

## Conferencia plenaria

---

### Aportes de la investigación en la enseñanza-aprendizaje de la química para afrontar los desafíos de la universidad del siglo XXI

---

RECIBIDO: 10/06/10

ACEPTADO: 10/08/10

**Benarroch Benarroch, A.**

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.  
Facultad de Educación y Humanidades. 52071 - Melilla.  
Universidad de Granada. España. Email: aliciabb@ugr.es

**Conferencia de clausura en las VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales sobre Enseñanza Universitaria de la Química.**

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral.  
Santa Fe, Argentina, 9-11 de junio de 2010

**RESUMEN:** Tras muchos años de inmovilismo en la enseñanza de la química en la universidad, el Espacio Europeo de Educación Superior y su análogo para América Latina y Países del Caribe (ALCUE), plantean retos y desafíos de carácter urgente. En esta ponencia se fundamentan cuáles son esos cambios y cómo deben ser afrontados según la investigación sobre la enseñanza-aprendizaje de la química. Concretamente, la discusión versa sobre los cambios asociados a: A) El nuevo concepto de formación en competencias; B) El tipo de alumnado; C) Una "nueva" naturaleza de la química; D) Los modelos de enseñanza-aprendizaje y, por último, E) Las nuevas tendencias curriculares. Se concluye que los cambios no son fáciles, que sus

direcciones están apenas esbozadas y que, en consecuencia, se requiere más investigación para afrontarlos de modo más fundamentado.

**PALABRAS CLAVE:** enseñanza de la química, espacio europeo de educación superior, cambios.

**SUMMARY:** *Contributions of research in the teaching-learning of chemistry to meet the challenges of the higher education in the twenty-first century*

After many years of stagnation in the teaching of chemistry at the university, the European Higher Education Area and its analogous for Latin America and Caribbean Countries (ALCUE), demand urgent challenges. This paper is discussed what those changes and

how they should be dealt with according to research on teaching and learning of chemistry. Specifically, the discussion is about changes associated with: A) The new concept of competence; B) The type of students, C) A “new” nature of the chemistry, D) Models of teaching and learning, and finally, E) The new curriculum

trends. We conclude that the changes are not easy, that their addresses are just outlined, and that therefore more research is needed to address them in a more informed way.

**KEYWORDS:** teaching of chemistry, European Higher Education Area, challenges.

## ÍNDICE

1. Algunos desafíos de la Universidad del Siglo XXI
2. ¿Qué datos hay acerca de la Enseñanza de la Química en la Universidad? ¿son confortables? ¿por qué cambiar?
3. Retos y oportunidades asociados a una enseñanza por competencias. Hacia una enseñanza más exigente
4. Retos y oportunidades asociados a una universidad masiva y de calidad. ¿es posible? ¿Qué direcciones de cambio podrían ser más efectivas?
  - De un alumnado de élite a un alumnado diverso
  - De una química simbólica a una química compleja y problematizante
  - De un modelo de enseñanza-aprendizaje yuxtapuesto a un modelo de enseñanza por investigación
  - De un currículum extenso, fragmentado y conceptual a un currículum básico y fundamentado en la resolución de problemas
5. Conclusiones
6. Referencias bibliográficas

## INDEX

1. Some challenges of the XXI Century University
2. What data is there about the Teaching of the Chemistry in the University? Are they comfortable? Why to change?
3. Challenges and opportunities associated with a teaching for competences. Toward a more demanding teaching.
4. Challenges and opportunities associated with a massive and high-quality university. Is this possible? Which addresses of change could be more effective?
  - From an elite students to a diverse students
  - From a symbolic chemistry to a complex and problematic chemistry.
  - From a teaching-learning model juxtaposed to a teaching model by investigation
  - From an extensive, fragmented and conceptual curriculum to a basic curriculum based on problems resolution.
5. Conclusions
6. References

## 1. Algunos desafíos de la universidad del siglo XXI

Comenzaré contando una historia de monos...

Un grupo de científicos encerró a cinco monos en una jaula, en cuyo centro colocaron una escalera y, sobre ella, un montón de plátanos. Cuando uno de los monos subía la escalera para agarrar los plátanos los científicos lanzaban un chorro de agua fría sobre los que se quedaban en el suelo.

Pasado algún tiempo, los monos aprendieron la relación entre la escalera y el agua, de modo que cuando un mono iba a subir la escalera, los otros lo molían a palos. Después de haberse repetido varias veces la experiencia, ningún mono osaba subir la escalera, a pesar de la tentación de los plátanos.

Entonces, los científicos sustituyeron a uno de los monos por otro nuevo. Lo primero que hizo el mono novato nada más ver los plátanos fue subir la escalera. Los otros, rápidamente, le bajaron y le pegaron antes de que saliera el agua fría sobre ellos. Después de algunas palizas, el nuevo integrante del grupo nunca más subió por la escalera. Un segundo mono fue sustituido, y ocurrió lo mismo con el que entró en su lugar. El primer sustituido participó con especial entusiasmo en la paliza al nuevo. Un tercero fue cambiado, y se repitió el suceso. El cuarto, y finalmente el quinto de los monos originales fueron sustituidos también por otros nuevos.

Los científicos se quedaron con un grupo de cinco monos que, a pesar de no haber recibido nunca una ducha de agua fría, continuaban golpeando a aquél que intentaba llegar hasta los plátanos.

Si fuera posible preguntar a alguno de ellos por qué pegaban con tanto ímpetu al

que subía por los plátanos, con certeza ésta sería la respuesta: «No lo sé. Aquí, las cosas siempre se han hecho así».

Es una historia conocida. Una buena parte de la enseñanza en las enseñanzas secundarias y en la universidad se realiza sin cuestionamientos. Llevamos más de 30 años de investigación sobre la enseñanza-aprendizaje de la química y se ha avanzado mucho en el conocimiento sobre ella...pero seguimos sin cambiar nada. En las universidades, en general, y en las de química en particular, se continúa enseñando a la antigua usanza, sin que haya otro argumento que "siempre ha sido así".

Sin embargo, la institución universitaria debería estar en proceso de cambio. En el año 2010 culmina el proceso de convergencia europeo conocido con el nombre de "Plan de Bolonia" o "Espacio Europeo de Educación Superior" (EEES). Con él, todas las instituciones universitarias de 46 países europeos habrán debido adaptar sus enseñanzas a las nuevas demandas que se han ido marcando a lo largo de estos años. El proyecto surge el 25 de mayo de 1998, cuando los Ministros de Educación de Francia, Alemania, Italia y Reino Unido firmaron la conocida Declaración de la Sorbona. Se plantea como objetivos prioritarios:

1. Ser *competitivo*, frente a la oferta de EEUU, para mantener a nuestros jóvenes y ser una oferta atractiva para los jóvenes asiáticos, africanos y latinoamericanos que busquen estudiar en el extranjero.

2. Favorecer la *movilidad* de estudiantes, titulados, profesores y pas, para lo cual los títulos han de ser reconocidos mutuamente entre sí, esto es, deben tener una duración similar, en cuanto a la carga en créditos de trabajo que se le exige al estudiante.

3. Ser *transparente*, lo que se traduce en páginas web en varios idiomas, con todos los elementos del plan de estudios, incluidas las guías docentes de las asignaturas y materias.

4. *Garantizar la calidad* de los estudios que se ofrecen al estudiante, lo que ha dado lugar a una red de agencias de calidad europeas (ENQA), nacionales (ANECA) y autonómicas.

Los cambios institucionales en el proceso de reforma universitario no pueden conseguir por sí solos el objetivo último pretendido para Europa: *“convertirse en la economía más competitiva y dinámica del mundo basada en el conocimiento, capaz de sustentar el crecimiento económico y crear un mayor número de puestos de trabajo de mejor calidad y una mayor cohesión social.”* (Consejo Europeo de Lisboa). Desde los comienzos del proceso se sabe que si estos cambios institucionales no van acompañados de los cambios docentes, la reforma pasará a ser papel mojado. Los retos pedagógico-docentes más importantes son (1):

1. Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante, que tiene como objetivos el alcance de ciertas competencias básicas que éste ha de adquirir; donde el profesor ha de cambiar su tradicional papel de transmisor para transformarse en un verdadero orientador y guía del aprendizaje de sus alumnos; potenciador del trabajo en equipo, de la discusión y la argumentación, la reflexión y la capacidad de metaaprendizaje en sus alumnos, etc. en el que la evaluación es el elemento regulador de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. Trabajo en equipo. En el nuevo modelo de enseñanza, el profesor universitario pierde autonomía en el sentido clásico de libertad de cátedra. La tarea que ha de desarro-

llar el profesor en el marco del EEES no es una tarea que pueda realizarla en solitario: es una tarea colectiva del profesorado que imparte docencia en una titulación y que exige el entendimiento y coordinación de todo el equipo docente. Concretamente, se han de establecer unas relaciones permanentes intradisciplinarias e interdisciplinarias (2).

- A nivel intradisciplinar, todas las áreas de conocimiento han de concretar la guía docente de las diferentes asignaturas que imparten en las diferentes titulaciones en una Universidad. La docencia no es de cada profesor sino del área de conocimiento y ésta ha de procurar concretar la guía de cada asignatura según la especificidad y competencias que aporta dicha asignatura a la titulación concreta, independientemente del profesor responsable de impartirla.

