062551338150934>
- Decreto Foral 49/2008, de 12 de mayo, por el que se establecen la estructura y el currículo de las enseñanzas del bachillerato en la Comunidad Foral de Navarra. Boletín Oficial de Navarra, núm. 70, de 6 de junio de 2008, pp. 6552 a 6643. <https://bon.navarra.es/es/anuncio/-/texto/2008/70/3/>
- Delors, J. (1996.): “Los cuatro pilares de la educación” en *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI*, Madrid, España: Santillana/UNESCO. pp. 91-103.
- Department for Education (2014). *GCE AS and A level subject content for biology, chemistry, physics and psychology*.
- Department of Education and Science (1999). *Leaving certificate chemistry syllabus*. Dublin, Government of Ireland. https://curriculumonline.ie/getmedia/7bdd3def-f492-432f-886f-35fc56bd3544/SCSEC09_Chemistry_syllabus_Eng.pdf
- Department of Education and Science (2004). *A brief description of the Irish education system*. Dublin, Government of Ireland.

- Dong, M. (2020). Structural relationship between learners' perceptions of a test, learning practices, and learning outcomes: A study on the washback mechanism of a high-stakes test. *Studies in Educational Evaluation*, 64, 100824.
<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2019.100824>
- Elwood, J. (2013). Educational assessment policy and practice: a matter of ethics. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 20(2), 205-220.
<https://doi.org/10.1080/0969594X.2013.765384>
- Ferrés-Gurt, C., Marbà Tallada, A. y Domènech-Casal, J. (2018). Características y resultados de la evaluación de la indagación científica en las pruebas de biología de acceso a la universidad. En *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: iluminando el cambio educativo* (pp. 1055-1060). Servicio de Publicaciones.
- Franco, R. (2016). *Análisis de las pruebas de acceso a la universidad en la asignatura de química y su incidencia en la actividad docente del profesorado de Bachillerato* (Tesis de doctorado). Universidad de Cádiz.
- García Laborda, J., Litzler, M. F., González Such, J., Bakieva, M. y Otero, N. (2012). Washback Factors and Inference Predictors in the Spanish University Examination: The OPENPAU Project (FFI2011-22442). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 5914-5918. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.004>
- García Monteagudo, D., Fuster García, C. y Souto González, X. M. (2017). Estrategias de resolución de problemas en la formación docente. Estudios de casos. *Revista de Investigación en Didáctica de las Ciencias Sociales*, 1, 132-147.
<https://doi.org/10.17398/2531-0968.01.132>
- Gebril, A. y Brown, G. T. L. (2014). The effect of high-stakes examination systems on teacher beliefs: Egyptian teachers' conceptions of assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21(1), 16-33.
<https://doi.org/10.1080/0969594X.2013.831030>
- George, D. y Mallery, P. (2019). *SPSS Statistics 25 Step by Step: A simple guide and reference*. Routledge.
- Great Britain (2000). *Learning and Skills Act 2000*, Chapter 21. TSO.

- Green, A. (2006). Washback to the learner: Learner and teacher perspectives on IELTS preparation course expectations and outcomes. *Assessing writing*, 11(2), 113-134. <https://doi.org/10.1016/j.asw.2006.07.002>
- Hatipoğlu, Ç. (2016). The impact of the university entrance exam on EFL education in Turkey: Pre-service English language teachers' perspective. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 232, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.038>
- Holme, J. J., Richards, M. P., Jimerson, J. B. y Cohen, R. W. (2010). Assessing the effects of high school exit examinations. *Review of Educational Research*, 80(4), 476-526. <https://doi.org/10.3102/0034654310383147>
- Jäger, D. J., Maag Merki, K., Oerke, B. y Holmeier, M. (2012). Statewide low-stakes tests and a teaching to the test effect? An analysis of teacher survey data from two German states. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 19(4), 451-467. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2012.677803>
- Khaniya, T. R. (1990). *Examinations as instruments for educational change: Investigating the washback effect of the Nepalese English exams* (Tesis de doctorado). University of Edinburgh, Scotland.
- Kühn, S.M. (2011). Exploring the use of statewide exit exams to spread innovation – The example of *Context* in science tasks from an international comparative perspective. *Studies in Educational Evaluation*, 37(4), 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2012.01.003>
- Johnson, J., Hayward, G. (2008). *Expert Group Report for Award Seeking Admission to the UCAS Tariff: Scottish Highers and Advanced Highers*. Cheltenham: UCAS.
- Kuramoto, N. y Koizumi, R. (2018) Current issues in large-scale educational assessment in Japan: focus on national assessment of academic ability and university entrance examinations. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(4), 415-433. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2016.1225667>
- Kwon, S.K., Lee, M., y Shin, D. (2015). Educational assessment in the Republic of Korea: lights and shadows of high-stake exam-based education system. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 24(1), 60-77. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2015.1074540>