- A nivel interdisciplinar, en cada titulación deben coordinarse los docentes que imparten cada asignatura para conocer los contenidos de los programas que van a impartir, evitando así repeticiones o lagunas innecesarias, y planificar las diferentes actividades metodológicas y de evaluación que van a realizar en el desarrollo de los mismos.

3. Atención tutorial. La actividad orientadora y tutorial del profesorado se inserta en su docencia y en las guías docentes programadas. En ellas, han de figurar las tareas, responsabilidades y estrategias de orientación, las tutorías personalizadas, los seminarios grupales, y, en general, todas las actividades que el equipo docente considere necesarias para la consecución del alcance de los resultados esperados del aprendizaje.

4. Incorporación de las nuevas tecnologías. Éstas también se insertan en el proceso de enseñanza-aprendizaje formando un conjunto único de medios y dispositivos al alcance de los estudiantes. Diferentes ele-

mentos podemos encontrarnos y que van desde el uso del correo electrónico como medio de contacto más constante con el alumno hasta el uso de otros elementos más complejos como pueden ser páginas web, plataformas de apoyo a la docencia como es el caso del SWAD (Sistema Web de Apoyo a la Docencia) en la Universidad de Granada, o Plataformas virtuales de educación, como la plataforma MOODLE en la Universidad de Granada.

Esto ha supuesto durante los cursos pasados, al menos en el contexto español, una fuerte inversión de las universidades en experiencias piloto de implantación de los créditos europeos, en planes de innovación docentes, proyectos de innovación tutoriales y de mentorización, etc. que han tratado de acercar las enseñanzas universitarias a las demandadas por este espacio europeo.

El EEES finaliza su construcción en el año 2010 y, en consecuencia, en octubre de este año no se podrá impartir un plan de estudios en el suelo español que no haya sido verificado por la ANECA.

Paralelamente, también ha comenzado la estructuración de un Espacio Común para América Latina y países del Caribe (ELES) auspiciado por la Unión Europea, en el marco del más general espacio de colaboración ALCUE que, aunque aún carezca de fecha de concreción y de un marco político claramente acordado, va recorriendo un camino de llegar a consensos básicos en el marco de la educación superior, muy semejante al ya recorrido por el Espacio Europeo. Según el Tuning Project (3) para América Latina, los grandes ejes de debate en torno a los cuales se está desarrollando este Espacio de Educación Superior son:

- El paradigma de una educación primordialmente centrada en el estudiante.

- El desarrollo de la tarea pedagógica en forma transversal y transdisciplinar.

- La concepción de una educación de calidad, pertinente y transparente.

- Los debates sobre la duración de las carreras y las nuevas modalidades de enseñanza a distancia y virtuales.

- Los requerimientos para el desarrollo de un Espacio Común Universitario, que incluya a Latinoamérica, el Caribe y Europa, tal y como lo expresan los objetivos y metas del Espacio ALCUE y las Cumbres Iberoamericanas.

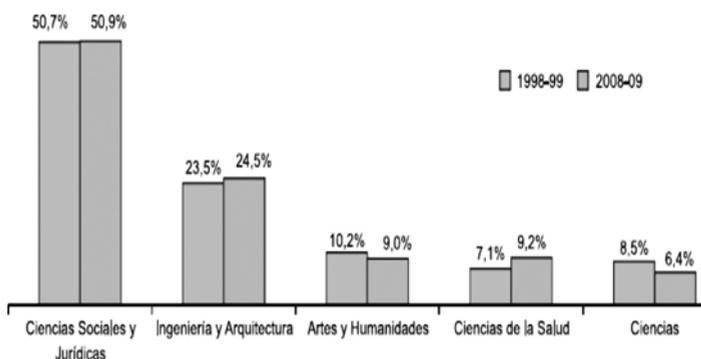
Se ha acordado que para el 2015 deben estar las bases de este Espacio Común ELES, que garanticen la colaboración mutua, el reconocimiento de títulos, la movilidad, etc. entre los países miembros. La materialización de este Espacio Común para América Latina y Países del Caribe se realiza a través de distintos frentes. Uno de los más importantes es el proyecto alfa en el que interviene la Universidad de Granada, junto a otros socios españoles y europeos y 32 instituciones pertenecientes a 17 países de Latinoamérica.

Planteados de modo forzosamente sucinto los desafíos de la universidad del Siglo XXI, la pregunta que nos hacemos en esta ponencia es: ¿cómo afectan a la enseñanza de la química? ¿qué aportes nos proporciona la investigación sobre enseñanza-aprendizaje de la química para afrontar estos desafíos? Y antes de nada ¿por qué hay que cambiar? ¿qué datos hay acerca de la enseñanza de la química en la universidad? ¿son confortables?

**2. ¿Qué datos hay acerca de la enseñanza de la química en la universidad? ¿son confortables? ¿por qué cambiar?**

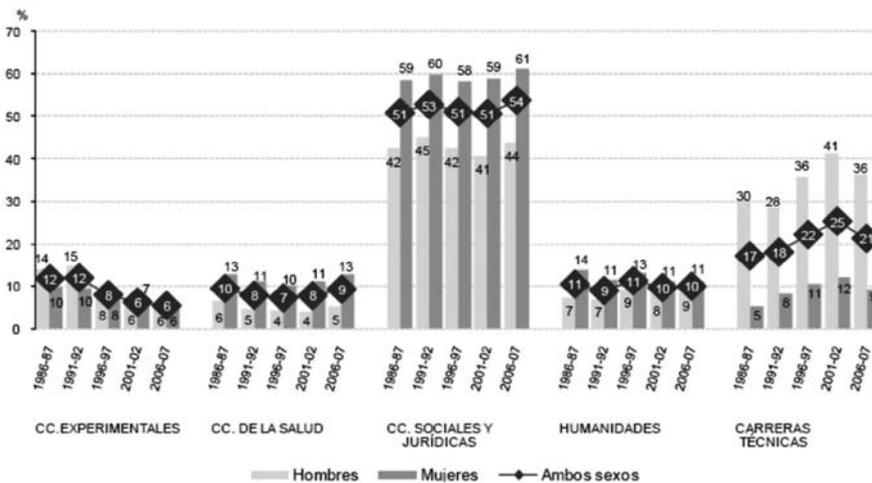
Numerosos estudios ponen de manifiesto que la enseñanza de la química en la universidad está en crisis y esto no parece asociado a la disponibilidad de recursos de infraestructura, económicos o tecnológicos para la enseñanza, ya que incluso en los países más desarrollados no se logra despertar el interés de los alumnos.

Efectivamente, en la última década se registra un continuo descenso en la matrícula de estudiantes universitarios de química. Por ejemplo, en España, según estadísticas del propio Ministerio de Educación (4), durante el curso 2008-09, sólo el 6,4% de los nuevos estudiantes universitarios ingresaron en ciencias experimentales (Figura 1) y



**Figura 1:** Porcentaje del alumnado de nuevo ingreso en la universidad por rama de enseñanza. Cursos 1998-99 y 2008-09 (4).

**Figura 2:** Evolución de la distribución porcentual del alumnado de nuevo ingreso en la universidad por rama de enseñanza y sexo (5).



si se analiza la tasa de variación en la última década, se ve que la tendencia es la de ir disminuyendo progresivamente (T.V. anual -4,1%). Evidentemente, esta tendencia a la baja no se produce en otras ramas de las ciencias, algunas de las cuales también requieren de conocimientos químicos, como las ciencias de la salud (ver Figura 2 donde se muestra la variación de la distribución porcentual en las dos últimas décadas para las distintas ramas de enseñanza) (5).

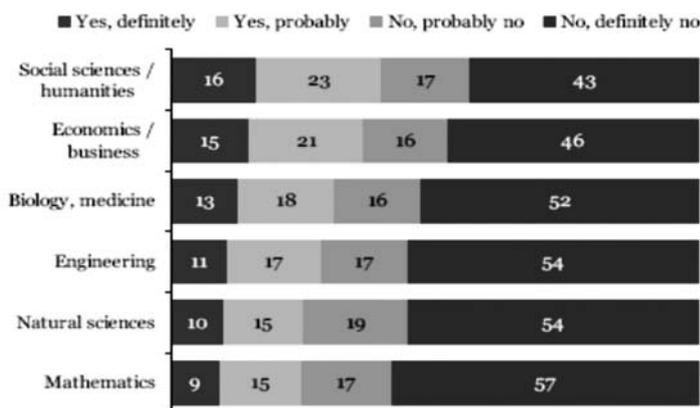
Por si se piensa que el motivo de la baja demanda en ciencias experimentales se debe a otras ciencias y no a la química, en otro estudio del propio Ministerio de Educación (6) se concreta que la Licenciatura de Química es una de las cuatro de las Ciencias Experimentales que ha vuelto a originar un descenso de matrícula, tasado en el último año en el 2,2%.

Asimismo, es necesario aclarar que el descenso en la demanda de la titulación de Química no hay que adjudicarlo a la falta de salidas profesionales. La titulación de Licenciado en Química aparece de forma constante como una de las más demandadas en el mercado laboral en cualquiera de los in-

formes sobre inserción laboral publicados en los últimos años. Así, en el reciente informe Infoempleo (7) español, la Licenciatura en Química ocupa el puesto número 15 por demanda de empleo, de un total de unas 120 titulaciones universitarias. Es además la quinta de las demandadas por el sector de la industria farmacéutica y la séptima del sector alimentario e industrial, lo que hace de estos estudios una inversión bien rentabilizada en términos profesionales, al menos en el contexto español.

Las deprimidas demandas universitarias están bastante bien correlacionadas con los intereses y motivaciones de los estudiantes de secundaria que son los potenciales pretendientes de los estudios de química. Algunos datos son:

- Recientemente, el eurobarómetro Flash sobre “Young People and Science” (número 239), realizado en 2008 (8) para conocer el interés de los jóvenes entre 15 y 25 años (N = 25000 pertenecientes a 27 países europeos) sobre ciencia y tecnología muestra que las ciencias sociales, las empresariales y económicas, la biología y la medicina, gozan de mejor aceptación entre los jóvenes



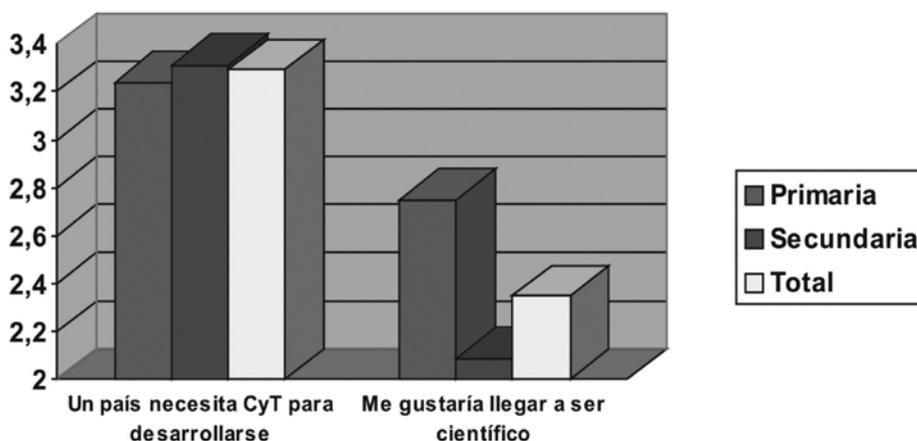
**Figura 3:** Porcentajes de respuestas de los jóvenes europeos ante la cuestión “Estas pensando estudiar en los siguientes campos?” (8).

que las ingenierías, las ciencias naturales y las matemáticas. Concretamente, en la Figura 3 se muestra los porcentajes de respuestas obtenidos ante la cuestión ¿Estás pensando estudiar en los siguientes campos? y se observa que tan sólo el 25% se plantea la probabilidad de hacerlo en ciencias naturales, porcentaje inferior al de las

restantes ciencias y únicamente superior al obtenido para las matemáticas.

- En un interesante estudio de Vázquez y Manassero (9), se confirma la hipótesis del deterioro de las actitudes relacionadas con la ciencia a medida que crece la edad de los estudiantes españoles. Del mismo, se han seleccionado dos ítems, a saber: “Un

**Figura 4:** Medias de las respuestas de los estudiantes agrupados por nivel educativo a dos ítems (Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de Vázquez y Manassero (9)).

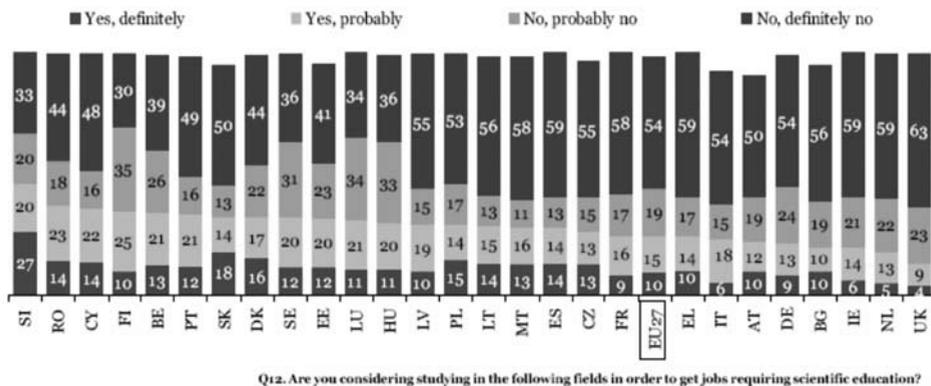


país necesita Ciencia y Tecnología para desarrollarse” ( $N_{\text{total}} = 682$  con 219 de primaria y 413 de secundaria) y “Me gustaría llegar a ser científico” ( $N_{\text{total}} = 625$  con 214 de primaria y 411 de secundaria). Sus resultados se muestran en la Figura 4, y se confirma que, si bien los alumnos van siendo cada vez más conscientes de las necesidades de la Ciencia y la Tecnología para el desarrollo de un país, sus expectativas para contribuir personalmente a ello van disminuyendo progresivamente.

- Como se dijo al principio de este apartado, el declive de las actitudes de los jóvenes hacia las ciencias escolares es una

constante en los estudios realizados en distintos países del mundo independientemente de la disponibilidad de medios económicos y tecnológicos disponibles. Incluso más, estos trabajos sugieren que los estudiantes de los países occidentales más desarrollados tienen actitudes generales hacia la ciencia más negativas que los estudiantes homólogos de los países en desarrollo. A esta conclusión se llegó en el estudio comparativo realizado sobre más de 40 países de los 5 continentes por el proyecto ROSE (10). Asimismo, en el Eurobarómetro al que anteriormente hicimos referencia (8), los resultados comparados entre países eu-

**Figura 5:** Porcentajes de respuestas de los jóvenes de 27 países europeos ante la cuestión “¿Estas pensando estudiar ciencias naturales?” (8).



ropeos muestran la misma tendencia, con excepciones dignas de ser consideradas y que sugieren la influencia de factores culturales y sociales que actuarían como variables moduladoras de las actitudes hacia la ciencia escolar (Figura 5).

A las mismas conclusiones se ha llegado desde trabajos realizados en el Reino Unido (11, 12, 13, 14, 15), e incluso en algunos de ellos se sugiere que la erosión podría empezar al final de la educación primaria (16, 17).

En definitiva, el declive en la matrícula universitaria de los estudios de química al que hicimos referencia al comienzo del apartado parece ser consecuencia de la falta de autoconfianza de los estudiantes preuniversitarios con las ciencias y, en consecuencia, de la crisis que afecta a la enseñanza de las ciencias, y de la que la universitaria no es una excepción. Esta situación tiene implicaciones para nuestros propios estudios universitarios, como la falta de número de plazas, dado que la oferta de plazas es mayor que la demanda, y la elección en segundo lugar de estos estudios por parte de aquellos que no consiguen entrar en los más de-

mandados (por ejemplo, medicina). Por otro lado, hemos de tener muy presente que en la crisis de la enseñanza de la química en el sistema preuniversitario la propia universidad tiene una especial responsabilidad, pues es allí donde se forman los profesores que tanto en los niveles primarios como secundarios van a transmitir una imagen y un conocimiento científico.

Ante esta situación, las demandas de la universidad del Siglo XXI esbozadas en el apartado anterior, han de ser vistas como retos y desafíos para los docentes, responsables e instituciones universitarias, pero también como una importante oportunidad de cambio para la enseñanza universitaria de la química. Aunque es imposible considerarlos todos en una ponencia, nos centraremos en los más relevantes y específicos para esta materia, y mostraremos las principales direcciones de cambio apuntadas desde la investigación en la enseñanza-aprendizaje de la química.

Los agruparemos en dos apartados; en primer lugar, trataremos los retos asociados a una enseñanza basada en competencias

y, en segundo lugar, los asociados a una universidad que se debe caracterizar por la masividad y la calidad.

### **3. Retos y oportunidades asociados a una enseñanza por competencias: hacia una enseñanza más exigente**

Uno de los rasgos más identificativos de los nuevos títulos universitarios es la formación en competencias por encima de la transmisión de contenidos o saberes especializados. El término competencia que ya había invadido los niveles preuniversitarios se convierte también en el santo grial de la enseñanza universitaria. Es un concepto que surge como una referencia para tratar de uniformizar las destrezas y actividades que los poseedores de dichos títulos estarían en capacidad de desempeñar. Es una forma de asegurar la homogeneidad de los títulos y, en consecuencia, la posibilidad de su reconocimiento mutuo y la movilidad del estudiantado.

Para ello, uno de los proyectos de más envergadura y valía que se ha desarrollado durante estos años ha sido el proyecto Tuning europeo (18) y su análogo Tuning para América Latina (3). En el primero participaron más de 100 especialistas en la materia y más de 100 instituciones de educación superior. Se administró durante 2001 y el cuestionario definitivo contenía 30 competencias genéricas. Fue traducido a 11 idiomas y administrado a graduados, empleadores y académicos. El proyecto latinoamericano se desarrolló gracias al programa alfa de la Comunidad Europea y contó con la participación de 19 países y 190 universidades latinoamericanas. Se administró a finales de 2004 y el cuestionario partió del listado europeo de competencias, aunque finalmente algunas de ellas fueron modificadas y otras

cambiadas por decisión de los participantes del proyecto. A pesar de las diferencias introducidas, los resultados de ambos proyectos pueden ser comparados y ello nos puede dar pistas útiles sobre cuáles son los objetivos que resultan más importantes para nuestros futuros planes de estudios.