- Lacave, C., Molina, A.I., Fernández, M. y Redondo, M.A. (2015). Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente. *XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática*, 237–244.
- Lam, H. P. (1994). Methodology washback-an insider's view. En *Bringing about change in language education: Proceedings of the International Language in Education Conference*, 83-102.
- Leung, K. C., Leung, F. K. y Zuo, H. (2014). A study of the alignment of learning targets and assessment to generic skills in the new senior secondary mathematics curriculum in Hong Kong. *Studies in Educational Evaluation*, 43, 115-132. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2014.09.002>
- Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. Boletín Oficial del Estado, núm. 238, de 4 de octubre de 1990, pp. 28927 a 28942. <https://www.boe.es/eli/es/lo/1990/10/03/1>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (2006). Boletín Oficial del Estado, núm. 106, de 4 de mayo de 2006, pp. 17158 a 17207. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2/con>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013, pp. 97858 a 97921. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>
- Ley 30/1974, de 24 de julio, sobre pruebas de aptitud para acceso a las Facultades, Escuelas Técnicas Superiores, Colegios Universitarios y Escuelas Universitarias. Boletín Oficial del Estado, núm. 178, de 26 julio de 1974, pp. 15458. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1974-1191>
- Linn, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240302>
- Liu, F. y Stapleton, P. (2014). Counterargumentation and the cultivation of critical thinking in argumentative writing: Investigating washback from a high-stakes test. *System*, 45, 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.system.2014.05.005>

- Liu, F. y Stapleton, P. (2015). Writing prompt convergence in high-stakes tests: Exploring rhetorical functions and objects of enquiry. *Studies in Educational Evaluation*, 47, 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2015.09.001>
- Long, R. (2017). *GCSE, AS, and A Level reform*. House of Commons Library Briefing Paper 06962. HMSO.
- López, R. y Monteagudo, J. (2016). La evaluación en las PAU de Historia del Arte: contenidos, ejercicios y capacidades cognitivas. *Revista Currículum*, 29, 51-61.
- Luxia, Q. (2007). Is testing an efficient agent for pedagogical change? Examining the intended washback of the writing task in a high-stakes English test in China. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 14(1), 51-74. <https://doi.org/10.1080/09695940701272856>
- Luzarraga Martín, J. M., Núñez Lozano, J. M. y Etxeberria Murgiondo, J. (2018). Análisis de las expectativas de los centros de Bachillerato de alta y baja eficacia escolar. Percepción de la Inspección Educativa. *Revista Complutense de Educación*, 29(4), 1075-1090. <https://doi.org/10.5209/RCED.54683>
- Martín, J. M. (2012). El conocimiento léxico en la sección de inglés de la Prueba de Acceso a la Universidad. *Revista de Educación*, 357, 129-142.
- Martone, A. y Sireci, S. G. (2009). Evaluating alignment between curriculum, assessment, and instruction. *Review of educational research*, 79(4), 1332-1361. <https://doi.org/10.3102%2F0034654309341375>
- Maué, E. (2016). Achievement—and what else? The standardisation of semester grades due to the implementation of state-wide exit examinations. *Studies in Educational Evaluation*, 51, 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.09.003>
- Ministry of Education (1951). *The Road to the Sixth Form*. Pamphlet No. 19. London: HMSO.
- Mizutani, S., Rubie-Davies, C., Hattie, J., y Philp, J. (2011). Do beliefs about NCEA and its washback effects vary depending on subject? *New Zealand Journal of Educational Studies*, 46(2), 47-59.
- Morrow, K. (1986). The evaluation of tests of communicative performance. *Innovations in language testing*, 3, 1-13.