Los objetivos de ambos son idénticos: buscar puntos de referencia comunes en las finalidades y logros de los nuevos títulos. Estos puntos de referencia son las competencias, entendidas como resultados del aprendizaje de los mismos.

El propio concepto de formación en competencias proyecta cambios importantes en las enseñanzas universitarias. A pesar de ser un concepto poliédrico como muchos otros en pedagogía y psicología (19), lo que parece estar claro es que el concepto de competencia hay que diferenciarlo por un lado del propio conocimiento potencial, y por otro de la mera actuación -performance-. Ser competente no es tener capacidades potenciales que no se demuestran en contextos específicos. Tampoco es ser hábil en la ejecución de tareas y actividades concretas, escolares o no, tal como han sido enseñadas, sino más allá de ello, es ser capaz de afrontar, a partir de los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridas, nuevas tareas o retos que supongan ir más allá de lo ya aprendido. Por tanto, evaluar si alguien es competente es en parte comprobar su capacidad para reorganizar lo aprendido y, sobre todo, para transferirlo a nuevas situaciones y contextos.

Hemos querido situar adecuadamente el concepto de competencia para destacar:

- Las competencias están ligadas al “conocimiento en acción”, o a la “ejecución consciente de algo”, al conocimiento con suficiente carga procedimental para ac-

tuar, el que se despliega ante un problema en contextos prácticos y ofrece resultados, y no tanto al conocimiento que se dice tener o el que no ofrece respuestas. En general, el sujeto puede poner de manifiesto sus competencias porque es poseedor de unas determinadas características cognoscitivas (saberes y habilidades), afectivas (motivaciones, actitudes, rasgos de personalidad), psicomotrices (hábitos, destrezas) y físicas, las cuales constituyen los atributos de la competencia.

- Una competencia es una cualidad del sujeto que se mantiene en el tiempo durante un tiempo razonable. Así, el tenista la mantiene durante unos años y su puesto en el ranking permite prever sus resultados; el buen docente es evaluado positivamente por sus alumnos año tras año, etc. Obsérvese que la estabilidad de toda competencia es una consecuencia del carácter permanente de las características biológicas, cognitivas y afectivas intrínsecas al sujeto.

Esta concepción de competencia como resultado esperado del aprendizaje conlleva unos costes de aprendizaje que están bien estudiados en el ámbito de las competencias científicas. En términos cotidianos, “no es lo mismo saber algo que saber aplicarlo en un contexto específico ni saber aplicarlo en nuevas situaciones”. La transferencia del conocimiento no es inmediata; implica previamente la abstracción del mismo, lo que requiere dotar al estudiante de las herramientas cognitivas necesarias para reflexionar, controlar y ejecutar mejor su conocimiento (metacognición).

Por tanto, enseñar competencias implica estrategias de enseñanza más exigentes para los docentes pues deben tratar de mantenerlas de modo coherente durante plazos de tiempos largos y aplicarlas en una diversidad amplia de contenidos específicos (20). Implica que el profesorado tenga competencias docentes digamos que excepcionales. Si no somos suficientemen-

**1. Competencias Genéricas:** Comunes a todas las titulaciones de grado. Se distingue entre:

- Competencias Instrumentales como habilidades cognoscitivas, capacidades metodológicas, destrezas tecnológicas, destrezas lingüísticas.
- Competencias Interpersonales: capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios sentimientos, habilidades, críticas y autocrítica. Destrezas sociales relacionadas con las habilidades interpersonales, la capacidad de trabajar en equipo o la expresión de compromiso social o ético.
- Competencias Sistémicas: son las destrezas y habilidades que conciernen a los sistemas como totalidad. Incluyen la habilidad de planificar los cambios (diseño de nuevos sistemas) e implican la adquisición previa de competencias instrumentales e interpersonales.

**2. Competencias Específicas de Areas Temáticas:** Específicas de cada una de las titulaciones. Incluyen:

- Conocimientos disciplinares (saber)
- Competencias profesionales (saber hacer)
- Competencias académicas
- Otras competencias específicas

**Figura 6:** Tipos de competencias que se evalúan en los proyectos Tuning (18).

te conscientes de ello, nos podemos arriesgar a quedar mal parados en posibles proyectos futuros de evaluación internacional de competencias en nuestras titulaciones universitarias.

En los proyectos Tuning se distinguió entre competencias genéricas y específicas. Las primeras tratan de identificar los resultados comunes de todos los títulos de grado y las segundas son específicas de cada

**Tabla 1:** Listados de las seis competencias priorizadas por los colectivos encuestados en los proyectos Tuning europeo (18) y Tuning para América Latina (3).

|  | Europeos   |           |             | Latinoamericanos |           |             |
|--|------------|-----------|-------------|------------------|-----------|-------------|
|  | Académicos | Graduados | Empleadores | Académicos       | Graduados | Empleadores |
| Conocimientos generales básicos sobre el área de estudio | X          |           |             | (7º lugar)       |           |             |
| Capacidad de análisis y síntesis                         | X          | X         | X           | X                |           |             |
| Capacidad de aprender                                    | X          | X         | X           | X                | X         | X           |
| Capacidad para generar nuevas ideas (creatividad)        | X          |           |             |                  |           |             |
| Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica        | X          | X         | X           | X                | X         | X           |
| Capacidad crítica y autocrítica                          | X          |           |             |                  |           |             |
| Resolución de problemas                                  |            | X         | X           | X                | X         | X           |
| Habilidad para trabajar de forma autónoma                |            | X         |             |                  |           |             |
| Habilidades de gestión de información                    |            | X         |             |                  |           |             |
| Preocupación por la calidad                              |            |           | X           |                  |           |             |
| Trabajo en equipo  |            |           | X           |                  |           | X           |
| Compromiso ético   |            |           |             | X                | X         | X           |
| Compromiso con la calidad                                |            |           |             | X                | X         | X           |
| Capacidad para tomar decisiones                          |            |           |             |                  | X         |             |

titulación. Entre las genéricas, se distinguió entre instrumentales, interpersonales y sistémicas, que incluyen la adquisición previa de las demás competencias (Figura 6). Para nuestra argumentación, nos centraremos únicamente en el análisis de los resultados de las seis competencias genéricas más valoradas por los colectivos consultados -académicos, graduados y empleadores-, tanto en el contexto europeo como latinoamericano (Tabla 1).

A la vista de la Tabla 1, interesa destacar:

- Los *conocimientos generales básicos sobre el área de estudio* son priorizados por los académicos tanto europeos como latinoamericanos, y no por los otros colectivos, poniendo de manifiesto la lejanía de los intereses del profesorado de los del mercado de trabajo. Concretamente, en el contexto europeo, los académicos sitúan esta competencia en primer lugar mientras que tanto graduados como empleadores lo hacen en

el puesto décimo segundo. En el latinoamericano, donde hay más confluencia entre los tres colectivos, los académicos la colocan en séptimo lugar y los graduados y empleadores en el décimo.

- Otra diferencia digna de mención, esta vez entre europeos y latinoamericanos, es la competencia del *compromiso ético*, que sale entre las más valoradas por los latinoamericanos pero no por los europeos.

- Hay dos competencias priorizadas por los tres colectivos encuestados tanto en el contexto europeo como en el latinoamericano, que son: a) *Capacidad de aprender* y b) *Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica*.

Que los académicos, especialmente los europeos, estemos tan alejados de las demandas manifestadas por empleadores y graduados, es un tema que ha dado lugar a muchas reflexiones. Asimismo, el hecho de que los tres colectivos latinoamericanos prioricen el compromiso ético a diferencia de los europeos podría estar manifestando la influencia de una realidad contextual y social diferente. Pero, más allá de las diferencias, interesa destacar el carácter de las competencias comunes destacadas por todos los colectivos de ambos contextos. Se trata de competencias que acentúan el propio concepto de competencia al que acabamos de hacer referencia, reforzando la importancia de la aplicación del conocimiento en la práctica profesional y de la capacidad de seguir aprendiendo. La naturaleza del conocimiento en nuestra sociedad y su creciente caducidad, exige aceptar que los estudiantes aprendan los contenidos de manera significativa, profunda, permanente y, sobre todo, generalizable y transferible. Conviene insistir, por si cabía alguna duda en el mismo concepto de competencia, en

que las competencias seleccionadas son de carácter sistémico y recogen atributos exigentes (objetivos cognoscitivos de alto nivel y metacognoscitivos); en consecuencia, para alcanzarlas, se requieren estrategias de enseñanza de mayor coste, pues, como se dijo, deben ser aplicadas de modo coherente y reiterado durante plazos de tiempos largos y en una amplia diversidad de contenidos específicos.

#### **4. Retos y oportunidades asociados a una universidad masiva y de calidad ¿es posible? ¿qué direcciones de cambio podrían ser más efectivas?**

La universidad del siglo XXI debe ser una universidad masiva y de calidad. Se trata de dos características que, lejos de estar enfrentadas, deberán llegar a ser compatibles si se pretende que la universidad colabore e impulse los cambios requeridos en nuestra sociedad. Por un lado, la universidad debe formar parte de una sociedad que aspira a ser democrática y, en consecuencia, su primera obligación es asegurar a todos la posibilidad de estudiar en ella. Por otro, si pretende ser el motor de cambio de dicha sociedad, debe operar uno de los cambios más radicales de su historia, alcanzando y garantizando la calidad de sus enseñanzas.

En el caso de la enseñanza de la química, estas características de masividad y calidad plantean importantes retos pedagógicos que afectan a toda la estructura de las instituciones universitarias donde se imparte esta disciplina. Veremos a continuación algunas de las más relevantes, acompañadas de las principales direcciones de cambio emanadas desde la investigación en su enseñanza-aprendizaje.

A) *De un alumnado de élite a un alumnado diverso*

Es frecuente en el contexto universitario “culpar” a la educación secundaria de una mala preparación de los estudiantes y, en la secundaria, culpar a la educación primaria o a las familias... En este discurso, se suele incluso hablar en el ámbito español de “la egebeización” de la universidad” (la EGB es la antigua etapa de educación primaria española). La realidad es que la universidad debe conseguir alcanzar cotas de calidad en sus enseñanzas a partir de estudiantes que ingresan a la misma con intereses, niveles de conocimiento y estrategias de razonamiento muy dispares y muchas veces muy limitados.

En efecto, el enorme esfuerzo realizado por los estudios sobre concepciones alternativas para conocer las dificultades de los estudiantes en distintos tópicos de ciencias, especialmente en la década de los ochenta y novena, puso de manifiesto que frecuentemente los estudiantes universitarios comparten con los de edades inferiores muchas de sus concepciones y dificultades. Se llegó incluso a acuñar el concepto de persistencia o estabilidad de las concepciones, entendido como la existencia prácticamente inalterada de las concepciones a lo largo de los años y a pesar de la instrucción escolar. Se pueden consultar algunas revisiones sobre concepciones en química (21, 22, 23, 24, 25, 26).

Sin embargo, nosotros hemos venido defendiendo durante todos estos años que “los malos resultados” en los alumnos universitarios son consecuencia de la propia metodología de investigación utilizada en estos trabajos, que frecuentemente no permite al estudiante poner en juego toda su potencialidad cognoscitiva (27). Nuestros

estudios sobre progresiones de aprendizaje ponen precisamente de manifiesto que, ante una pregunta aislada y específica, los estudiantes universitarios pueden responder de modo similar a los de niveles inferiores, pero que si les damos oportunidades para reflexionar, pensar y debatir, su capacidad de aprendizaje es muy diferente y se alcanzan cotas muy superiores. Éstos son capaces de integrar el nuevo conocimiento en su estructura previa, reflexionar sobre el mismo, abstraerlo y producir mejor y más rápida transferencia del conocimiento. En definitiva, sus restricciones cognoscitivas son muy inferiores (28).

La lectura que hacemos de estos resultados no es ni mucho menos que los estudiantes universitarios carezcan de recursos cognoscitivos para aprender. Tampoco estamos de acuerdo en depositar las responsabilidades en los niveles preuniversitarios (29, 30). Consideramos que en la universidad debemos hacer esfuerzos imaginativos para motivar a los estudiantes, involucrarlos y responsabilizarlos de su aprendizaje, y que, si lo conseguimos, la actividad cognitiva puede acelerarse rápidamente.

En definitiva, consideramos que los estudiantes universitarios –como todos los seres humanos– tienen capacidades limitadas de procesamiento de la información, pero que su esfuerzo cognitivo por aprender puede verse acelerado si están suficientemente motivados. Como señala Izquierdo (31): “*En las personas, cuando ‘algo en el mundo tira de ellas’, cuando se persigue una finalidad que interesa alcanzar porque es valiosa, entonces se piensa sobre lo que se hace, se inventan los lenguajes adecuados a la nueva experiencia y se establece un consenso respecto a ellos que van a permitir comunicarla, para continuar actuando, pensando, comu-*

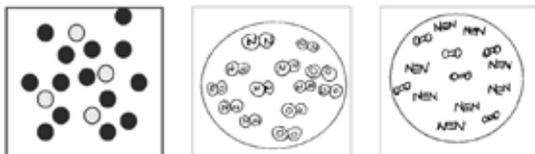
*nicando con éxito hasta alcanzar la meta. En caso contrario, cuando las preguntas no son las adecuadas, los lenguajes resultan vacíos, las teorías no tienen significado experimental y los experimentos se llevan a cabo como si fueran una receta de cocina”.*

No queremos hacer pensar que consideramos que motivar a los estudiantes es fácil. En más de una ocasión, he desesperado y mis estudiantes han venido a mí a conso-

larme. Ellos saben lo que me preocupó por ellos, lo que me intereso porque aprendan, y, en alguna ocasión, incluso me han reconocido sentir responsabilidad por corresponderme. Aunque no creo que sea el objetivo (lo ideal es la motivación intrínseca), sí es otra estrategia, pues el resultado es positivo, viéndolo desde la perspectiva de su motivación hacia el aprendizaje.

**Nivel macroscópico:** Aire es una mezcla de gases. Está formado por sustancias tales como nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón, es decir, 1% de otras sustancias.

**Nivel microscópico:** Existen varias formas de representar el aire, a nivel microscópico, según nuestros intereses. Algunas de ellas podrían ser:



**Nivel simbólico:** Mezcla de  $N_2$  y  $O_2$ .

**Figura 7:** Distintos niveles representacionales del aire.

B) *De una química simbólica a una química compleja y problematizante*

Un análisis de los trabajos sobre las dificultades de los estudiantes con los contenidos químicos pone de manifiesto que, más allá de los mismos, hay características de la propia química que, si no son adecuadamente asimiladas, provocan constantes problemas y dificultades incluso en alumnos universitarios en los tópicos relacionados. Una de las más importantes son las transposiciones entre los ámbitos macroscópico, microscópico y simbólico.

Es sabido que la química es una ciencia compleja, que se debate entre tres formas de ver el mundo: el macroscópico, el microscópico y el simbólico. Aún es posible

distinguir un nivel intermedio multiatómico, multimolecular o multiiónico, que es el que relaciona el nivel atómico con el macroscópico y un subnivel atómico, cuando abordamos la estructura interior del átomo. Los estudiantes deben moverse entre estos niveles mediante el uso de un lenguaje que no siempre diferencia de forma explícita el nivel en que nos encontramos. En la Figura 7 se recoge la descripción de algunos de estos niveles representacionales del aire para ejemplificarlos.

Es muy frecuente que en la enseñanza de la química no se haga una distinción suficiente entre estos niveles de descripción, lo que se ha identificado sistemáticamente como una de las causas que origina que

los estudiantes no comprendan –y no se motiven– por lo que están estudiando (32, 33, 34). Suele ocurrir que en diseños inadecuados de enseñanza la instrucción se comience directamente por el nivel simbólico; que el nivel macroscópico se relegue a una práctica para reforzar lo aprendido, y que se suponga que la concepción del nivel microscópico forma parte de las destrezas del alumno. Aun con honrosas excepciones innovadoras que tratan de mejorar la imagen de la química que enseñamos (35), se requiere mucha más investigación en el ámbito universitario para conocer el alcance y las limitaciones de las mismas.

Para mostrar esto, permítanme referirme a uno de los conceptos más polisémicos incluso científicamente: el concepto de elemento químico. Se trata de un concepto cuyo significado ha cambiado a lo largo de la historia según los programas de investigación existentes, desde su concepción macroscópica como “sustancia o cuerpo simple” (siglos XVII y XVIII) hasta la concepción microscópica o atomista de Dalton como “clase de átomos” de los que suponemos que están compuestas las sustancias (siglo XIX).

Ambas concepciones perduran hasta la actualidad, y se manifiestan en los libros de texto en los que frecuentemente no se diferencia entre el marco referencial empírico y el atomista (36), de modo que se utiliza el término elemento como sinónimo de sustancia simple y como clase de átomos, sin diferenciar el contexto en el que se está hablando y originando confusiones importantes entre los conceptos de compuesto y mezcla.

Se ha de reconocer que ambas opciones tienen inconvenientes:

- Si elemento es una sustancia formada por una clase de átomo, cada uno de los elementos de la tabla periódica serían sustancias. En consecuencia, si símbolos como H, O, N, etc. son identificados como elementos químicos, las sustancias  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , etc. podrían ser conceptualizadas como compuestos.

- Si elemento es cada una de las especies atómicas de la tabla periódica, no tendría sentido hablar de propiedades características (físicas y químicas) de los mismos, algo muy común en el lenguaje químico.

Parece oportuno aclarar que para Mendeleiev había una distinción entre elemento químico y sustancia simple. Dice Mendeleiev en su libro Principios de Química:

*“Hay que distinguir entre la noción de cuerpo simple como sustancia homogénea aislada o como parte invisible, pero material, del cuerpo compuesto. El óxido rojo de mercurio no contiene dos cuerpos simples, un metal y un gas, sino dos elementos, Hg y O, lo que hay en ese óxido es “la sustancia de esos cuerpos simples” (como el pan encierra la sustancia del trigo y no el trigo en sí.)”*

Esta distinción resuelve, según algunos autores, el entuerto (36). Opinan que habría que asociar el concepto de elemento químico únicamente a cada clase de átomos (con idéntico número atómico, según la concepción actual de la tabla periódica) y ligar el de sustancia simple al tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. De este modo, los elementos no poseerían propiedades características como las sustancias simples.

Aun valorando esta propuesta, el inconveniente de no poder referirnos a propiedades características de los elementos químicos no es una cuestión trivial, pues es un concepto

muy frecuente en manuales y referencias. Por otra parte, la existencia de especies isotópicas impide la asociación de elementos químicos a “una sola clase de átomo”.