- Muñoz-Repiso, M. y Murillo, F. J. (1997). Los resultados en la selectividad actual: algunas cuestiones a debate. *Revista de Educación*, 314, 29-48.
- Muñoz Vitoria, F. (1995). El acceso a la universidad en España: perspectiva histórica. *Revista de Educación*, 308, 31-61.
- Murillo, F. J. e Hidalgo, N. (2015). Dime cómo evalúas y te diré qué sociedad construyes. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 8(1), 5-9.
- Mutereko, S. (2017). The washback effect of the National Senior Certificate examinations: perceptions of teachers in Umgungundlovu District, South Africa. *The International Journal of Social Sciences and Humanity Studies*, 9(2), 126-142.
- Nuviala, A., Grao-Cruces, A., Teva-Villén, M. R., Pérez-Ordás, R. y Blanco-Luengo, D. (2016). Validez de constructo de la escala motivos de abandono de centros deportivos / Construct validity of the scale attrition sport centres. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 16 (61), 1-15.
<http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.61.001>
- OCDE (2003). *Definición y selección de competencias clave: Resumen ejecutivo*.
- Office of Qualifications and Examinations Regulator (2011). GCE AS and A-level Subject Criteria for Science. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/371182/11-10-18-gce-science.pdf
- Office of Qualifications and Examinations Regulator (2014). GCE AS and A level subject content for biology, chemistry, physics and psychology. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/593849/Science_AS_and_level_formatted.pdf
- Oliva, J. M. y Acevedo, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2(2), 241-250. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2105
- Oliva, J. M., Franco-Mariscal, R. y Gil-Montero, M. L. A. (2016). Las pruebas de acceso a la universidad y la inclusión de contenidos Ciencia-Tecnología-Sociedad en los currículos de Bachillerato. *Indagatio Didactica*, 8(1), 2074-2086.
<http://revistas.ua.pt/index.php/ID/article/view/4014/3696>

- Oliva, J. M., Franco-Mariscal R. y Gil Montero M. L. A. (2018). Influencia de las pruebas de acceso a la universidad en la metodología docente del profesorado de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(1), 1-17.
<https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.1.3197>
- Orden de 1 de julio de 2008, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad autónoma de Aragón. Boletín Oficial de Aragón, núm. 105, de 26 de agosto 2008, pp. 13919 a 14149. <http://www.educaragon.org/FILES/Orden1dejulio2008.pdf>
- Orden de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 169, de 26 de agosto 2008, pp. 98 a 222. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2008/169/boletin.169.pdf>
- Panadero, E., Brown, G. y Courtney, M. (2014): Teachers' reasons for using self-assessment: a survey self-report of Spanish teachers. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21:4, 365-383.
<https://doi.org/10.1080/0969594X.2014.919247>
- Popham, W. (1987). The Merits of Measurement-Driven Instruction. *The Phi Delta Kappan*, 68(9), 679-682.
- Proyecto de Ley Orgánica por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial de las Cortes Generales, núm. 49-1, de 22 de febrero de 2019. http://www.congreso.es/public_oficiales/L12/CONG/BOCG/A/BOCG-12-A-49-1.PDF
- QCA (2006). GCE AS and A Level Subject Criteria for Science. *Qualifications and Curriculum Authority*. https://dera.ioe.ac.uk/8272/1/qca-06-2864_science.pdf
- Ramezaney, M. (2014). The Washback Effects of University Entrance Exam on Iranian EFL Teachers' Curricular Planning and Instruction Techniques. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 98, 1508-1517.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.572>