Otra solución alternativa es la planteada por Linares (37), en su tesis doctoral dedicada precisamente a estos conceptos, en la que concluye que el concepto de elemento puede asociarse tanto al mundo macroscópico (sustancia simple) como al microscópico (átomo) siempre que se tome conciencia del contexto en el que se está utilizando:

*“consideramos cada elemento como una “especie” que se refiere a una serie de “individuos” que comparten una característica común, su número atómico, que pueden diferir en su número de masa. Este mismo elemento, a la vez, puede presentarse bajo distintas formas físicas palpables, distintas poblaciones, los alótropos. De esta manera, es cierto que en cada casilla confluyen las características macroscópicas de las sustancias simples (alótropos) y las microscópicas de los distintos átomos (isótopos) propios de ese elemento, ya que el **elemento es el punto de unión entre esos dos cosmos**, solamente debemos ser cuidadosos y tomar conciencia de a qué nos estamos refiriendo en cada caso.”* (p.417)

De acuerdo con estos razonamientos, se puede concluir que:

- Una buena enseñanza universitaria de química no puede desarrollarse al margen del ámbito macroscópico, que da soporte a todo el entramado conceptual y teórico de esta ciencia. Tampoco debe transcurrir sin hacer una distinción explícita entre los niveles involucrados. La mezcla, sin separación explícita, de estos tres niveles de representación ocasiona confusiones importantes en los estudiantes.

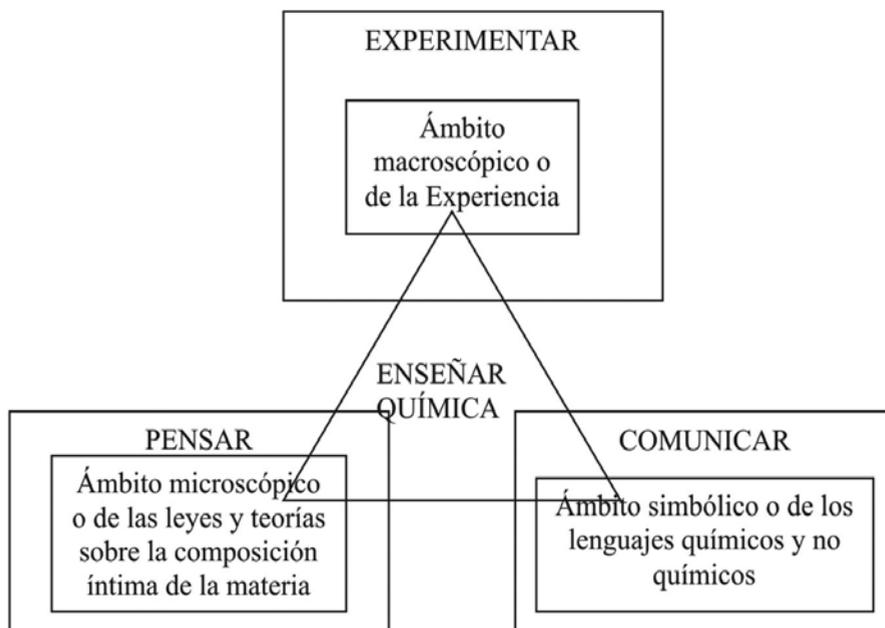
- Por otro lado, una enseñanza eficaz de la química debería contemplar los contextos, razonamientos y discusiones en el seno de los cuales aparecen y toman sentido sus conceptos, teorías y leyes. La química no es un conjunto de verdades cerradas y acabadas, separadas del debate y de las argumentaciones teóricas y experimentales que le dieron origen. Presentada así, no puede conseguir atraer al estudiante. Como dice Campanario (38): *“Saber lo que otros han hecho, cómo lo han hecho, cuánto les ha costado y cuánto han obtenido en término de satisfacciones intelectuales y emocionales, puede constituir una excelente estrategia para motivar a los alumnos”*.

C) *De un modelo de enseñanza-aprendizaje yuxtapuesto a un modelo de enseñanza por investigación*

El modelo de enseñanza-aprendizaje más extendido en la enseñanza de la química en la universidad sigue siendo el producto de la mera yuxtaposición de clases teóricas transmisivas de conocimientos ya elaborados, resolución de ejercicios -que no son problemas- y prácticas de laboratorio desarrolladas a modo de recetas y desligadas de la estructura lógica de la química. Este modelo no ofrece al estudiante oportunidades adecuadas para discurrir entre los tres niveles de representación a los que nos referimos en el apartado anterior.

Frente a él, la propuesta que hacemos (Figura 8) se fundamenta en las tres formas de ver el mundo que posee la química (la de los hechos y experiencias, la de sus teorías moleculares, atómicas y subatómicas, y la de la sus expresiones simbólicas). Cada una de ellas implica actividades cognitivas distintas, de modo que las principa-

**Figura 8:** Modelo de enseñanza-aprendizaje de la Química asociado a la naturaleza ultirepresentacional de la misma.

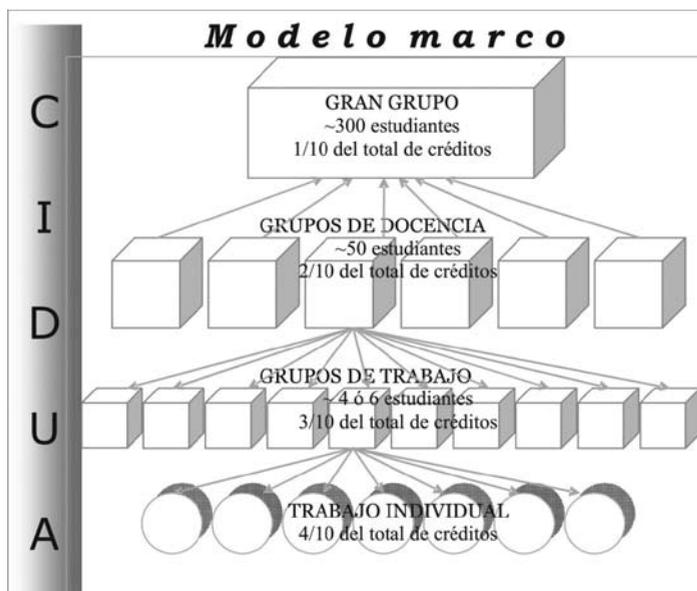


las acciones que se deberían fomentar en una buena clase de química serían: Experimentar, Pensar y Comunicar. De este modo aprender química en la universidad podría asemejarse a vivir la química.

Un planteamiento de este tipo no es nuevo. El modelo de enseñanza-aprendizaje por el que abogamos es perfectamente compatible con los modelos defendidos por la mayoría de autores que se han preocupado por la enseñanza de la química en la universidad (31, 35, 39). Se trata de conseguir que los estudiantes traten de dar soluciones a situaciones problemáticas de modo similar a como lo hace el propio químico. Estos, buscan información, realizan experiencias, interpretan sus resultados, extraen sus

conclusiones y las comunican utilizando un lenguaje especializado.

Este nuevo modelo educativo, que ya no es tan nuevo en el ámbito anglosajón, ha alcanzado a la universidad española y está dando lugar a numerosas innovaciones bien intencionadas, pero aún estamos lejos de aportar datos concluyentes sobre sus resultados. La viabilidad de un sistema de este tipo en la universidad va a depender de muchos factores, pero uno de los más importantes es la ratio profesor-alumno. Se han hecho grandes esfuerzos en los últimos tiempos para estudiar sistemas flexibles que permitan el máximo aprovechamiento de los recursos humanos. Uno de estos lo supone el modelo CIDUA (Figura 9) ela-



**Figura 9:** Modelo Marco del Proyecto CIDUA (40).

borado por la Comisión para la Innovación de la Docencia en las Universidades Andaluzas (40), que distingue tres tipos de grupos: el gran grupo, el grupo de docencia y el grupo de trabajo. Esta propuesta orienta hacia un tamaño de unos 300, 50, y 5 estudiantes respectivamente y un tiempo de dedicación, también respectivamente, de 1/10, 2/10 y 3/10 del total de créditos ECTS del alumno. Las propuestas de enseñanza como las que proponemos se están experimentando en los grupos de trabajo y, a lo sumo, en los grupos de docencia.

D) *De un currículum extenso, fragmentado y conceptual a un currículum básico basado en la resolución de problemas*

La química es una materia básica y a la vez aplicada. Es básica, porque explica, a partir de muy pocos principios, la composición y propiedades de un alto número de sustancias. Es aplicada porque juega un papel fundamental en la protección de la

salud y el medio ambiente, en la mejora de las condiciones higiénicas y sanitarias, en la obtención cualitativa y cuantitativa de alimentos para toda la humanidad y en la fabricación de nuevos y más baratos materiales que permiten mejorar la calidad de nuestras vidas.

El dilema entre química pura y aplicada es antiguo en los currículos de química y sigue prevaleciendo en la actualidad. El crecimiento del conocimiento (o "explosión del conocimiento") es, a la vez, cuantitativo y cualitativo, en el sentido de que se incrementa aceleradamente la cantidad de conocimiento disciplinario y, al mismo tiempo, surgen nuevas disciplinas y subdisciplinas, algunas de carácter transdisciplinario (hoy en día se habla de química de alimentos, química de materiales, química ambiental, química forense, bioquímica, química farmacéutica, ingeniería química, astroquímica, geoquímica, etc). La capacidad transforma-

dora de la química (41) se ha incrementado vertiginosamente en los últimos 150 años, y, hoy por hoy, se considera la ciencia más productiva. Su forma de ver el mundo, si bien no tan rigurosa y fundamental como la de la Física o tan flexible y abierta como la de la Biología, le ha permitido desarrollar múltiples métodos y estrategias para analizar, sintetizar, transformar y modelar innumerables sustancias y materiales con múltiples aplicaciones prácticas.