- Read, J. y Hayes, B. (2003). The impact of IELTS on preparation for academic study in New Zealand. *IELTS International English Language Testing System Research Reports*, 4, 153-206.
- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, núm. 266, de 6 de noviembre de 2007, pp. 45381 a 45477. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19184>
- Real Decreto 1892/2008, de 14 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para el acceso a las enseñanzas universitarias oficiales de grado y los procedimientos de admisión a las universidades públicas españolas. Boletín Oficial del Estado, núm. 283, de 24 de noviembre de 2008, pp. 46932 a 46946. <https://boe.es/buscar/pdf/2008/BOE-A-2008-18947-consolidado.pdf>
- Real Decreto-ley 5/2016, de 9 de diciembre, de medidas urgentes para la ampliación del calendario de implantación de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, núm. 298, de 10 de diciembre de 2016, 86168 a 86174. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-11733
- Rebollo, L. F y Nieda, J. (2005). Las pruebas de acceso a la universidad en la asignatura de ciencias de la tierra y del medio ambiente en la comunidad de Madrid. Análisis de las pruebas y evaluación de los resultados de los alumnos y su incidencia en la mejora de la práctica docente y el aprendizaje. *Pulso: revista de educación*, (28), 25-54.
- Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. Diario Oficial de la Unión Europea, núm. 394, pp. 10 a 18. <http://data.europa.eu/eli/reco/2006/962/oj>
- Rind, I. A. y Mari, M. A. (2019). Analysing the impact of external examination on teaching and learning of English at the secondary level education. *Cogent Education*, 6(1), 1574947. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1574947>
- Rodríguez-Muñiz, L. J., Díaz, P., Mier, V., y Alonso, P. (2016). Washback Effect of University Entrance exams in Applied Mathematics to Social Sciences. *PLoS ONE*, 11(12): e0167544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167544>

- Ruiz de Gauna, J., Dávila, P., Etxeberria, J. y Sarasua, J. (2013). Pruebas de selectividad en matemáticas en la UPV-EHU. Resultados y opiniones de los profesores. *Revista de educación*, 362, 217-246.
- Ruiz-Hidalgo, J. F., Herrera, M. E. y Velasco, M. V. (2019). Tareas de cálculo en las pruebas de acceso a la Universidad. *Revista de educación*, 386, 137-164.
- Ruiz Lázaro, J. y González Barbera, C. (2017). Análisis de la Prueba de Lengua Castellana y Literatura que da acceso a la universidad: comparación entre las comunidades autónomas. *Bordón. Revista de pedagogía*, 69(3), 175-195.
- Sadeghi, S., y Ketabi, S. (2014). High-stake test preparation courses: Washback in accountability contexts. *Journal of Education & Human Development*, 3(1), 17-26.
- Saif, S., Ma, J., May, L. y Cheng, L. (2019): Complexity of test preparation across three contexts: case studies from Australia, Iran and China. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 1-18.
<https://doi.org/10.1080/0969594X.2019.1700211>
- Sanmartí, N. (2003). Evaluación externa: ¿por qué y para qué? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 10(37), 9-18.
- Smith, M. L. (1991). Meanings of test preparation. *American Educational Research Journal*, 28(3): 521, 42. <https://doi.org/10.2307/1163147>
- Shohamy, E., Donitsa-Schmidt, S. y Ferman, L. (1996). Test impact revisited: Washback effect over time, *Language Testing*, 13, 298-317.
<https://doi.org/10.1177/026553229601300305>
- Souto, X. M. (2011). Las PAU de Geografía: ¿un obstáculo o una oportunidad? En *La evaluación en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias sociales*, 271-284. Asociación Universitaria de Profesores de Didáctica de las Ciencias Sociales.
- Spratt, M. (2005). Washback and the classroom: the implications for teaching and learning of studies of washback from exams. *Language Teaching Research*, 9(1), 5-29.
<https://doi.org/10.1191/1362168805lr152oa>
- Sultana, N. (2018). Investigating the relationship between washback and curriculum alignment: A literature review. *Canadian Journal for New Scholars in Education/Revue canadienne des jeunes chercheurs et chercheurs en éducation*, 9(2).

- Tejada, H. y Castillo, N. (2010). El *Backwash Effect* o los “efectos colaterales” del examen ECAES, Prueba de inglés 2009. Un análisis crítico. *Lenguaje*, 38(2), 449-480. <https://doi.org/10.25100/lenguaje.v38i2.4921>
- Wall, D. (2000). The impact of high-stakes testing on teaching and learning: can this be predicted or controlled? *System*, 28(4), 499-509. [https://doi.org/10.1016/S0346-251X\(00\)00035-X](https://doi.org/10.1016/S0346-251X(00)00035-X)
- Wall, D. y Horák, T. (2007). Using baseline studies in the investigation of test impact, *Assessment in Education*, 14 (1), 99-116, <https://doi.org/10.1080/09695940701272922>
- Wang, J. (2011). *A Study of the Role of the 'teacher Factor' in Washback* (Tesis de doctorado). McGill University.
- Watanabe, Y. (2000). Washback effects of the English section of Japanese entrance examinations on instruction in pre-college level EFL. *Language Testing Update*, 27 (2), 42-47.
- Witte, D. y Beers, K. (2003). Testing of chemical literacy (chemistry in context in the Dutch National examinations). *Chemical Education International*, 4(1), 1-15.
- Xie, Q. (2015). Do component weighting and testing method affect time management and approaches to test preparation? A study on the washback mechanism. *System*, 50, 56-68. <https://doi.org/10.1016/j.system.2015.03.002>
- Yongqi Gu, P. (2014). The unbearable lightness of the curriculum: what drives the assessment practices of a teacher of English as a Foreign Language in a Chinese secondary school? *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21(3), 286-305. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2013.836076>