Evidentemente, este desarrollo vertiginoso dificulta la toma de decisiones por una propuesta curricular concreta. Por otro lado, si bien la investigación sobre el currículum de química en los niveles preuniversitarios ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años (hay que mencionar a estos niveles los currículos influenciados por la corriente Ciencia-Tecnología-Sociedad, tales como QuimCom, el proyecto Salters y Química en Contexto), no se puede decir lo mismo sobre el de los primeros años en la universidad. Hasta estos momentos, se puede afirmar que hay más innovación, voluntad de cambio y reconocimiento de errores que alternativas o direcciones de progreso.

Sin embargo, algunas direcciones de cambio comparten con las propuestas preuniversitarias sus preocupaciones por:

a) programas excesivamente extensos y fragmentados

b) énfasis en las leyes, principios y teorías químicas, relegando a segundo plano el análisis, discusión y manipulación de las herramientas intelectuales y experimentales que nos permiten generar tal conocimiento (énfasis en el qué sabemos frente al cómo lo sabemos).

Es claro que toda propuesta curricular tendrá pros y contras. De hecho, dudo que

exista el currículo ideal de química general. Sin embargo, considero que los educadores en química deberían invertir más tiempo generando, explorando y evaluando diversas alternativas curriculares que respondan de mejor manera a las necesidades de los estudiantes y de las sociedades en las que viven. El currículo de química general actual es demasiado monolítico. Es en este espíritu que hay que interpretar esta propuesta.

Considero que a medida que las ciencias de síntesis se han ido desarrollando y que cada vez hay más disciplinas interdisciplinarias en las que participa la química, la balanza se está declinando cada vez más por la química pura, entendiendo por ella la comprensión de las técnicas, procedimientos y conceptos de los principios básicos de la química. Así, por ejemplo, en el primer curso del nuevo título de grado de la Universidad de Granada, del total de 60 créditos, la química ocupa 30 y se estructura en cinco asignaturas de 6 créditos cuyos contenidos se muestran en la Tabla 2. Una simple lectura evidencia la apuesta que se hace por la química básica, lo que creo que es fácilmente compartido por la mayoría de los cursos introductorios de química universitarios.

Una postura de este tipo no hay que confundirla con enseñar de modo acabado. Enseñar lo básico no es enseñar lo inalterable, o lo que no ofrece lugar a duda, ni enseñarlo desconectándolo de los instrumentos y procesos de pensamiento que han permitido y permiten generar ese conocimiento. Debe ser interpretada como el planteamiento de problemas a resolver, junto a las formas de solucionarlos a través de las técnicas y medios que utilizan los químicos para ello.

Por ejemplo, para la asignatura de Química General 1 de la Universidad de Granada (Tabla 2), una forma de transformar el contenido dándole una estructura problematizante podría ser la que se recoge en la Figura 10, perteneciente a la Universidad de Cambridge (42).

**Tabla 2:** Contenidos de química en el primer curso del nuevo título de grado de la Universidad de Granada

|   |  |
|---|--|
| <b>Química General 1:</b> Estructura atómica-molecular de la materia (6 créditos) | La química como ciencia. Estructura atómica. El núcleo atómico. Reacciones nucleares. La corteza atómica. Tabla periódica. Enlace químico: covalente, iónico y metálico. Enlaces intermoleculares. |
| <b>Química General 2:</b> Reacción química (6 créditos)                           | Formulación Química. Reacciones químicas. Estequiometría. Estados de agregación de la materia. Propiedades de las disoluciones. Termoquímica. Equilibrio químico. Cinética química.                |
| <b>Química General 3:</b> Tipos principales de reacciones químicas (6 créditos)   | Reacciones ácido-base. Reacciones de formación de complejos. Reacciones redox. Diagramas de potencial. Reacciones de precipitación. Equilibrios de reparto. Cambio iónico.                         |
| <b>Química General 4:</b> Química del Carbono (6 créditos)                        | Compuestos orgánicos. Nomenclatura. Introducción a los grupos funcionales. Estereoquímica. Química de los seres vivos. Química sostenible.   |
| <b>Química General 5:</b> El laboratorio químico (6 créditos)                     | Manejo del material del laboratorio. Seguridad. Introducción a las técnicas básicas en el laboratorio químico. Conceptos básicos sobre organización y gestión de calidad del laboratorio químico.  |

- ¿Cómo averiguamos las formas y estructuras de las moléculas? Y ¿por qué las moléculas tienen las formas, las estructuras y las propiedades que tienen?

*Los químicos utilizan diferentes tipos de técnicas espectroscópicas para responder a la primera cuestión y en el curso se consideran dos de ellas con cierto detalle: la resonancia magnética nuclear y la infrarroja. Se trata de que comprendas los fundamentos de estas técnicas y las sepas utilizar para comprender e interpretar las estructuras moleculares.*

*La segunda cuestión es atendida desde la mecánica cuántica elemental, que está en las bases de la descripción moderna del enlace químico. La intención es que comprendas cómo surge la idea de la función de onda en la mecánica cuántica y la importancia de dichas funciones en la comprensión del comportamiento de los electrones en los átomos y en las moléculas. Veremos cómo se pueden construir funciones de onda para un conjunto de moléculas de distintas complejidades y cuáles son las consecuencias en términos de forma y reactividad de las mismas. La intención es capacitarte para comprender y racionalizar aspectos claves de la estructura molecular.*

**Figura 10:** Planteamiento curricular basado en problemas de la estructura atómica-molecular de la materia (42).

Ambas propuestas desarrollan los mismos contenidos, pero mientras que en el primer caso se avanza desde el átomo a la sustancia (micro-macro), en el segundo se parte de la sustancia y se trata de comprender su estructura (macro-micro), lo que ayuda al estudiante a darle un sentido. Otra diferencia importante es que las respuestas ante la estructura y composición de la materia no son enseñadas como verdades absolutas sino como las mejores conjeturas elaboradas ante las evidencias empíricas. Estos cambios apuntan en la dirección de mostrar una ciencia apasionante, en construcción, a la que el futuro químico ha de hacer aportaciones relevantes.

El papel que en esta propuesta deben desempeñar las clases de teoría, problemas y laboratorio se fundamenta en una íntima conexión entre ellas, lo que requiere una fuerte coordinación entre el profesorado encargado de su impartición y de los responsables institucionales que organizan los horarios y los espacios dedicados a la docencia química.

## 5. Conclusiones

La universidad está cambiando. Los espacios EEES y ALCUE ponen de manifiesto la intención de crear un sistema de enseñanzas universitarias más fuerte y coherente, con reconocimiento mutuo de los títulos, movilidad de estudiantes, y calidad de sus enseñanzas. Concretamente, el concepto de competencia introducido en los nuevos títulos reclama una enseñanza con más beneficios palpables y de más alto coste de esfuerzos e imaginación al docente universitario.

Estas demandas surgen en unos momentos en los que la enseñanza de la química en la universidad ha mostrado que no consigue atraer a los jóvenes, y que éstos

arrastran grandes dificultades con los conceptos y razonamientos propios de esta ciencia, que incluso se detectan en los profesores de niveles secundarios que ya han finalizado la universidad.

Enseñar más y mejor a alumnos más desmotivados es el gran reto de la enseñanza de la química en el siglo XXI. Aunque el problema no es fácil, lo que hemos tratado de hacer en esta ponencia es aprovechar lo mejor que desde un punto de vista forzosamente personal, entendemos que las investigaciones en la enseñanza de la química en la universidad aportan para orientar la búsqueda de soluciones. Así, se ha defendido que:

a) Es necesario centrar la atención en incrementar la motivación del estudiante, como fuerza de arrastre para que alumnos diversos cultural, intelectual y afectivamente, consigan superar déficits y dificultades y lleguen a ser competentes en un mundo profesional cambiante e incierto.

b) La química implica conceptos difíciles, abstractos e incluso no resueltos. Su enseñanza como verdades absolutas sin poner de manifiesto el sustento empírico, el devenir histórico y los problemas que aún presenta, puede ocasionar más incompreensión y, en consecuencia, una mayor desgana por su aprendizaje.

c) La conexión experimentar-pensar-comunicar podría ser prometedora para lograr que el estudiante comprenda las relaciones entre los diversos ámbitos -macroscópico, microscópico y simbólico- involucrados en la química. El modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación podría ser adecuado para su desarrollo.

d) Las estructuras universitarias y sus organizaciones docentes deben ser reestructuradas si se pretende aplicar el modelo anterior a unas aulas masificadas.

e) Un currículum basado en situaciones problemáticas parece más favorable que el currículum clásico de temas sucesivos para lograr superar los retos planteados.