ANEXO

CUESTIONARIO PARA PROFESORADO DE QUÍMICA DE BACHILLERATO: RELACIÓN ENTRE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DE BACHILLERATO Y LAS PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

1. Valore de 1 a 5 la importancia (1 = muy poca, 5 = mucha) que, en su opinión, DEBERÍA CONCEDERSE en la enseñanza de la química en bachillerato a:
 - a. Adquirir los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química.
 - b. Relacionar los modelos y teorías estudiados con las propiedades de las distintas sustancias.
 - c. Utilizar los conceptos y leyes estudiados para interpretar a nivel atómico-molecular distintos tipos de procesos químicos.
 - d. Utilizar los conceptos y leyes estudiados para resolver ejercicios y problemas que involucren distintos tipos de procesos químicos.
 - e. Comprender y utilizar adecuadamente la nomenclatura y la representación simbólica de procesos químicos.
 - f. Adquirir y poder aplicar a la química las estrategias básicas de la actividad científica.
 - g. Familiarizarse con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y conocer algunas técnicas específicas, de acuerdo con las normas de seguridad de sus instalaciones.
 - h. Obtener y ampliar información procedente de diferentes fuentes y saber evaluar su contenido.
 - i. Conocer y valorar la evolución histórica de las leyes y teorías químicas.
 - j. Comprender el papel de la química en la vida cotidiana y su contribución a la mejora de la calidad de vida, valorando los problemas que sus aplicaciones pueden generar.
 - k. Reconocer los principales retos a los que se enfrenta la investigación química en la actualidad.
 - l. Otro:

Si lo desea, puede comentar su respuesta:

2. Valore de 1 a 5 la importancia (1 = muy poca, 5 = mucha) que, basándose en su experiencia, SE CONCEDE EN LAS PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD de química a:
- Conocer los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química.
 - Aplicar los modelos y teorías estudiadas a la interpretación de las propiedades de las distintas sustancias.
 - Interpretar a nivel atómico-molecular los distintos tipos de procesos químicos.
 - Resolver ejercicios y problemas que involucren distintos tipos de procesos químicos.
 - Formular y nombrar correctamente los principales compuestos inorgánicos y orgánicos y representar los procesos estudiados mediante ecuaciones químicas.
 - Emitir hipótesis fundamentadas para explicar un fenómeno químico y analizar resultados experimentales.
 - Conocer el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y algunas técnicas específicas, así como las normas de seguridad de sus instalaciones.
 - Analizar textos de temática científica procedentes de diferentes fuentes y evaluar su contenido.
 - Conocer las insuficiencias de los distintos modelos y teorías estudiadas que condujeron a la necesidad de nuevos marcos conceptuales.
 - Conocer algunas aplicaciones de la química en la vida cotidiana y en procesos industriales y valorar sus implicaciones en la salud, la economía y el medioambiente.
 - Conocer los principales campos de la investigación química en la actualidad y valorar su importancia.
 - Otro:

Si lo desea, puede comentar su respuesta:

3. Valore de 1 a 5 la importancia (1 = muy poca, 5 = mucha) que CONCEDE USTED EN SUS CLASES de química de bachillerato a:
- Desarrollo de los conceptos, leyes, modelos y teorías más importantes de la química.
 - Interpretación de las propiedades de las distintas sustancias.
 - Interpretación a nivel atómico-molecular de los distintos tipos de procesos químicos.