Por último, queremos destacar la insuficiencia de la investigación sobre la enseñanza de la química en la universidad para poder confirmar las afirmaciones anteriores u otras. La mayor parte de la investigación en enseñanza de las ciencias se centra en el nivel secundario, y, como señalan Martínez Torregrosa, et al. (39) *“ha sido recientemente que las conocidas dificultades en la universidad y el fracaso académico de elevados porcentajes de estudiantes se ha convertido en un problema social que empieza a merecer atención y, por tanto, investigación. Comienza a reproducirse así en la universidad el mismo proceso iniciado hace algunas décadas en la Educación Secundaria y, mucho antes, en la Primaria.”*

Finalizaremos con dos frases extraídas de la “Conferencia Mundial sobre la Educación Superior para el Siglo XXI”, que tuvo lugar en París, en octubre de 1998, y que ponen de manifiesto la importancia de estos cambios que apenas hemos enunciado.

“Hoy día, más que nunca en la historia de la humanidad, la riqueza o pobreza de las naciones dependen de la calidad de su Educación Superior”. (Malcolm Gillis. Presidente de la Rice University. Informe del Banco Mundial)

Pero, para que la educación superior juegue ese rol estratégico que hoy día se le reconoce, ella también necesita emprender, como lo advirtió la misma Declaración, “la transformación más radical de su historia”, a fin de que sea más pertinente a las necesidades reales del país y eleve su calidad a niveles internacionales aceptables.

## Referencias bibliográficas

1. Benarroch, A.; López, C., 2009. El espacio europeo de educación superior. En Herrera, L. y otros. “Proyectos de Innovación en Tutorías en la titulación de Maestro. Más allá de la tutoría universitaria convencional”. Comares, S.L. (Granada).
2. Fernández de Haro, E., 2008. Las tareas del profesor universitario en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. Curso de Formación del Profesorado. Melilla, 4-5 de Febrero.
3. Beneitone, P.; Esquetini, C.; González, J.; Marty, M.; Siufi, G.; Wagenaar, R., 2007. “Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final. Proyecto Tuning. América Latina 2004-2007”. Universidad de Deusto (Bilbao). [Extraído el 12/01/2009 desde <http://tuning.unideusto.org/tuningal/>]
4. Ministerio de Educación, 2009a. Datos y cifras del sistema universitario español. Curso 2009/2010. [Extraído el 12 de mayo de 2010 desde <http://www.educacion.es/educacion/universidades/estadisticas-informes/datos-generales.html>]
5. Ministerio de Educación, 2009b. Sistema Estatal de Indicadores de la Educación. Edición 2009. [Extraído el 12 de mayo de 2010 desde <http://www.institutodeevaluacion.educacion.es/contenidos/indicadores/ind2009.pdf>]
6. Ministerio de Educación, 2009c. Estudio de la oferta, la demanda y la matrícula de nuevo ingreso en las universidades públicas y privadas. Curso 2007-08. Serv.Publ.MEC. (Madrid). [Extraído el 12 de mayo de 2010 desde <http://www.educacion.es/educacion/universidades/estadisticas-informes/novedades.html>]
7. Infoempleo, 2010. Informe Infoempleo 2009. Oferta y demanda de empleo en España. Perspectiva 2011.

8. European Commission, 2008. Flash Eurobarometer nº 239. Youth People and Science [Extraído el 11 de mayo de 2010 desde [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/flash/fl\\_239\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_239_en.pdf)]
9. Vázquez, A; Manassero, M. A., 2008. El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Rev. Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Cs.* **5, 3**: 274-292.
10. Schreiner, C.; Sjoberg, S., 2004. Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection of ROSE (The Relevance of Science Education)- A comparative study of students' views of science and science education. *Acta Didáctica.* (4/2004). Depto. of Teacher Education and School Development, University of Oslo, Norway. [ Extraído el 18 de mayo de 2004 desde <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/AD0404.pdf>]
11. Osborne, J.; Driver, R.; Simon, S., 1998. Attitudes to science: Issues and concerns. *School Science Review*, **79**: 27-33.
12. Parkinson, J.; Hendley, D.; Tanner, H.; Stables, A., 1998. Pupils' attitudes to science in key stage 3 of the National Curriculum: A study of pupils in South Wales. *Research in Sc. and Tech. Educ.*, **16**: 165-176.
13. Ramsden, J.M., 1998. Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science? *Inter. J. of Sc. Educ.*, **20**, 2: 125-137.
14. Simpson, R.D.; Oliver, J.E., 1990. A summary of Major Influences on Attitude Toward and Achievement in Science Among Adolescent Students. *Sc. Educ.*, **74**, 1: 1-18.
15. Weinburg, M., 1995. Gender differences in student attitudes towards science: a metaanalysis of the literature from 1970 to 1991. *J. of Res. in Sc. Teach.*, **32**: 387-398.
16. Murphy, C.; Beggs, J., 2006. Children perceptions of school science. *School Sc. Review*, **84**, 308: 109-116.
17. Pell, T.; Jarvis, T., 2001. Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *Inter. J. of Sc. Educ.*, **23**: 847-862.
18. González, J.; Wagenaar, R., 2003. "Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final. Fase Uno". Universidad de Deusto (Bilbao).
19. Monereo, C.; Pozo, J.I., 2007. Competencias para convivir con el siglo XXI. Cuadernos de Pedagogía. Monográfico competencias básicas, 370: 12-19.
20. Marín, N., 2005. "La enseñanza de las ciencias en educación infantil". Grupo Editorial Universitario (Granada).
21. Furió-Mas, C., 1996. Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique. Didáctica de las Ccias Exp.* **7**: 7-17.
22. Osborne, R.; Freyberg., 1998. "El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las ideas previas de los alumnos". Narcea (Madrid).
23. Trinidad-Velasco, R.; Garritz, A., 2003. Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre estructura de la materia. *Educ. Qca.*, **14**: 72-85.
24. Kind, V. (2004). "Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química." *Aula XXI / Santillana (México)*.
25. Carmichael, P., Driver, R., Holding, B., Twigger, D., Watts, M., 1990. Research on students' conceptions in science: A bibliography. University of Leeds: Children's Learning in Science.
26. Pfundt, H.; Duit, R., 1994. "Bibliography: Students' alternative frameworks and science education", (4th ed.) Kiel: IPN.
27. Marín, N., Jiménez, E.; Benarroch, A., 2004. How to identify replies that accurately reflect students' knowledge? A methodological proposal. *Int. J. of Sc. Educ.* **26**, 4: 425-445.

- 28.** Jiménez, E., Benarroch, A.; Marín, A., 2006. Evaluation of the Degree of Coherence Found in Students. Conceptions Concerning the Particulate Nature of Matter. *J. of Research in Sc. Teaching* **43**, 6: 577-598.
- 29.** Donati, E. R.; Andrade-Gamboa, J., 2007. ¿Qué queremos que sepan sobre Química los alumnos que ingresan a la Universidad? *Rev. Química Viva*, **6**, nº especial, mayo.
- 30.** Galagovsky, L., 2007. Enseñar versus aprender: una ecuación que no está balanceada. *Rev. Química Viva*, **6**, nº especial, mayo.
- 31.** Izquierdo, M., 2004. Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: Contextualizar y modelizar. *The J. of the Arg. Chemical Society*, **92**, 4-6: 115-136.
- 32.** Johnstone, A.H., 2006. Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chem. Educ. Research and Practice*, **7**, 2: 49-63.
- 33.** Dalton, R.M., 2003. "The Development of Students' Mental Models of Chemical Substances and Processes at the Molecular Level". Chapter 1. PhD thesis. [Extraído el 4 de octubre de 2008 desde <http://handle.uws.edu.au:8081/1959.7/81>]
- 34.** Pozo, J. L.; Gómez Crespo, M. A.; Limón, M.; Sanz Serrano, A., 1991. "Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química". CIDE. Servicio de Publicaciones del MEC. (Madrid).
- 35.** Andrade Gamboa, J.; Corso, H. L.; Severino, M. E., 2009. Química atractiva en un ingreso a la Universidad. *Rev. Eureka Ens. y Divulg. de la Ciencias*, **6**, 3: 423-439.
- 36.** Bullejos, J.; De Manuel, E.; Furió, C., 1995. ¿Sustancias simples y/o elementos? Usos del término elemento químico en los libros de texto. *Didáct. de las Cs Exp. y Soc.* **9**: 27-42.
- 37.** Linares, R.M., 2004. "Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química". Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. (Barcelona).
- 38.** Campanario, J.M., 2002. La enseñanza de las ciencias en preguntas y respuestas. [Extraído el 15 de mayo de 2010 desde <http://www2.uah.es/jmc/webens/portada.html>]
- 39.** Martínez Torregrosa, J.; Gil, D.; Martínez Sebastián, B., 2003. La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En C. Monereo y J.I. Pozo (eds.). "La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía". Editorial Síntesis. (Barcelona), 231-245.
- 40.** Barbancho, M., 2005. Informe sobre Innovación de la Docencia en las Universidades Andaluzas. [Extraído el 6 de febrero de 2008 desde <http://www.uco.es/organizacion/eees/documentos-otros.html>]
- 41.** Talanquer, V, 2009. Química; ¿Quién eres, a donde vas y como te alcanzamos? *Educ. Química*. **20**, E: 220-226.
- 42.** Universidad de Cambridge; 2009. IA Chemistry: A Guide to the Course. [Extraído el 15 de mayo de 2010 desde [http://www-teach.ch.cam.ac.uk/guides/IA\\_main.pdf](http://www-teach.ch.cam.ac.uk/guides/IA_main.pdf)]