- d. Resolución de ejercicios y problemas que involucren distintos tipos de procesos químicos.
 - e. Utilización del lenguaje químico para formular y nombrar compuestos inorgánicos y orgánicos y representar procesos mediante ecuaciones químicas.
 - f. Análisis de fenómenos químicos con emisión de hipótesis y análisis de los resultados.
 - g. Conocimiento del uso del instrumental básico de un laboratorio químico, técnicas específicas y normas de seguridad de sus instalaciones.
 - h. Uso crítico de diversas fuentes para obtener y ampliar información.
 - i. Reconocimiento de las insuficiencias de las leyes y teorías químicas que condujeron a la necesidad de nuevos marcos conceptuales.
 - j. Aplicaciones de la química en la vida cotidiana y en procesos industriales y valoración de sus implicaciones en la salud, la economía y el medioambiente.
 - k. Retos a los que se enfrenta la investigación química en la actualidad.
 - l. Otro:
Si lo desea, puede comentar su respuesta:
4. En el caso de que conceda en sus clases a algunos de los apartados de la pregunta anterior, valore de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo) los motivos que explican su elección:
- a. Prefiero priorizar los contenidos que se evalúan en las pruebas de acceso a la universidad.
 - b. Los considero poco importantes.
 - c. Echo de menos una formación más específica para tratar dichos contenidos.
 - d. En los libros de texto no se tratan dichos contenidos adecuadamente.
 - e. No encuentro recursos interesantes para desarrollarlos.
 - f. Mi centro carece de dotación adecuada para desarrollar trabajo de tipo experimental.
 - g. En niveles preuniversitarios considero que debo centrarme en el desarrollo de teorías y conceptos y en la realización de problemas de cara a estudios posteriores.
 - h. Otro:
Si lo desea, puede comentar su respuesta:

5. Indique si suele realizar algunas de las siguientes actividades en sus clases de química de 2.º de bachillerato y, en caso afirmativo, con qué frecuencia (nunca o casi nunca/una o dos veces a lo largo del curso/una o dos veces cada trimestre/tres o más veces cada trimestre):

- a. Realización de experiencias de laboratorio guiadas.
- b. Pequeñas investigaciones en el laboratorio (diseño de experiencias).
- c. Experiencias de cátedra.
- d. Laboratorios virtuales.
- e. Visualización de vídeos.
- f. Trabajos de búsqueda de información sobre un tema usando TIC.
- g. Exposición oral de un grupo de alumnos al resto de la clase.
- h. Debates sobre temas científicos de interés social.
- i. Otra:

Si lo desea, puede comentar su respuesta:

6. Indique si suele realizar algunas de las siguientes actividades en sus clases de química de 1.º de bachillerato (en caso de que imparta la asignatura de física y química en este nivel) y, en caso afirmativo, con qué frecuencia (nunca o casi nunca/una o dos veces a lo largo del curso/una o dos veces cada trimestre/tres o más veces cada trimestre):

- a. Realización de experiencias de laboratorio guiadas.
- b. Pequeñas investigaciones en el laboratorio (diseño de experiencias).
- c. Experiencias de cátedra.
- d. Laboratorios virtuales.
- e. Visualización de vídeos.
- f. Trabajos de búsqueda de información sobre un tema usando TIC.
- g. Exposición oral de un grupo de alumnos al resto de la clase.
- h. Debates sobre temas científicos de interés social.
- i. Otra:

Si lo desea, puede comentar su respuesta:

7. ¿Con qué frecuencia (en todas las clases/dos o tres veces por semana/una vez por semana/menos de una vez por semana) suelen realizar sus alumnos de 2.º de bachillerato ejercicios o problemas propuestos en las pruebas de acceso a la universidad de años anteriores?

Si lo desea, puede comentar su respuesta:

8. ¿Qué porcentaje aproximado (menos del 40% /del 40 al 60 % /del 60 al 80% /más del 80%) de las preguntas que formula en exámenes y controles de 2.º de bachillerato son iguales o muy similares a las propuestas en las pruebas de acceso a la universidad?

Si lo desea, puede comentar su respuesta:

9. Datos de identificación:

- a. Sexo (mujer/hombre)
- b. Edad (menor de 35 años/de 35 a 55 años/mayor de 55 años)
- c. Años de experiencia (menos de 5 años/entre 5 y 15 años/más de 15 años)
- d. Titularidad del centro (público/privado)
- e. Distrito universitario al que pertenece su centro (Andalucía/Aragón/Asturias...)
- f. Número de habitantes de la localidad en la que imparte clases (menos de 5000/de 5000 a 50000/de 50000 a 500000/más de 500000)